

Pengaruh Perbedaan Diameter Dalam, Jarak Pitch dan Sudut Kemiringan Terhadap Efisiensi Turbin Archimedes

(The Effect Of Inner Diameter Differences, Pitch And Inclination Angle On Efficiency of Archimedes Turbines)

ASRAL¹, FAKHRUL ROZI², MUHAMMAD IQBAL HABIBI³

¹²³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru

Email: asral@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Among renewable energy resources, energy from water in small scale water power plants much in demand due to the operations are cheap, clean and environmentally friendly. Especially in low head, this type of turbine becomes the best choice for electrifying remote area in developing country and one of the best type is screw turbine. In this study the effect of differences inner diameter, the inclination angle and the pitch ratio on the efficiency of the turbines are discuss. The experimental study conducted with variations of the ratio of the inner diameter to the outer diameter which is $0.1D_o$ and $0.5D_o$ and the pitch ratio are $1.2R_o$ and $1.5R_o$ at turbine length of 0.9 m and outer diameter of 0.25m. Then, the flow from 1.35 – 0.09 l/s and the angle of inclination of the turbine from 0° – 60° . The objective of this study is to determine the efficiency of the turbine. From the results indicating that the most efficiency achieved by turbine with inner diameter of $0.5D_o$ which is 36.60% and pitch ratio $1.2R_o$ is 61.20 % and followed by inner diameter $0.1D_o$ is 16.69% and pitch ratio $1.5R_o$ is 48.19 %. Overall, turbine efficiency obtained on angle of inclination 20° and flow discharge 1.35 l/s.

Keywords: Archimedes, diameter, flow, angle, Pitch, efficiency.

PENDAHULUAN

Diantara sumber energi terbarukan, energi dari air pada pembangkit skala kecil (mini/micro hydropower) banyak diminati dikarenakan operasinya yang murah, bersih dan ramah lingkungan [1]. Khususnya untuk head rendah, sistem pembangkit ini menjadi pilihan terbaik untuk elektrifikasi daerah terpencil di negara berkembang [2]. Di negara berkembang seperti Indonesia, dari potensi 75000 MW tenaga mikrohidro yang ada, hanya 7,4 % energi yang baru dimanfaatkan [3], sementara masih banyak area terpencil yang belum dialiri listrik.

Turbin air merupakan suatu alat konversi energi air menjadi energi mekanik, lalu energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator. Besarnya energi yang digunakan untuk mengkonversikan energi air menjadi energi listrik, tergantung dari besarnya debit air (Q) yang menumbuk sudu turbin, luas penampang sudu yang terkena air (A) untuk menghasilkan daya (P) [4].

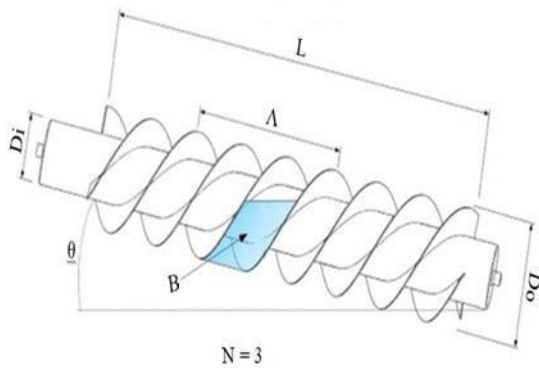
Turbin Archimedes adalah salah satu jenis micro hydropower yang turbinnya berbentuk sebuah ulir [5]. Efisiensi turbin Archimedes sangat dipengaruhi oleh geometri dari turbin ulir tersebut. Geometri ini adalah jenis ulir, diameter dalam, diameter luar, jumlah sudu, pitch dan sudut kemiringan dari peletakan turbin. Setiap perubahan yang dilakukan pada geometri turbin akan menghasilkan nilai efisiensi yang berbeda pula.

Penelitian dalam mengembangkan performa turbin ulir oleh Muller dan Senior menunjukkan bahwa maksimum efisiensi yang dapat dicapai dipengaruhi kombinasi dari geometri turbin dan kerugian mekanik [6].

Terdapat dua aspek desain yang mempengaruhi geometri turbin ini yaitu parameter internal dan eksternal. Parameter internal adalah nilai yang dapat dimodifikasi dan diubah selama tahap desain. Parameter eksternal nilai yang ditentukan dari kondisi atau tempat peletakan turbin ini [7].

Parameter eksternal biasanya ditentukan oleh penempatan ulir dan bahan yang tersedia untuk

konstruksi, sedangkan parameter internal bebas dipilih untuk mengoptimalkan kinerja turbin ulir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Geometri turbin ulir [7]

Parameter eksternal pada turbin ulir yaitu :

- D_o = Diameter silinder luar turbin (m)
 θ = Sudut kemiringan peletakan turbin (rad)
 L = Panjang total turbin (m)
 Q = Debit (m³/s)
 H = Head (m)

Parameter internal :

- D_i = Diameter silinder dalam turbin (m)
 Λ = Pitch (periode) dari sudu
 B = "Bucket" atau daerah diantara dua sudu turbin yang berisi air
 N = Jumlah sudu (blades)
 n = Kecepatan putaran turbin (rpm)

Dalam penelitian ini, penulis mencoba merancang model turbin ulir dengan variasi diameter dalam (D_i) dan rasio pitch (P_r) dimana kedua parameter ini adalah parameter internal turbin ulir yang bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja turbin ulir. Dalam hal ini, peneliti bertujuan mencari diameter dalam dan rasio pitch yang optimal untuk menghasilkan efisiensi maksimum pada turbin ulir. Dimana variasi yang akan digunakan untuk diameter dalam adalah $0,1D_o$ dan $0,5D_o$ sedangkan variasi rasio pitch adalah $1,2R_o$ dan $1,5R_o$.

Kajian terdahulu yang relevan adalah penelitian tentang turbin screw untuk mendapatkan jumlah sudu optimal adalah dilakukan oleh Rorres [7]. Rorres menguji tiga turbin ulir dengan variasi jumlah sudu yaitu 1,2 dan 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin ulir dengan 3 sudu memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada turbin dengan 1 sudu dan 2 sudu.

Penelitian lainnya mengenai turbin archimedes dengan variasi rasio pitch telah dilakukan. Rorres

dan Nagel menyatakan bahwa rasio pitch memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi turbin archimedes [7] [8]. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Lyons dengan menggunakan 3 variasi rasio pitch yaitu $0,8R_o$, $1R_o$ dan $1,4R_o$. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio pitch yang besar menghasilkan nilai daya dan efisiensi yang besar [9]. Namun, mengurangi pitch dapat mengurangi kebocoran pada bucket yang terjadi pada turbin disaat beroperasi [9]. Hal Ini mengindikasikan bahwa terdapat titik batas dimana memperbesar rasio pitch akan mengurangi performa turbin.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hizhar Yul meneliti pengaruh perubahan pitch dan kemiringan terhadap kinerja turbin ulir dua sudu pada aliran head rendah [10]. Hasil penelitiannya adalah kisar $2R_o$ menghasilkan kecepatan putar lebih tinggi dari $1,6R_o$ dan $1,2R_o$. Dari penelitian ini Hizhar Yul berpendapat bahwa semakin besar jarak pitch maka semakin besar pula daya yang dihasilkan, dan daya terbesar dihasilkan pada sudut peletakan 35° dari sudut 25° , 30° , 40° . Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Saroinsong Tineke dkk melaporkan bahwa efisiensi turbin ulir yang baik terjadi pada sudut peletakan poros 25° dari variabel kemiringan 35° dan 45° [11].

Penelitian yang dilakukan oleh Nur Khamdi dan Amnur Akhyan mengenai pengaruh jarak pitch, dimana jarak pitch adalah $1,6R_o$, $2R_o$ dan $2,4R_o$ menunjukkan bahwa pitch $1,6R_o$ menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dari yang lainnya [12]. Hasil penelitian ini kelihatan berbanding terbalik dengan yang dilakukan oleh Hizhar Yul.

Sedangkan penelitian yang berkaitan dengan pengaruh diameter dalam turbin ulir masih sedikit dilakukan untuk mengetahui diameter optimal dari suatu turbin ulir. Maka dari itu penelitian mengenai pengaruh diameter dalam turbin ulir terhadap efisiensi turbin penting untuk dilakukan.

METODE PENELITIAN

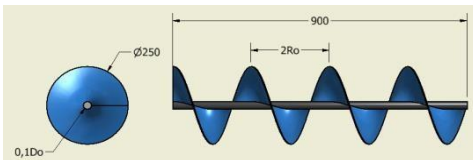
1. Perancangan

Mendesain turbin ulir skala laboratorium yang dilakukan dengan bantuan aplikasi inventor. Desain turbin ulir didasari dari beberapa penelitian terdahulu yang kemudian dimodifikasi.

2. Penentuan dimensi

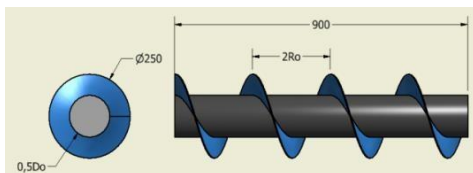
Berdasarkan studi literature bahwa parameter turbin ulir terdiri dari internal dan eksternal. Dimana parameter eksternal ditentukan berdasarkan kondisi tempat lokasi turbin ulir dan ketersediaan bahan. Maka dari itu peneliti mensurvei salah satu sumber daya air di provinsi Riau untuk mendapatkan parameter eksternal turbin tersebut. Parameter yang didapat adalah panjang turbin dan diameter luar turbin.

a. Turbin ulir $D_i = 0,1D_o$, Gambar 2.



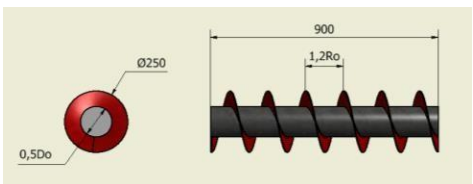
Gambar 2. Dimensi turbin ulir 0,1Do

b. Turbin ulir $D_i = 0,5D_o$ Gambar 3.



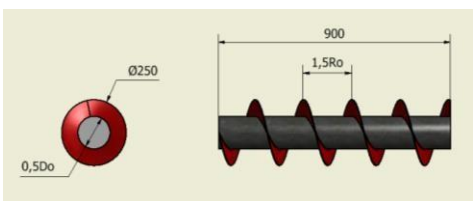
Gambar 3. Dimensi turbin ulir 0,5Do

c. Turbin ulir pitch 1,2Ro, Gambar 4.



Gambar 4. Dimensi turbin ulir pitch 1,2Ro

d. Turbin ulir pitch 1,5Ro, Gambar 5.



Gambar 5. Dimensi turbin ulir pitch 1,5Ro

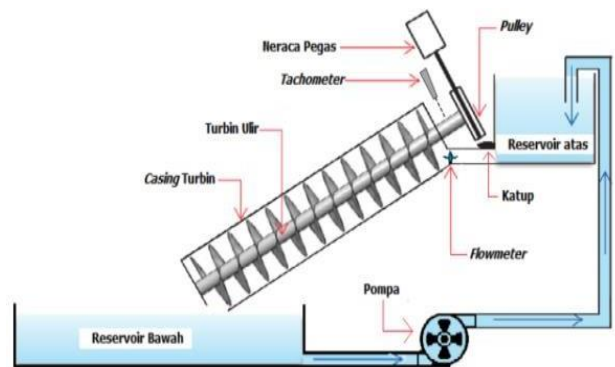
Selengkapnya dimensi turbin ulir dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi turbin ulir

No.	Diameter luar (mm)	Diameter dalam (mm)	Pitch (mm)	Panjang (mm)
1	250	25	250	900
2	250	125	250	
3	250	125	150	
4	150	125	187,5	

3. Skema pengujian

Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan prestasi-prestasi turbin ulir dilakukan dengan membuat rangka uji yang berkonsep air terjun. Dimana air dari reservoir atas akan mengalir kebawah akibat gravitasi dan akan menumbuk sudu turbin ulir yang kemudian air akan ditampung pada reservoir bawah dan kemudian dipompa kembali ke reservoir atas agar siklus air dapat terus berjalan. Poros turbin ulir akan dihubungkan dengan pulley dan belt yang terhubung ke neraca pegas untuk mendapatkan massa pengereman dan kecepatan putaran turbin dihitung dengan menggunakan tachometer, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema pengujian alat [13]

4. Variabel pengujian

Beberapa variabel pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Debit aliran

Diukur menggunakan flowmeter dan jangka sorong. Dimana debit aliran divariasikan sebanyak enam kali berdasarkan bukaan katup mulai dari sudut katup 90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40°.

2. Sudut kemiringan turbin

Divariasikan sebanyak tujuh kali mulai dari kemiringan sudut 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°.

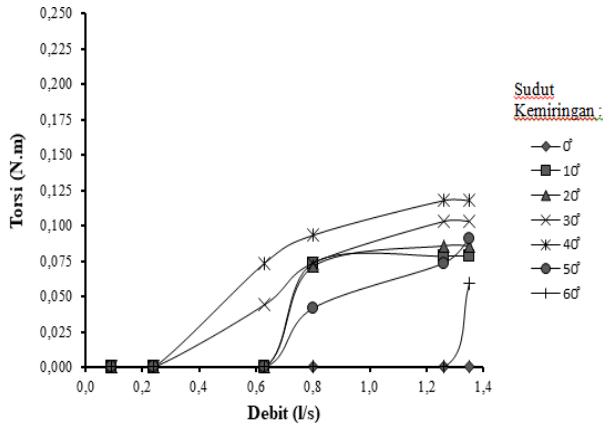
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hubungan debit dan sudut kemiringan terhadap torsi

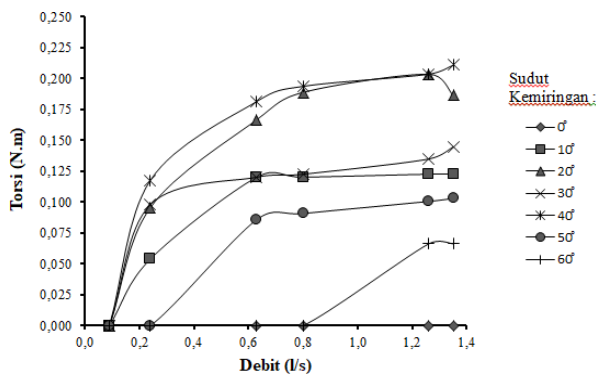
a. Pengaruh diameter dalam

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 mengenai pengaruh debit terhadap torsi, dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan volume maka torsi semakin tinggi untuk semua variasi sudut kemiringan. Sebaliknya terjadi untuk tiap kenaikan sudut kemiringan. Nilai torsi terbesar

dicapai pada debit aliran 1,35 l/s dan sudut kemiringan 40° untuk turbin ulir diameter dalam $0,1D_o$ dan $0,5D_o$ dengan nilai torsi sebesar $0,11772$ N.m dan $0,21092$ N.m. Diperoleh bahwa torsi tertinggi dicapai oleh turbin dengan diameter dalam $0,5D_o$.



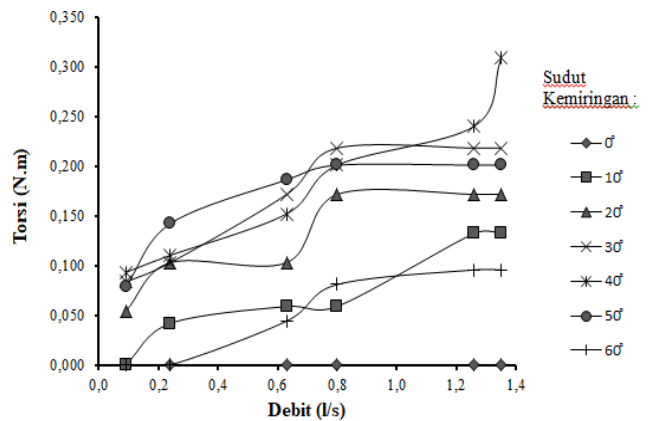
Gambar 7. Grafik hubungan debit dan torsi turbin ulir $D_i = 0,1D_o$



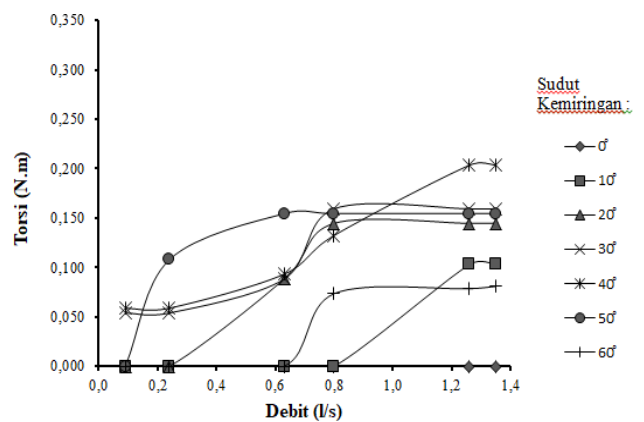
Gambar 8. Grafik hubungan debit dan torsi turbin ulir $D_i = 0,5D_o$

b. Pengaruh jarak *pitch*

Dari Gambar 9 dan Gambar 10, sama halnya dengan pengaruh diameter dalam, pengaruh jarak *pitch* juga menunjukkan bahwa penambahan volume debit akan meningkatkan nilai torsi sedangkan penambahan sudut kemiringan turbin tidak. Torsi terbesar didapat pada sudut kemiringan 40° dan debit 1,35 l/s dan didapat pada turbin ulir dengan *pitch* $1,2R_o$ yaitu $0,3090$ N.m. Sedangkan *pitch* $1,5R_o$ sebesar $0,20356$ N.m.



Gambar 9. Grafik hubungan debit dan torsi turbin ulir *pitch* $1,2R_o$

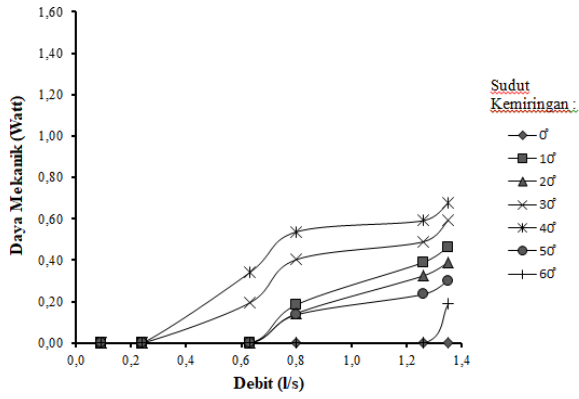


Gambar 10. Grafik hubungan debit dan torsi turbin ulir *pitch* $1,5R_o$

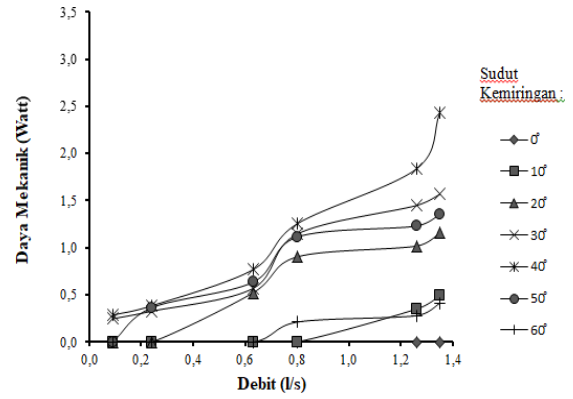
2. Hubungan debit dan sudut kemiringan terhadap daya mekanik turbin ulir

a. Pengaruh diameter dalam

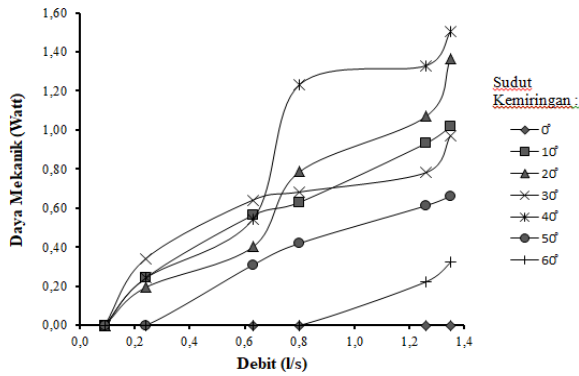
Dari Gambar 11 dan Gambar 12, memperlihatkan bahwa penambahan volume aliran akan meningkatkan jumlah daya mekanik yang terjadi untuk semua sudut kemiringan turbin. Hal ini karena daya mekanik berbanding lurus terhadap torsi. Dimana daya mekanik terbesar untuk kedua jenis turbin didapat pada sudut kemiringan turbin 40° dan pada debit aliran 1,35 l/s. Dari hasil daya mekanik kedua jenis turbin, maka turbin ulir diameter $0,5D_o$ menghasilkan daya mekanik yang lebih besar yaitu $1,50557$ Watt dari pada diameter dalam $0,1D_o$ yaitu sebesar $0,67644$ Watt.



Gambar 11. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir $D_i = 0,1D_o$



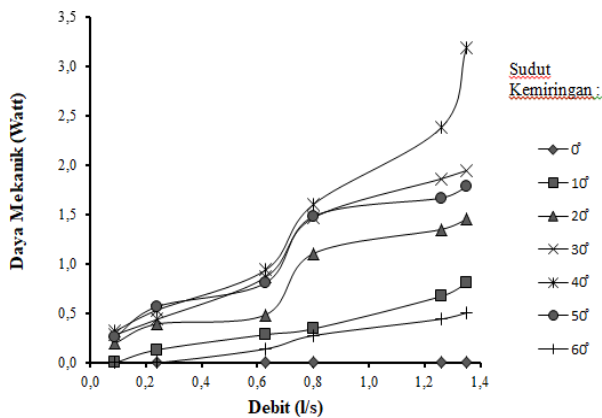
Gambar 14. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir $pitch\ 1,5R_o$



Gambar 12. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir $D_i = 0,5D_o$

b. Pengaruh jarak $pitch$

Dari grafik pada Gambar 13 dan Gambar 14, dengan memvariasikan jarak $pitch$, daya mekanik meningkat jika debit meningkat untuk semua variasi sudut kemiringan. Dimana daya mekanik tertinggi didapatkan pada turbin dengan jarak $pitch\ 1,2R_o$ yaitu sebesar 3,19231 Watt. Sedangkan daya mekanik yang dicapai turbin dengan jarak $pitch\ 1,5R_o$ yaitu 2,43098 Watt. Daya mekanik tertinggi pada sudut kemiringan turbin 40° .

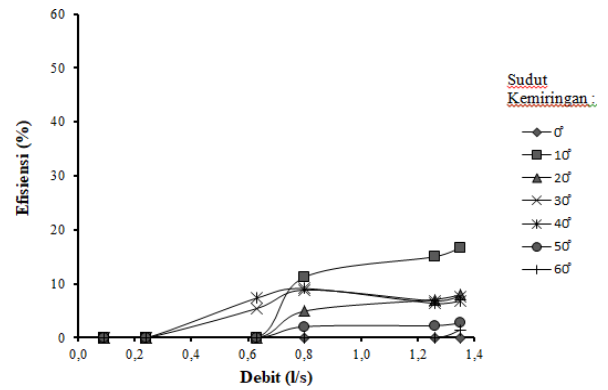


Gambar 13. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir $pitch\ 1,2R_o$

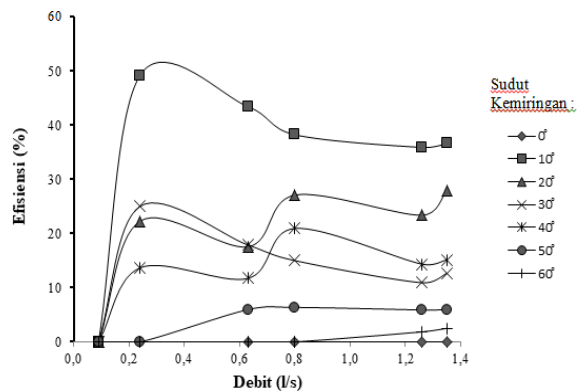
3. Hubungan debit dan sudut kemiringan terhadap efisiensi

a. Pengaruh diameter dalam

Dari Gambar 15 dan 16, dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi yang dicapai pada sudut kemiringan 10° dan pada turbin dengan ukuran $0,5D_o$ dengan efisiensi sebesar 36,60%, sementara itu turbin dengan $0,1D_o$ efisiensi yang dicapai sebesar 16,69%. Dapat dilihat juga bahwa efisiensi rata-rata yang tertinggi dari kedua turbin dicapai pada saat debit tertinggi yaitu 1,35 l/s.



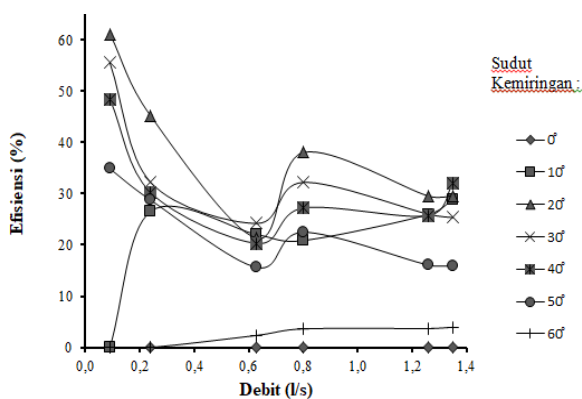
Gambar 15. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir $D_i = 0,1D_o$



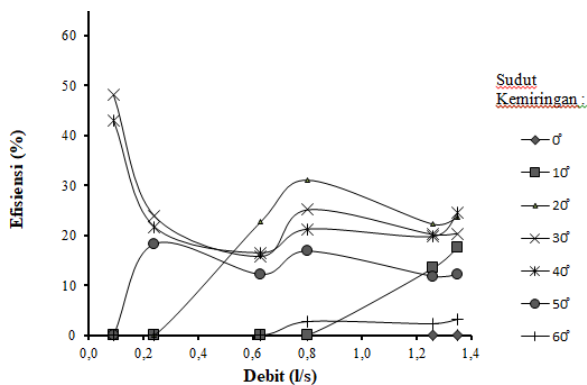
Gambar 16. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir $D_i = 0,5D_o$

b. Pengaruh jarak *pitch*

Dari Gambar 17 dan 18, dapat diketahui bahwa efisiensi terbesar dicapai oleh turbin dengan jarak *pitch* 1,2Ro yaitu sebesar 61,20%. Sedangkan turbin dengan jarak *pitch* 1,5Ro yaitu 48,19%. Efisiensi tertinggi dari kedua turbin dicapai pada debit aliran 0,09 l/s. Dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi *pitch* 1,2Ro didapat pada sudut kemiringan 20° sedangkan *pitch* 1,5Ro didapat pada sudut kemiringan 30°. Jika dirata-ratakan, maka sudut kemiringan 30° memiliki nilai yang lebih besar yaitu 29,10% sedangkan kemiringan 20° sebesar 27,05%. Artinya variasi sudut kemiringan yang menghasilkan efisiensi tertinggi terletak pada sudut 30°.



Gambar 17. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir *pitch* 1,2Ro



Gambar 18. Grafik hubungan debit dan daya mekanik turbin ulir *pitch* 1,5Ro

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis pengaruh diameter dalam terhadap efisiensi turbin ulir, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari pengaruh variasi diameter dalam, hasil menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dicapai oleh turbin ulir dengan diameter

dalam 0,5Do yaitu 36,60% sedangkan turbin ulir dengan diameter dalam 0,1Do yaitu 16,69%. Kemudian untuk variasi jarak *pitch*, efisiensi tertinggi dicapai oleh turbin dengan jarak *pitch* 1,2Ro yaitu 61,20% sedangkan jarak *pitch* 1,5Ro sebesar 48,19%.

2. Hasil dari pengaruh sudut kemiringan terhadap torsi dan daya mekanik menunjukkan bahwa sudut kemiringan 40° menghasilkan torsi dan daya mekanik yang paling tinggi dari keempat jenis turbin. Namun, untuk efisiensi sudut kemiringan yang menghasilkan nilai terbesar didapat pada sudut 20°. Untuk aplikasi lapangan direkomendasikan penggunaan turbin dengan sudut kemiringan 40° karena akan menghasilkan energi listrik yang lebih besar jika akan dihubungkan ke generator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abhijit Date, dan Aliakbar Akbarzadeh. (2009). Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. *J Renewable Energy*.
- [2] Laghari, J.A, Mokhlis H, Bakar AHA, Hasmaini Mohammad. (2013). A comprehensive overview of new designs in the hydraulic, electrical equipment and controllers of mini hydro power plants making it cost effective technology. *Journal Renewable and Sustain Energy Reviews*, 20:279-93.
- [3] International Renewable Energy Agency (IRENA). (2019). *Renewable capacity statistic 2019*. Abu Dhabi.
- [4] Dietzel, Fritz. (1990). Turbin, Pompa dan Kompresor, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [5] P. Gogoi, M. Handique, S. Purkayastha and K. Newar. (2018). Potential of Archimedes Screw Turbine in Rural India Electrification: A Review, *ABDU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)*, February 2018.
- [6] Muller G and Senior J. (2009). Simplified theory of Archimedean screws. *Journal of Hydraulic Research*. Vol 47, pp. 666-669. University of Southampton, UK. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- [7] Rorres, C. (2000). The turn off the screw: Optimal design of the Archimedean screw,

Journal of Hydraulic Engineering, Januari 2000.

- [8] G. Nagel. (1968). Archimedean Screw Pump Handbook. Ritz-Atro, Nuernberg, Germany.
- [9] M.W.K. Lyons. (2014). Lab Testing and Modeling of Archimedes Screw Turbin, University of Guelph; Guelph.
- [10] Yul Hizhar. (2011). Rancang Bangun Dan Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Jarak Pitch Dan Kemiringan Poros Terhadap Kinerja Mekanik Model Turbin Ulir 2 Blade Pada Aliran Head Rendah. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*. Akreditasi BAN DIKTI No : 110/DIKTI/Kep/2009 vol 12 no 1.
- [11] Saroinsong Tineke. (2016). Fluid Flow Phenomenon in a Three-Bladed Power Generating Archimedes Screw Turbine. *Journal of Engineering Science and Technology Review*. Vol.9, no 2, pp. 72-79. Kavala Institute of Technology, Greece (Yunani)
- [12] N. Khamdi, Akhyan A. (2016). Efisiensi Daya Pada Turbin Screw dengan 3 Lilitan Terhadap Jarak Pitch. *Jurnal Politeknik Caltex Riau*. Vol. 2, No. 2.
- [13] Erinofiardi. (2015). Electrical Power Generation From Low Head Simple Turbine for Remote Area Power Supply. *J. Technology (Science & Engineering)* ;74:5:21-25
- [14] Juliana Putu. (2018). Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 17.

PENULIS:

Asral

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.

Email: asral@lecturer.unri.ac.id

Fakhrul Rozi

Teknik Mesin, Konversi Energi, Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

Muhammad Iqbal Habibi

Teknik Mesin, Konversi Energi, Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.