

ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN RASIO *PITCH* TERHADAP EFISIENSI PADA TURBIN ARCHIMEDES

Fakhrul Rozi¹, Asral²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
¹fakhrul.rozi4853@student.unri.ac.id, ²asral@lecturer.unri.ac.id

Abstract

The Archimedes turbine being studied is a type of water turbine for small-scale power plants where the screw water turbine is suitable for rivers in the Indonesian region because the turbine operation only requires a low turbine head, low price, and easy to apply. With the potential for the flow of Koboko waterfall, which is located in Kampar Regency, Riau Province, it is possible to install this screw-type water turbine. In the process of designing the thread of the Archimedes turbine, it is influenced by external parameters (outside turbine radius, turbine length, turbine slope, water flow rate, head) and internal parameters (radius in a turbine, ratio pitch, and the number of blades). The external parameters are determined by the location of the turbine placement while the internal parameters can be determined independently to get the maximum performance from the turbine. In this study, the parameters to be analyzed are internal parameters, namely the ratio pitch. There are two variations in the design of ratio the pitch (Pr) are: $1.5 R_o$ and $1.2 R_o$. Tests are carried out to calculate how much efficiency the Archimedes turbine produces for each ratio pitch and compare each result. The result of this research is that the efficiency of the Archimedes turbine with a ratio of pitch $1.2 R_o$ is higher than that of a ratio of pitch $1.5 R_o$ with an efficiency value of 36.3668 %. This efficiency value is obtained at a water flow rate of $0.00009 \text{ m}^3/\text{s}$ and a turbine tilt angle of 40° .

Keywords : Turbine screw, ratio pitch, head, discharge, angle of placement.

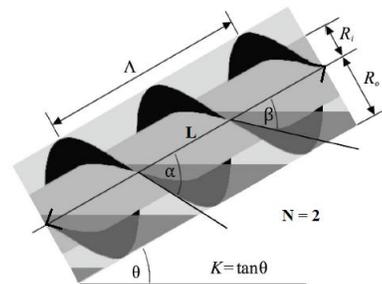
1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang cukup kaya akan potensi energi terbarukan seperti energi air, energi surya, energi angin, energi biomassa, energi panas bumi, dan masih banyak lagi. Khusus untuk air, Indonesia memiliki banyak sekali potensi aliran energi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Potensi tenaga air PLTA skala besar Indonesia diperkirakan memiliki 75,67 GW yang bisa dimanfaatkan. Sebesar 4,20 GW sudah dimanfaatkan dan sebagian besar berada di Pulau Jawa. Potensi tenaga air skala kecil (PLTM/PLTMH antara 200-10.000 KW) Indonesia diperkirakan 0,45 GW. Sebesar 0,084 GW telah dimanfaatkan dari 12% dari total potensi yang ada [1]. Pemanfaatan tenaga air skala kecil (PLTMH) masih sangat sedikit bila dibandingkan dengan PLTA.

Maka dari permasalahan di atas, penulis tertarik untuk mengembangkan PLTMH ini dengan menggunakan turbin archimedes. Turbin ini beroperasi dengan putaran rendah dan masih tergolong baru dikembangkan di Indonesia, namun turbin ini memiliki beberapa keunggulan di antara jenis turbin head rendah, mudah dalam konstruksi, mudah dalam instalasi dan perawatan, ramah lingkungan dan *fish-friendly*, efisiensi turbin yang tinggi untuk kondisi operasi head rendah [2].

Kinerja turbin archimedes dipengaruhi oleh geometri. Geometri dari sebuah turbin ulir diatur oleh parameter eksternal tertentu (radius luar, panjang, dan kemiringan) dan parameter internal tertentu (jari-jari

dalam, jumlah *blade*, dan rasio *pitch*) [3]. Parameter eksternal ditentukan oleh lokasi penempatan turbin sedangkan parameter internal dapat ditentukan secara bebas untuk mendapatkan performa yang maksimal dari turbin. Adapun profil turbin archimedes dua sudu dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Profil Turbin Archimedes Dua Sudu [3]

Berikut parameter eksternal pada turbin archimedes, yaitu :

- R_o = Radius luar turbin ulir (m)
- L = Panjang total turbin (m)
- K = Kemiringan turbin (tidak berdimensi)
- Q = Debit (m^3/s)
- H = Head (m)

Berikut parameter internal turbin archimedes, yaitu :

- R_i = Radius dalam turbin ulir (m)
- Λ = *Pitch* atau periode dalam satu *blade* (m)

- N = Jumlah *blade*
- α = Sudut kemiringan antara sudu ulir dan diameter luar silinder (rad)
- β = Sudut kemiringan antara sudu ulir dan diameter dalam silinder (rad)
- n = Kecepatan putaran turbin (rpm)

Dalam penelitian ini penulis mencoba merancang model turbin ulir 1 jenis blade dengan variasi rasio *pitch* (Pr) yang berbeda dimana rasio *pitch* (Pr) merupakan parameter internal untuk mengoptimalkan kinerja turbin ulir. Dalam hal ini tujuan penelitian adalah mencari rasio *pitch* (Pr) optimum untuk menghasilkan efisiensi maksimum pada turbin archimedes. Ada dua variasi dalam mendesain rasio *pitch* (Pr) yaitu: $1,5 R_0$ dan $1,2 R_0$. Dari kedua rasio *pitch* inilah yang akan dihitung nilai efisiensi yang terbesar dan yang paling cocok digunakan pada turbin archimedes.

Beberapa penelitian mengenai turbin archimedes dengan variasi rasio *pitch* telah dilakukan. Rorres dan Nagel menyatakan bahwa rasio *pitch* memiliki pengaruh yang signifikan pada efisiensi turbin archimedes [3] [4]. Penelitian dilakukan oleh Lyons menggunakan 3 variasi rasio *pitch* yaitu $0,8R_0$, $1R_0$ dan $1,4R_0$ masing-masing dengan rasio *pitch* yang berbeda yang dapat membenarkan hubungan ini. Hasil penelitian, rasio *pitch* yang besar menghasilkan nilai daya dan efisiensi yang besar [5]. Tetapi menurut Lyons berdasarkan studi yang dilakukannya bahwa mengurangi *pitch* dapat mengurangi kebocoran pada *bucket* yang terjadi pada turbin disaat turbin berputar [5]. Ini menunjukkan bahwa akan ada titik batas dimana memperbesar rasio *pitch* akan mengurangi performa turbin archimedes.

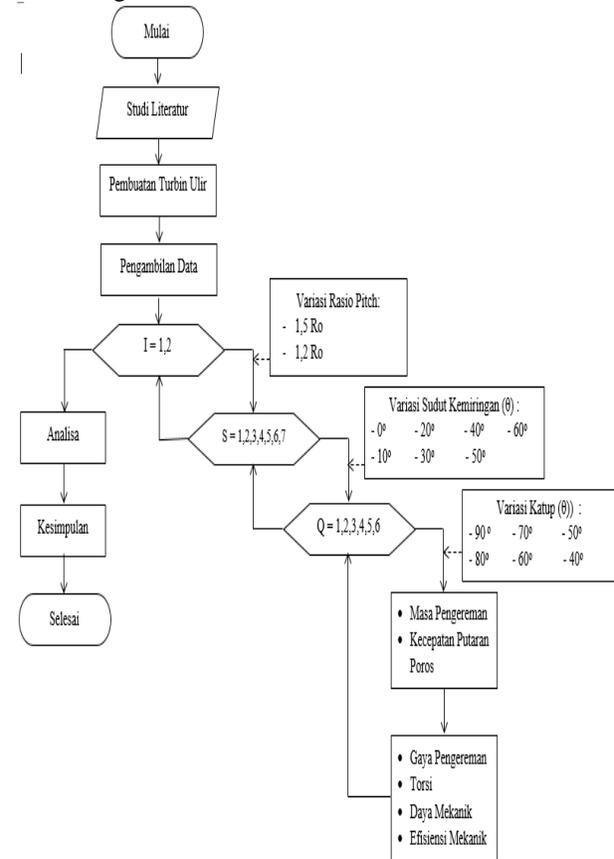
Penelitian yang dilakukan oleh Nur Khamdi dan Amnur Akhyan mengenai pengaruh rasio *pitch*, yang mana rasio *pitch* adalah $1,6R_0$, $2R_0$ dan $2,4R_0$ menunjukkan bahwa *pitch* $1,6R_0$ menghasilkan efisiensi yang lebih besar dari $2R_0$ dan $2,4 R_0$ dimana efisiensi bernilai 64,94% [6].

Efisiensi turbin archimedes akan didapat melalui uji eksperimental dengan menghitung torsi dan daya mekanis yang dihasilkan turbin archimedes dengan sistem pengeraman dan membandingkan hasilnya dengan daya hidrolis.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Dengan metode ini, pengujian dilakukan dengan memvariasikan parameter internal dan eksternal turbin. Parameter internal yang divariasikan adalah rasio *pitch* turbin archimedes sedangkan parameter eksternal yang divariasikan adalah debit aliran air dan sudut kemiringan turbin. Adapun diagram alir penelitian yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.

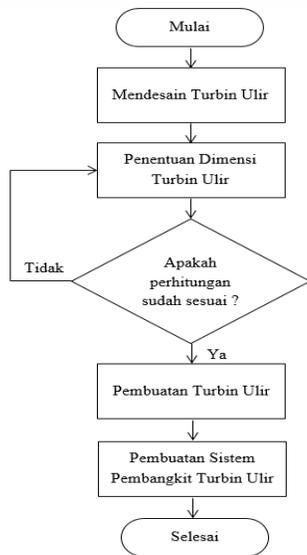
2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2 Perancangan Alat

Dalam perancangan alat “Analisis Pengaruh Perbedaan Rasio *Pitch* Terhadap Efisiensi Pada Turbin Archimedes”, penulis menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini terdapat pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Pembuatan Turbin Archimedes

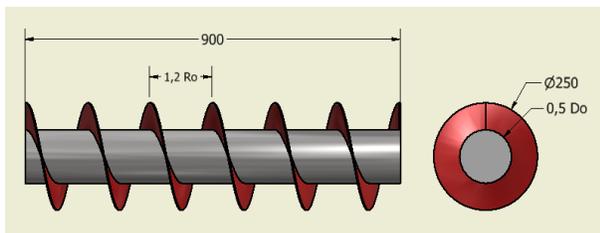
2.2.1 Mendesain Turbin Archimedes

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

2.2.2 Penentuan Dimensi Turbin Archimedes

Berdasarkan studi literatur yang sudah dibahas sebelumnya bahwa parameter turbin archimedes terdiri dari parameter internal dan eksternal. Parameter eksternal ditentukan oleh lokasi penempatan turbin sedangkan parameter internal dapat ditentukan secara bebas untuk mendapatkan performa yang maksimal dari turbin [3]. Berdasarkan survei yang telah dilakukan di air terjun Koboko yang terletak di Kabupaten Kampar, parameter eksternal yang didapat adalah panjang turbin dan diameter luar turbin. Untuk lebih jelas, berikut desain kedua jenis turbin archimedes terdapat pada gambar 4 dan 5.

a. Turbin Archimedes 1,2 Ro

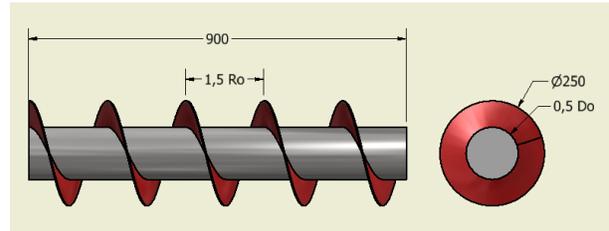


Gambar 4. Dimensi Turbin Archimedes 1,2 Ro

Dimana :
 Panjang (L) : 900 mm
 Diameter luar turbin (Do) : 250 mm
 Rasio Pitch (Λ) : 1,2Ro : 150 mm

Diameter dalam turbin (Di) : 0,5 Do : 125 mm

b. Turbin Archimedes 1,5 Ro



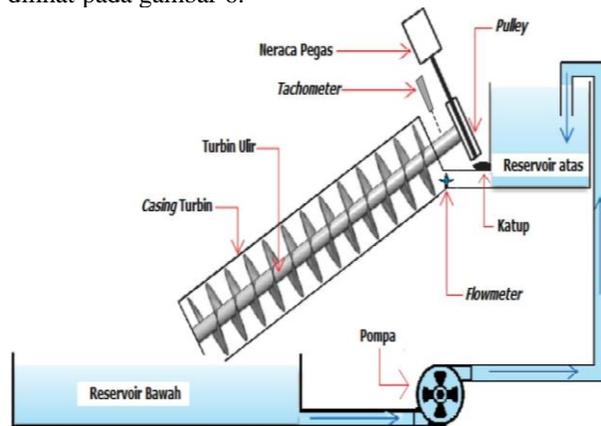
Gambar 5. Dimensi Turbin Archimedes 1,5 Ro

Dimana :
 Panjang (L) : 900 mm
 Diameter luar turbin (Do) : 250 mm
 Rasio Pitch (Λ) : 1,5Ro : 187,5 mm
 Diameter dalam turbin (Di) : 0,5 Do : 125 mm

2.3 Sketsa Pengujian Alat

Pengujian pada skema turbin Archimedes ini bertujuan untuk mengetahui performa turbin archimedes yang telah dirancang. Cara kerja dari skema pengujian alat ini, yaitu air yang ditampung pada reservoir bawah akan dialirkan menggunakan pompa menuju reservoir atas. Air yang telah terkumpul di reservoir atas selanjutnya dialirkan menuju turbin. Aliran air akan memasuki bilah-bilah blade dan mengenai titik aktif pada blade dan menimbulkan gaya berat air dan beda tekanan sehingga dapat mendorong blade dan memutar turbin.

Pada pengujian ini untuk mendapatkan massa pengereman ketika turbin berputar akan diberikan pembebanan dengan mengerem *pulley* menggunakan sebuah *belt* yang tersambung dengan neraca pegas. Selanjutnya kecepatan poros dihitung dengan menggunakan *tachometer*. Skema pengujian dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Skema Pengujian

2.4 Pengolahan Data Pengujian

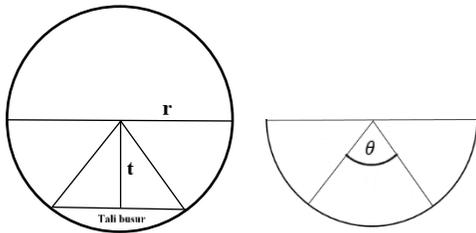
Parameter-parameter yang perlu diukur selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran air (v)
2. Putaran poros yang dihasilkan dalam tiap menit, rpm (n)
3. Massa pengereman (m).
4. Luas penampang inlet

Luas penampang inlet dapat dihitung dengan persamaan [7] :

$$A = \frac{\theta}{360} \pi r^2 - \frac{1}{2} r^2 \sin \theta \quad (8)$$

Bentuk penampang inlet dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Penampang Inlet

5. Debit air (Q)
Debit air dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = v \times A \quad (9)$$

6. Daya air (P_{hid})
Daya hidrolis atau daya teoritis air dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = \rho g Q H \quad (10)$$

7. Gaya (F)
Gaya yang bekerja pada turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$F = m \times g \quad (10)$$

8. Torsi (T)
Torsi yang bekerja pada turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = F \times r \quad (11)$$

9. Daya mekanik (P_{mek})
Daya mekanik pada turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{mek} = \frac{T 2 \pi n}{60} \quad (12)$$

10. Efisiensi (η)
Efisiensi turbin Archimedes dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{P_{mek}}{P_{hid}} \quad (13)$$

Pengolahan dan analisis data diawali dengan melakukan penelitian terlebih dahulu kemudian melakukan perhitungan-perhitungan pada parameter-parameter yang diperlukan dengan menggunakan persamaan-persamaan rumus. Pengolahan dan analisis

data akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dilanjutkan dengan kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Data-data yang sudah didapatkan dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, maka data-data tersebut dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang perlu dianalisis setelah melakukan penelitian.

3.1 Data Pengujian Debit Aliran Air

Debit air merupakan ukuran banyaknya volume air yang mampu lewat pada suatu tempat atau yang mampu ditampung dalam suatu tempat setiap satuan waktu. Pada pengujian ini menggunakan *flowmeter* yang mana alat tersebut bisa dengan mudah untuk mengetahui kecepatan aliran air. Pada penelitian ini terdapat enam variasi debit yang diatur dengan memvariasikan sudut bukaan katup air yaitu 90° , 80° , 70° , 60° , 50° , 40° . Data pengujian debit aliran air dapat dilihat pada tabel 1.

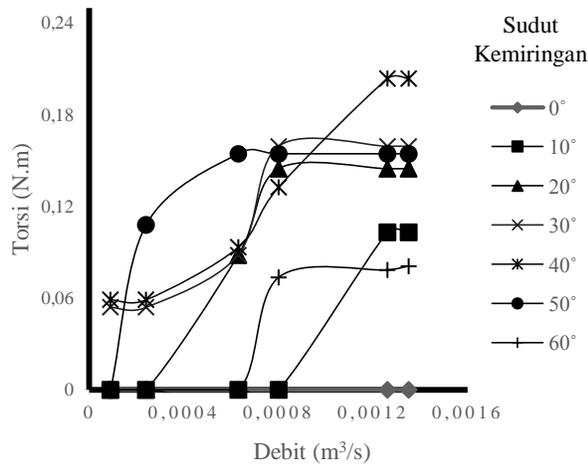
Tabel 1. Data pengujian debit aliran air

Sudut Bukaan Katup	r (m)	Luas Penampang Aliran (m^2)	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit Aliran (m^3/s)
90°	0,09	0,0015	0,9	0,00135
80°	0,09	0,0014	0,9	0,00126
70°	0,09	0,0010	0,8	0,0008
60°	0,09	0,0009	0,7	0,00063
50°	0,09	0,0006	0,4	0,00024
40°	0,09	0,0003	0,3	0,00009

3.2 Pembahasan

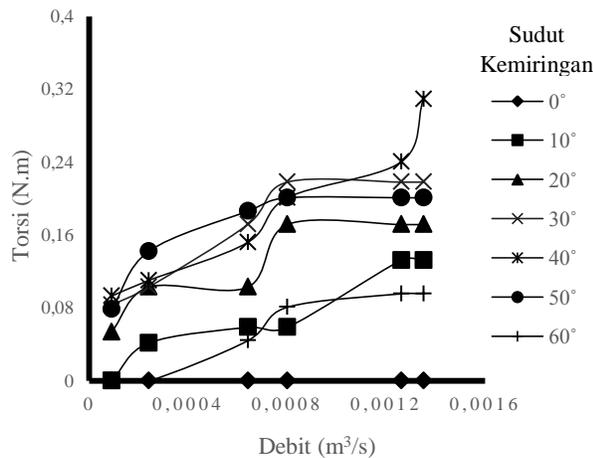
Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan hasil pada turbin archimedes rasio *pitch* 1,5 Ro dan 1,2 Ro dengan variasi enam debit aliran air dan tujuh sudut kemiringan turbin telah diketahui kinerja dari turbin archimedes berupa torsi, daya mekanis dan efisiensi. Berikut adalah pembahasan perbandingan turbin archimedes rasio *pitch* 1,5 Ro dan 1,2 Ro.

3.3.1 Torsi



Gambar 8 Grafik Hubungan Torsi Dengan Debit Pada Rasio *Pitch* 1,5

Berdasarkan gambar 8 bahwa semakin meningkatnya nilai debit aliran air maka nilai torsi turbin juga akan semakin meningkat, hal ini terjadi karena semakin meningkatnya debit aliran air maka turbin akan berputar semakin cepat. Hal ini akan berbanding lurus dengan meningkatnya gaya pengereman dan torsi. Selanjutnya, nilai torsi terbesar terletak pada sudut kemiringan turbin 40° dan debit 0,00135 m³/s dengan nilai torsi 0,204 N.m . Berdasarkan gambar 8 sudut kemiringan turbin terbaik terletak pada sudut 40°.

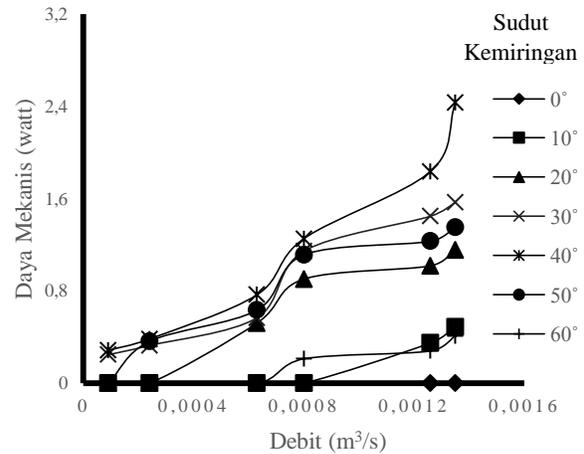


Gambar 9 Grafik Hubungan Torsi Dengan Debit Pada Rasio *Pitch* 1,2

Berdasarkan gambar 9 dapat kita analisis bahwa semakin meningkatnya nilai debit aliran air maka nilai torsi turbin juga akan semakin meningkat, hal ini terjadi karena semakin meningkatnya debit aliran air maka turbin akan berputar semakin cepat. Hal ini akan

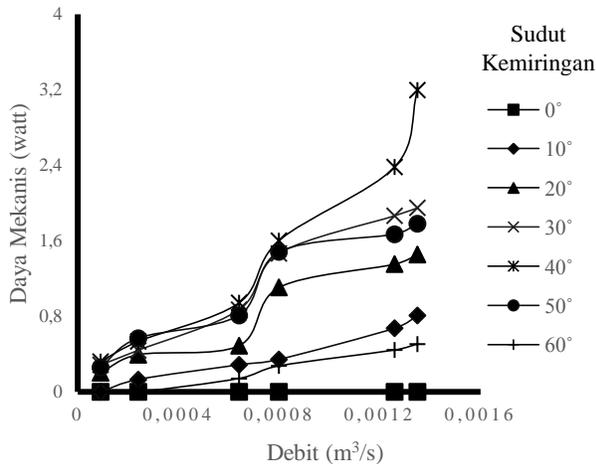
berbanding lurus dengan meningkatnya gaya pengereman dan torsi. Selanjutnya, nilai torsi terbesar terletak pada sudut kemiringan turbin 40° dan debit 0,00135 m³/s dengan nilai torsi 0,3090 N.m . Berdasarkan gambar 9 sudut kemiringan turbin terbaik terletak pada sudut 40°.

4.3.2 Daya Mekanis



Gambar 10 Grafik Hubungan Daya Mekanis dengan Debit Pada Rasio *Pitch* 1,5

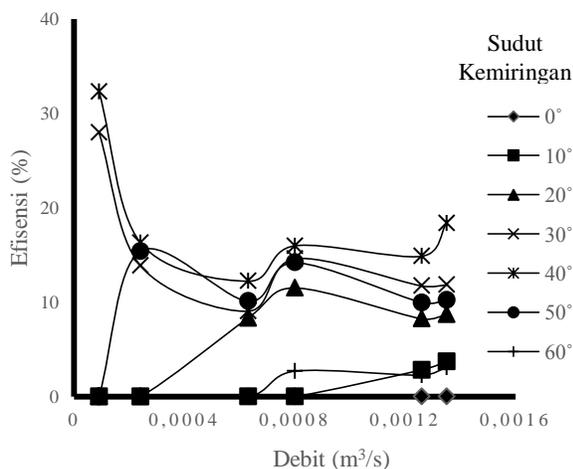
Dari gambar 10 dapat kita analisis bahwa semakin meningkatnya nilai debit aliran air maka nilai daya mekanis turbin juga akan semakin meningkat, hal ini terjadi karena semakin meningkatnya debit aliran air maka turbin akan berputar semakin cepat. Hal ini akan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai torsi dan daya mekanis. Selanjutnya, nilai daya mekanis terbesar terletak pada sudut kemiringan turbin 40° dan debit 0,00135 m³/s dengan nilai daya mekanis 2,431 watt. Berdasarkan gambar 10 sudut kemiringan turbin terbaik terletak pada sudut 40°.



Gambar 11 Grafik Hubungan Daya Mekanis dengan Debit pada Rasio *Pitch* 1,2

Berdasarkan gambar 11 dapat kita analisis bahwa semakin meningkatnya nilai debit aliran air maka nilai daya mekanis turbin juga akan semakin meningkat, hal ini terjadi karena semakin meningkatnya debit aliran air maka turbin akan berputar semakin cepat. Hal ini akan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai torsi dan daya mekanis. Selanjutnya, nilai daya mekanis terbesar terletak pada sudut kemiringan turbin 40° dan debit 0,00135 m³/s dengan nilai daya mekanis 3,1939 watt. Berdasarkan gambar 11 grafik sudut kemiringan turbin terbaik terletak pada sudut 40°.

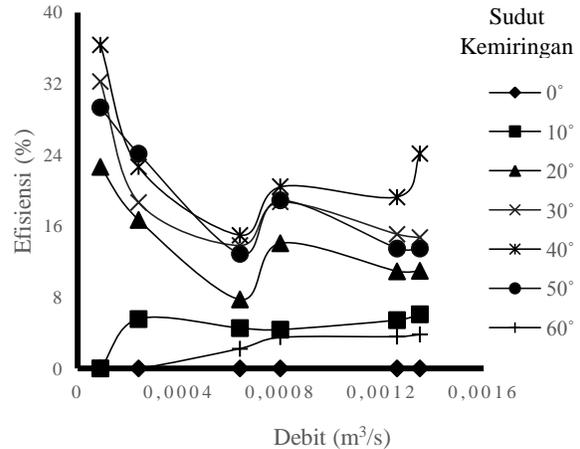
4.3.3 Efisiensi



Gambar 12 Grafik Hubungan Efisiensi dengan Debit Pada Rasio *Pitch* 1,5

Berdasarkan gambar 12 dapat kita analisis bahwa nilai efisiensi terbesar terletak pada sudut kemiringan 40° dan debit 0,00009 m³/s dengan nilai

efisiensi 32,307 % . Hal ini terjadi karena efisiensi didapat dari perbandingan nilai antara daya mekanis dengan daya hidrolis. Semakin kecil selisih antara daya mekanis yang dihasilkan oleh turbin dengan daya hidrolis air maka nilai efisiensi akan semakin besar. Berdasarkan gambar 12 sudut kemiringan terbaik turbin terletak pada sudut 40°.



Gambar 13 Grafik Hubungan Efisiensi dengan Debit Pada Rasio *Pitch* 1,2

Berdasarkan gambar 13 dapat kita analisis bahwa nilai efisiensi terbesar terletak pada sudut kemiringan turbin 40° dan debit 0,00009 m³/s dengan nilai efisiensi 36,3668 % . Hal ini terjadi karena efisiensi didapat dari perbandingan nilai antara daya mekanis dengan daya hidrolis. Semakin kecil selisih antara daya mekanis yang dihasilkan oleh turbin dengan daya hidrolis air maka nilai efisiensi akan semakin besar.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dianalisis bahwa nilai torsi, daya mekanis dan efisiensi tertinggi didapat pada turbin archimedes dengan rasio *pitch* 1,2 Ro. Hal ini disebabkan karena variasi rasio *pitch* berpengaruh terhadap kinerja turbin yang didapat, semakin kecil rasio *pitch* maka akan semakin banyak jumlah *blade*. Semakin banyak jumlah *blade* maka akan semakin tinggi nilai torsi, daya mekanis dan efisiensi. Pada pengujian turbin archimedes dengan rasio *pitch* 1,2 Ro mengalami peningkatan performa turbin dikarenakan semakin banyak jumlah *blade* maka akan semakin banyak energi hidrolis air yang dapat diserap dan dikonversikan menjadi daya mekanis.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat penulis ambil setelah melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Efisiensi terbesar di dapat pada debit aliran air 0,00009 m³/s dan pada sudut kemiringan turbin 40° untuk kedua jenis turbin.
2. Turbin archimedes dengan rasio pitch 1,2 Ro lebih baik dibandingkan dengan rasio pitch 1,5 Ro.

Daftar Pustaka

- [1] Departemen ESDM. 2007. *Pusat Data dan Informasi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [2] Jash Engineering Limited. 2012-2013. *Establishment of micro hydro power plant with screw /Archimedean turbine*. Jash Engineering Limited Indore. India.
- [3] Rorres, C. 2000. The Turn of the Screw: Optimal Design of An Archimedes Screw. *Journal of Hydraulic Engineering*. Philadelphia, Vol. 126, No. 1, pp. 72- 80, 2000.
- [4] G.Nagel. 1968. *Archimedean Screw Pump Handbook*. Ritz-Atro, Nuernberg, Germany.
- [5] M.W.K. Lyons, “Lab testing and modeling of Archimedes Screw Turbines,” 2014, University of Guelph; Guelph.
- [6] Nur. Khamdi, Amnur. Akhyan. 2016. *Efesiensi Daya Pada Turbin Screw dengan 3 Lilitan Terhadap Jarak Pitch*, Jurnal ELEMENTER. Vol. 2, No. 2, Nov 2016.
- [7] Juliana Putu, dkk. 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, No. 3.