

KAJIAN KEMIRINGAN *BLADE* DAN *HEAD* TURBIN *ARCHIMEDES SCREW* TERHADAP DAYA KELUARAN GENERATOR AC 1 PHASE 3 kW

Muhammad Wildan Nur Karim

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : muhammadkarim16050874046@mhs.unesa.ac.id

Mahendra Widyardono, Aditya Chandra Hermawan, Subuh Isnur Haryudo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : mahendrawidyardono@unesa.ac.id, adityahermawan@unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Turbin *Archimedes Screw* merupakan salah satu jenis turbin yang digunakan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ataupun Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH). Penggunaan *archimedes screw* saat ini telah berubah pemanfaatannya, yang awalnya digunakan pada pompa air menjadi turbin air. Keunggulan dari turbin *archimedes screw* ini adalah ramah lingkungan, karena tidak mengganggu ekosistem air dan mempunyai efisiensi yang cukup tinggi. Disamping keunggulan tersebut, terdapat faktor-faktor yang memengaruhi kinerja turbin *archimedes screw*. Faktor yang paling memengaruhi kinerja dari turbin *archimedes screw* adalah sudut kemiringan dari *head* dan *blade* turbin. Tujuan dari studi literatur ini yaitu untuk mengetahui berapa sudut kemiringan *head* dan *blade* dari turbin *archimedes screw* yang memiliki efisiensi tertinggi untuk diterapkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) agar dapat mengeluarkan daya listrik secara maksimal. Metode yang dilakukan oleh para penulis dari kumpulan jurnal yang telah *direview* adalah melakukan percobaan atau eksperimen langsung, yaitu dengan merancang *prototype* turbin *archimedes screw* untuk dilakukan pengukuran putaran turbin, putaran generator, daya keluaran yang dihasilkan generator, dan lain-lain. Dengan memanfaatkan data-data dari kumpulan jurnal penelitian tersebut, maka didapatkan kesimpulan bahwa turbin *archimedes screw* akan memiliki efisiensi tertinggi jika memiliki 2 buah *blade* turbin, dengan sudut *blade* sebesar 28°, dan sudut kemiringan *head* sebesar 40°.

Kata kunci : *Archimedes Screw*, Generator AC, PLTPH.

Abstract

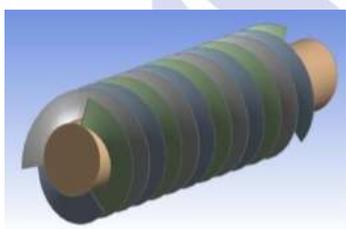
Archimedes Screw Turbine is one type of turbine used in Micro Hydro Power Plant (PLTMH) or Pico Hydro Power Plant (PLTPH) systems. The use of the archimedes screw has now changed its utilization, which was originally used in water pumps to become water turbines. The advantage of this archimedes screw turbine is that it is environmentally friendly, because it does not disturb the water ecosystem and has a high enough efficiency. Apart from these advantages, there are factors that affect the performance of the archimedes screw turbine. The factor that most influences the performance of the archimedes screw turbine is the angle of inclination of the turbine head and blade. The purpose of this literature study is to find out what is the tilt angle of the head and blade of the archimedes screw turbine which has the highest efficiency to be applied to a hydroelectric power plant (PLTA) in order to generate maximum electrical power. The method used by the authors from a collection of journals that has been reviewed is conducting direct experiments or experiments, namely by designing a prototype of an archimedes screw turbine to measure turbine rotation, generator rotation, output power generated by the generator, and others. By utilizing data from a collection of research journals, it can be concluded that the archimedes screw turbine will have the highest efficiency if it has 2 turbine blades, with a blade angle of 28°, and a head tilt angle of 40°.

Keywords : Archimedes Screw, AC Generator, Water Power Plant.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan kebutuhan manusia. Berbagai cara pemanfaatan sumber energi dilakukan untuk mengatasi semakin menipisnya sumber energi yang memanfaatkan BBM (Bahan Bakar Minyak) dan Batubara. Salah satu solusi adalah pemanfaatan energi baru dan terbarukan, seperti energi surya, angin, biomassa, dan air. Potensi energi air sebenarnya besar dan selama ini pemanfaatannya belum maksimal. Maka dari itu, sudah selayaknya untuk dikembangkan agar energi listrik daerah terpencil, dan pedesaan dapat terpenuhi [6].

Penelitian mengenai turbin *Archimedes Screw* sebagai pembangkit listrik tenaga air untuk membuat energi listrik yang ramah lingkungan telah dilakukan [4]. Turbin *Archimedes Screw* adalah salah satu jenis turbin yang dapat dioperasikan pada *head* dan debit rendah. Berikut adalah contoh desain dari turbin *archimedes screw* [17].



Gambar 1. Contoh Turbin *Archimedes Screw* dengan 3 blade [17]

Turbin *archimedes screw* biasa digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH), maupun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) pada aliran sungai yang mempunyai elevasi atau tingkat kemiringan rendah. Keuntungan dari penggunaan turbin *archimedes screw* antara lain [1]:

- a.) Efisiensi tinggi
- b.) *Simple* dan *reliable*
- c.) Ekosistem ikan tidak terganggu
- d.) Jika digunakan dalam rpm rendah, umur turbin akan bertahan lama
- e.) Perawatan yang mudah
- f.) Pengoperasian yang mudah dan biaya yang murah.

Berdasarkan output yang dihasilkan, Pembangkit Listrik Tenaga Air dibedakan menjadi 6 jenis [16]:

- a.) *Large-hydro* : lebih dari 100MW
- b.) *Medium-hydro* : antara 15 – 100 MW
- c.) *Small-hydro* : antara 1 – 15 MW
- d.) *Mini-hydro* : daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
- e.) *Micro-hydro* : antara 5 kW – 100 kW
- f.) *Pico-hydro* : daya yang dihasilkan kurang dari 5kW

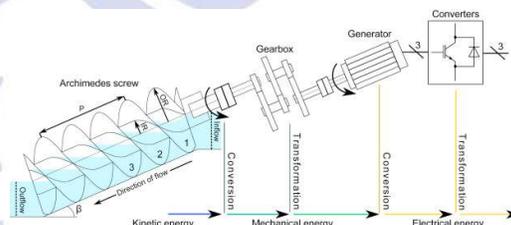
Dari segi investasi, pembangunan pembangkit listrik tenaga picohidro memerlukan biaya yang terbilang kecil [4]. Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTMH) adalah memanfaatkan beda tinggi dan jumlah air per detik yang ada pada aliran air atau sungai [6]. Persamaan untuk mengetahui potensi besar daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air adalah[1]:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- P = Daya nyata (kW)
- ρ = Massa jenis air (1000 kg/m³)
- g = Percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s²)
- Q = Besarnya debit air (m³/s)
- h = Besarnya tinggi terjun air (m)

Berikut adalah skema dari pembangkit listrik tenaga pico hidro dengan menggunakan turbin *archimedes screw*.



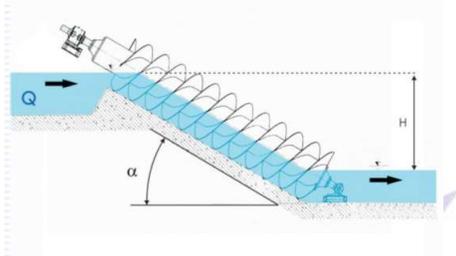
Gambar 2. Skema Pembangkit Listrik Turbin *Arcimedes Screw* [13]

Gambar 2 menunjukkan prinsip kerja dari pembangkit listrik dengan menggunakan turbin *archimedes screw*, dimana air melewati sirip-sirip turbin sehingga turbin bergerak dan menggerakkan generator yang telah dikopel, yang pada akhirnya menghasilkan energi listrik [13]. Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [20].

Kinerja turbin *archimedes screw* tergantung dari beberapa parameter, yaitu diameter dalam dan luar *screw*, *pitch screw*, jumlah *blade/sudu*, kondisi

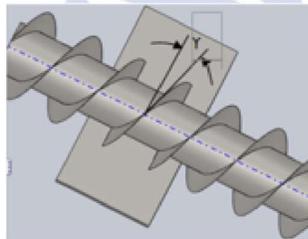
inlet dan *outlet*, serta *head* dan debit air. salah satunya adalah sudut kemiringan dari turbin itu sendiri[4].

Faktor lain yang memengaruhi kinerja turbin *archimedes screw* yang tak kalah penting adalah kemiringan dari penempatan turbin. Berikut adalah gambar ilustrasi dari sudut kemiringan penempatan sudut *archimedes screw* [3].



Gambar 3. Sudut kemiringan *head* turbin *archimedes screw*[3]

Gambar 3 menunjukkan α adalah sudut kemiringan *head* dari turbin *archimedes screw*. Selain dari kemiringan *head* turbin, ada juga faktor yang memengaruhi kinerja turbin *archimedes screw*, yaitu sudut kemiringan *blade* turbin.



Gambar 4. Sudut kemiringan *blade* turbin *archimedes screw* [1]

Pada gambar 4 tersebut, terlihat ilustrasi dari sudut kemiringan *blade* turbin *archimedes screw*.

PEMBAHASAN Review

Studi literatur ini menggunakan 22 jurnal penelitian yang berkaitan dengan turbin *archimedes screw*, pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dan pembangkit listrik tenaga pico hidro. Perlu diketahui bahwa data dan cara penelitian yang dilakukan dari kumpulan jurnal tersebut adalah berbeda-beda.

Mayoritas dari jurnal penelitian yang telah *direview* tidak menyantumkan rumus yang pasti untuk mendapatkan hasil yang maksimal (efisiensi tertinggi) mengenai perancangan turbin *archimedes screw* untuk diterapkan sebagai pembangkit listrik tenaga air, baik itu mikro hidro ataupun pico hidro.

Semua jurnal tersebut menggunakan metode eksperimen atau percobaan untuk menentukan efektifitas dari turbin *archimedes screw*.

Jurnal yang pertama *direview* adalah dari Agus Made, dan Ibi Antonius dengan judul, “Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir pada Turbin Ulir (*Archimedes Screw*) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan *Head* Rendah” [1]. Jurnal tersebut menjelaskan tentang bagaimana pengaruh sudut *blade* turbin terhadap putaran turbin dengan cara membuat prototype turbin dengan sudut *blade* yang berbeda-beda lalu dilakukan pengukuran terhadap putaran turbin.

Jurnal kedua yang telah *direview* adalah jurnal yang ditulis oleh A Nurul Suraya, N M M Ammar and J Ummu Kulthum dengan judul, “*The effect of substantive parameters on the efficiency of Archimedes screw microhydro power: a review*”. Jurnal tersebut berisi studi literatur tentang parameter yang memengaruhi efisiensi dari turbin *archimedes screw* [2].

Jurnal ke-3 yang telah *direview* adalah dari jurnal yang ditulis oleh G. Dellinger dengan judul, “*Numerical and experimental study of an Archimedean Screw Generator*” [3]. Jurnal tersebut mirip dengan jurnal [21] yang menjelaskan tentang penelitian performa dari turbin *archimedes screw* menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Kemudian ada jurnal penelitian yang ditulis oleh Dwi Agung dan Aries Dwi dengan judul, “Kajian Teoritik Pengaruh Geometri dan Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin *Archimedes Screw*” [4]. Jurnal penelitian tersebut menjelaskan tentang pengaruh dari geometrik dan sudut kemiringan *head* turbin *archimedes screw*, namun sangat disayangkan jurnal penelitian tersebut hanya menampilkan grafik yang tidak terlalu jelas dan rumus yang tidak relevan dengan topik pembahasan.

Kemudian jurnal ke-5 yang telah *direview* adalah dari Prayoga Dwi, dengan judul, “Evaluasi Rancang Bangun Model Permanent Magnet Generator Tipe Aksial Dihubungkan dengan Turbin Archimedes” [5]. Jurnal tersebut membahas mengenai pengukuran kecepatan aliran air, rancang bangun PLTMH *archimedes screw* dengan menggunakan generator magnet permanen.

Selanjutnya pada jurnal penelitian [6] yang ditulis oleh Hanggara Ikrar, dan Irvani Harvi dengan judul, “Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur”, menjelaskan tentang potensi

dari aliran sungai untuk dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Jurnal ke-7 yang telah direview adalah dari jurnal yang ditulis oleh Ilham Maulana, dan Syuhada Achmad dengan judul, “*Experimental Study on the Effect of Flow rate on the Performance of Two-Blade Archimedes Screw Turbine*” [7]. Jurnal tersebut menjelaskan tentang pengaruh *flow rate* atau besarnya debit air terhadap kinerja turbin *archimedes screw* dengan 2 *blade*. Jurnal tersebut menggunakan 3 variabel debit yang berbeda lalu putaran turbin diukur. Lalu menghasilkan kesimpulan bahwa semakin besar debit air yang mengalir turbin, maka semakin cepat turbin akan berputar.

Jurnal selanjutnya yang telah direview adalah jurnal penelitian dari Ilham Muhammad, dan Syuhada Ahmad dengan judul, “*Blade Number Impact on Pressure and Performance of Archimedes Screw Turbine Using CFD*” [8]. Jurnal penelitian tersebut menjelaskan tentang jumlah *blade* yang paling efektif untuk diterapkan pada turbin *archimedes screw* dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*), dan hasilnya adalah turbin *archimedes screw* dengan 2 *blade* lebih efektif jika dibandingkan dengan 1 *blade* ataupun 3 *blade*.

Kemudian jurnal ke-9 yang telah direview adalah jurnal dari Irwansyah, Muhammad Ilham Maulana, Ahmad Syuhada dengan judul, “*Design and Performance of Archimedes Single Screw Turbine as Micro Hydro Power Plant with Flow Rate Debit Variations (Case Study in Air Dingin, Samadua - South Aceh)*”. Jurnal tersebut menjelaskan tentang desain dan performa dari turbin *archimedes screw* dengan 1 *blade* dengan kuat arus air yang beragam [9].

Kemudian jurnal selanjutnya adalah dari Juliana Putu, dan Ibi Antonius dengan judul, “*Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*” [10]. Jurnal tersebut menjelaskan tentang pengaruh sudut kemiringan *head* dari turbin *archimedes screw* dengan melakukan percobaan untuk mencari sudut kemiringan mana yang paling efisien untuk digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air, namun dalam penelitian tersebut penulis tidak mencantumkan spesifikasi dari generator yang digunakan.

Jurnal selanjutnya yang telah direview adalah dari jurnal yang ditulis oleh Nuramal Agus, dan

Bismantolo Putra dengan judul, “*Experimental study of screw turbine performance based on different angle of inclination*” [12]. Jurnal tersebut menjelaskan tentang eksperimen untuk mengetahui pengaruh dari kemiringan *head* turbin terhadap kinerja turbin *archimedes screw*, dan hanya menguji coba pada kemiringan *head* sebesar 22°, 30°, dan 40°.

Jurnal selanjutnya yang telah direview adalah dari Nurdin Akhmad, dan Aries Dwi dengan judul, “*Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw pada Head Rendah*” [13]. Jurnal tersebut menjelaskan tentang faktor-faktor yang memengaruhi kinerja turbin *archimedes screw* berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh peneliti lain (Dellinger, 2016). Selanjutnya ada jurnal dari Pallav Gogoi, Mousam Handique, Subrendu Purkayastha, dengan judul, “*Potential of Archimedes Screw Turbine in Rural India Electrification: A Review*”. Jurnal tersebut membahas tentang potensi turbin *archimedes screw* untuk menjadi pembangkit listrik di India [14].

Jurnal selanjutnya yang telah direview selanjutnya yaitu jurnal ke-15, yang ditulis oleh Saefudin Encu, dan Kristyadi Tarsisius dengan judul, “*Turbin Screw untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan*” [15], jurnal tersebut menjelaskan tentang pengujian turbin *archimedes screw* untuk digunakan sebagai PLTMH di saluran irigasi Ciharang, Banjarnegara. Jurnal tersebut meneliti tentang pengaruh besar debit air terhadap keluaran generator.

Jurnal ke-16 yang telah direview adalah jurnal yang ditulis oleh Sandy dan Silverster dengan judul, “*Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman*” [16], jurnal tersebut mirip dengan jurnal pertama [6]. Yaitu mencari potensi daya listrik yang dihasilkan oleh aliran sungai tersebut

Jurnal ke-17 yang telah direview adalah jurnal dari Saroinsong Tineke, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi, dan Mega Nur Sasongko. Dengan judul, “*The Effects of Head Inflow and Turbine Axis Angle Towards The Three Row Bladed Screw Turbine Efficiency*”. Jurnal tersebut menjelaskan tentang efek dari kemiringan *Head* turbin *archimedes screw* dengan 3 *blade* terhadap efisiensi turbin [17].

Jurnal selanjutnya yang telah direview adalah jurnal yang ditulis oleh Saroinsong Tineke, Rudy

Soenoko, Slamet Wahyudi, dan Mega Nur Sasongko dengan judul, “*Performance of Three-Baded Archimedes Screw Turbine*”. Jurnal tersebut menjelaskan tentang performa dari turbin *archimedes screw* dengan 3 *blade* [19].

Jurnal penelitian selanjutnya yang telah *direview* adalah jurnal yang ditulis oleh Sunardi, dan Aji Hermawan dengan judul, “Perancangan dan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro” [20]. Jurnal penelitian tersebut menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan *prototype* dari PLTMH dengan menggunakan turbin *archimedes screw*. Penelitian tersebut hanya menjelaskan tentang kelebihan turbin *archimedes screw* untuk dijadikan PLTMH, namun tidak menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja dari turbin tersebut.

Kemudian jurnal yang telah *direview* selanjutnya adalah dari jurnal yang ditulis oleh, Waters, dan Shaun dengan judul, “*Analysing The Performance of The Archimedes Screw Turbine Within Tidal Range Technologies*” [21]. Jurnal tersebut menjelaskan tentang penerapan turbin *archimedes screw* dengan menggunakan teknologi *Tidal Range* dan sejumlah analisa yang menunjukkan performa turbin menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Kemudian jurnal ke-22 yang telah *direview* adalah jurnal dari William David Lubitz, Murray Lyons & Scott Simmons dengan judul, “*Performance Model of Archimedes Screw Hydro Turbines with Variable Fill Level*”. Jurnal tersebut membahas tentang teori dasar dari turbin *archimedes screw* [22].

Dari semua jurnal yang telah di *review*, terdapat tiga jurnal penelitian yang membahas cukup detail tentang eksperimen untuk menentukan dua faktor yang cukup memengaruhi dari efisiensi turbin.

Yaitu mengenai pengaruh sudut kemiringan *blade* turbin dan juga sudut kemiringan dari *head* turbin. Jurnal penelitian yang pertama ditulis oleh Juliana Putu, dan Ibi Antonius dengan judul, “Pengaruh Sudut Kemiringan *Head* Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro” [10]. Dan yang kedua ditulis oleh Agus Made, dan Ibi Antonius dengan judul, “Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir pada Turbin Ulir (*Archimedes Screw*) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan *Head* Rendah” [1]. Dan yang ketiga ditulis oleh Sunardi, dan Aji Hermawan dengan

judul, “Perancangan dan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro” [20]. Tiga jurnal tersebut akan dibahas dalam poin-poin selanjutnya.

Pengaruh Sudut Kemiringan *Blade* Turbin

Penelitian untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan dan geometri turbin *archimedes screw* terhadap kinerja turbin telah dilakukan [10][1].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah pengaruh sudut *blade*/sudu dari turbin *archimedes screw*. Dalam penelitian tersebut hanya menggunakan 1 *blade* saja. Berikut adalah spesifikasi turbin yang digunakan dalam penelitian yang telah dilakukan [1], dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi turbin yang digunakan dalam penelitian[1]

Parameter	Value
Sudut <i>blade</i> turbin	24°, 26°, 28°, 30°, dan 32°
Jari-jari turbin	10 cm
Jarak antar <i>blade</i>	21 cm
Lebar <i>screw</i>	10 cm
Diameter poros turbin	6 cm
Panjang poros turbin	150 cm
Diameter turbin	26cm

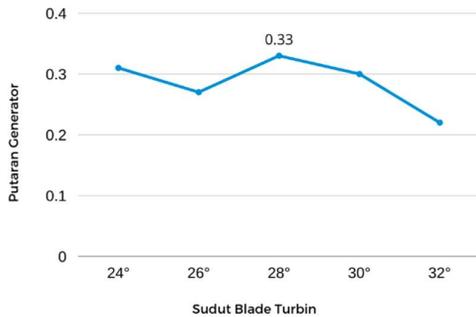
Dengan turbin *archimedes screw* yang memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 1, didapatkan hasil pengukuran yang ada pada tabel 2 dan tabel 3. Yang perlu digaris-bawahi adalah pada penelitian yang ada pada [1], penulis tidak mencantumkan spesifikasi dari generator. Berikut adalah hasil dari pengukuran yang telah dilakukan

Tabel 2. Data pengukuran pengaruh sudut *blade archimedes screw* terhadap putaran turbin dan generator [1]

No.	Sudut <i>blade</i>	Putaran turbin (rpm)		Putaran Generator (rpm)
		Sebelum dikopel	Sesudah dikopel	
1.	24°	361	210	4341
2.	26°	447	287	5368
3.	28°	581	315	6972

4.	30°	392	251	4706
5.	32°	331	197	3974

Berdasarkan hasil dari pengukuran yang dilakukan, didapatkan grafik sebagai berikut [1]:



Gambar 5. Grafik hubungan Putaran Generator [1]

Berdasarkan grafik dari Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa turbin *archimedes screw* yang memiliki sudut *blade* sebesar 28° mempunyai efisiensi yang paling tinggi, dibandingkan dengan turbin *archimedes screw* yang memiliki sudut *blade* 24°, 26°, 30°, 32° [1]. Untuk data output tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh generator terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Data pengaruh sudut *blade archimedes screw* terhadap output tegangan, arus, dan daya [1]

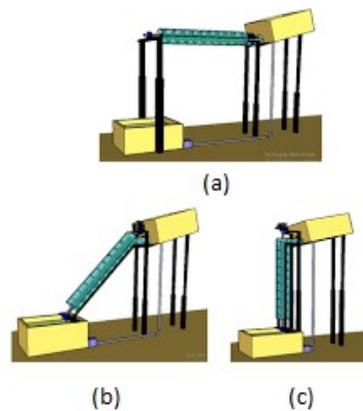
Sudut <i>blade</i>	Tanpa beban			Beban		
	V	I	P	V	I	P
24°	111,7	0	0	96,7	0,069	6,6
26°	119,6	0	0	111,5	0,074	8,2
28°	143,5	0	0	135,6	0,082	11,1
30°	122,6	0	0	102,7	0,077	7,9
32°	81,3	0	0	74,5	0,062	4,6

Berdasarkan hasil pengukuran output generator yang terdapat pada tabel 3, pada sudut kemiringan *blade* turbin 28°, memiliki output tegangan yang paling tinggi yaitu 143,5 Volt pada saat tanpa beban, dan 135,6 Volt pada saat diberikan beban. Sedangkan pada sudut kemiringan turbin 32°, memiliki output tegangan

yang paling rendah yaitu 81,3 Volt pada saat keadaan tanpa beban, dan 74,5 pada saat diberikan beban.

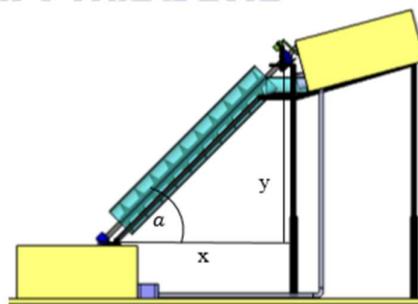
Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin

Selain faktor sudut kemiringan *blade*, faktor yang paling memengaruhi kinerja dari turbin *archimedes screw* adalah sudut kemiringan *head* turbin. Dapat dilihat pada gambar 6 ilustrasi dari pemodelan percobaan dalam penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui berapa sudut kemiringan *head* yang sangat efisien untuk diaplikasikan sebagai pembangkit listrik tenaga pico hidro [10].



Gambar 6. Desain penelitian *archimedes screw*. Sudut *head* turbin 0° (a), Sudut *head* turbin 45° (b), Sudut *head* turbin 90° (c) [10].

Pada Gambar 6 adalah contoh pemodelan dalam percobaan yang telah dilakukan. Komponen yang dirakit berupa rangka PLTPH, turbin *archimedes screw*, generator, saluran air, dan box untuk menampung air.



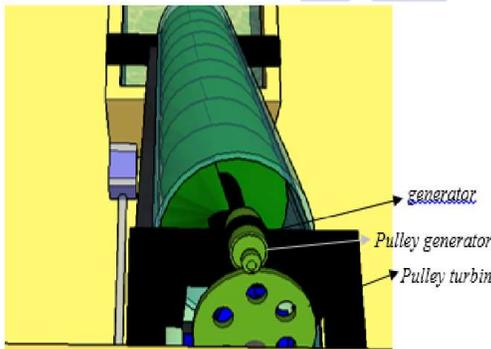
Gambar 7. Gambar kemiringan *head* turbin *archimedes screw* [10]

Untuk mengukur derajat kemiringan dari *head* turbin *archimedes* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus *pythagoras*. Berikut adalah persamaan untuk menghitung sudut *head* turbin [10]:

$$\tan \alpha = y/x \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :
 Tan α = derajat kemiringan (°)
 y = jarak vertikal (m)
 x = jarak horizontal (m)

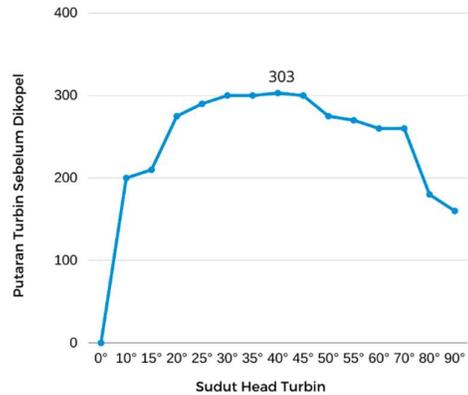
Untuk pemodelan pengkopelan dari turbin *archimedes screw* dengan generator adalah sebagai berikut:



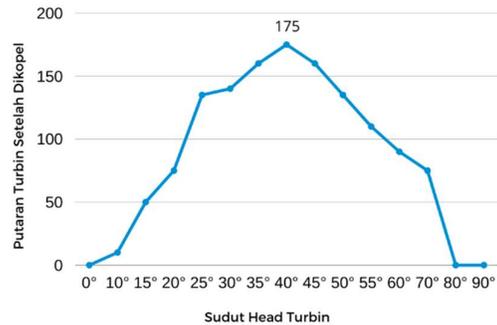
Gambar 8. Desain pengkopelan turbin dengan generator [10].

Terlihat pada gambar 8 bahwa diameter *pulley* dari turbin lebih besar jika dibandingkan dengan diameter *pulley* dari generator. Inilah yang nantinya menyebabkan jumlah putaran per menit (rpm) dari turbin dan generator akan berbeda. Jadi hasil dari jumlah putaran generator akan lebih tinggi daripada jumlah putaran dari turbin.

Penelitian yang telah dilakukan untuk mencari sudut kemiringan *head* turbin yang paling efektif, yaitu dengan mengatur *head* turbin dengan sudut yang berbeda-beda telah dilakukan. Sudut yang digunakan pada penelitian tersebut adalah 0°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 70°, 80°, dan 90°. Grafik dari pengukuran putaran turbin sebelum dan sesudah dikopel dengan generator terdapat pada Gambar 7 dan 8. Dimana putaran turbin tertinggi didapatkan pada sudut kemiringan 40° yaitu 303 rpm sebelum dikopel dengan generator, dan 175 rpm sesudah dikopel dengan generator.

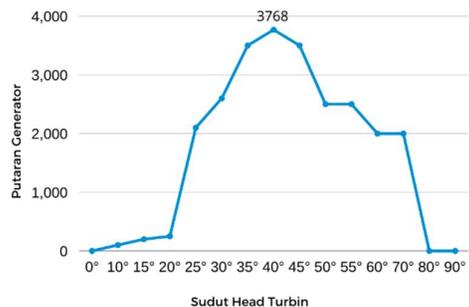


Gambar 9. Grafik putaran turbin sebelum dikopel generator [10]



Gambar 10. Grafik putaran turbin setelah dikopel generator [10]

Untuk kecepatan putar dari generator terdapat pada gambar 11. berdasarkan gambar grafik tersebut, dapat dilihat bahwa putaran paling tinggi ada pada sudut *head* turbin sebesar 40°, adalah 3768 rpm.



Gambar 11. Grafik putaran generator terhadap sudut *head* turbin [10]

Generator yang digunakan pada penelitian studi literatur ini adalah generator bekas 1 phase dengan spesifikasi seperti yang tertera pada tabel 4:

Tabel 4. Spesifikasi generator [20]

Spesifikasi	Data
Tipe	ST-3
Jumlah Phase	1
Daya	3 kW
Kecepatan	1500 rpm
Jumlah Kutub	4 buah
Frekuensi	50 Hz

Dari spesifikasi generator yang ada pada tabel 4, generator memiliki output daya sebesar 3kW, dengan 4 buah kutub. Dengan jumlah kutub tersebut, maka generator butuh 1500 rpm untuk menghasilkan tegangan 220V dengan frekuensi 50Hz [20]. Jika menggunakan data putaran tertinggi yaitu pada sudut kemiringan *head* 40°, pada penelitian [10]. Maka output daya yang dihasilkan pada generator nantinya akan melebihi dari *nameplate* yang tertera. Untuk mengatasi hal tersebut ada dua solusi, yang pertama adalah mengganti *pulley* turbin dengan *pulley* yang berdiameter lebih kecil agar kecepatan putar dari generator menjadi mendekati 1500rpm. Kemudian solusi yang kedua adalah dengan mengkopelnya dengan 2 buah generator. Pada penelitian yang ada pada [20], penulis menggunakan solusi yang kedua, yaitu dengan mengopel turbin *archimedes screw* dengan dua buah generator. Berikut adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan [20].

Tabel 5. Hasil pengukuran output generator [20]

No	Pengukuran	Hasil
1.	Putaran Turbin	180 rpm
2.	Putaran Generator A	1383 rpm
3.	Putaran Generator B	1635 rpm
4.	Tegangan Generator A	210 Volt
5.	Tegangan Generator B	225 Volt

Berdasarkan hasil pengukuran dari output generator pada tabel 5, putaran turbin setelah dikopel dengan generator adalah 180 rpm. Sedangkan kecepatan putar dari generator A adalah sebesar 1383 rpm, dan generator B sebesar 1635 rpm. Untuk output tegangan dari generator A adalah 210 V, dan generator B adalah 225V.

Potensi Daya PLTPH

Tenaga potensial yang terkandung dalam air adalah akibat dari debit air yang mengalir dengan adanya tinggi terjun [20]. Dengan menggunakan persamaan (1), maka didapatkan potensi daya sebagai berikut jika diketahui tinggi terjun dari sungai sebesar 5,6 meter adalah :

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4901 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,6 \text{ m}$$

$$P = 26,897 \text{ kW}$$

Jika potensi daya tersebut dihitung dengan menggunakan batas efisiensi terendah, maka didapatkan hasil potensi daya terbangkitkan [20]:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_p \cdot \eta_t \cdot \eta_g \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:
 η_p = batas efisiensi potensi daya terendah (0,9)
 η_t = batas efisiensi turbin terendah (0,7)
 η_g = batas efisiensi generator terendah (0,8)

Dengan menggunakan persamaan (3) maka didapatkan nilai potensi daya terbangkitkan:

$$P = 26,897 \text{ kW} \times 0,9 \times 0,7 \times 0,8$$

$$P = 13,556 \text{ kW}$$

Jadi, potensi daya yang terbangkitkan dari sungai tersebut adalah 13,556 kW.

Pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan beberapa jenis beban seperti lampu pijar dan bor listrik. Pada tabel 5 adalah data dari pengukuran yang telah dilakukan. Perlu dipahami bahwa pengukuran pembebanan tersebut hanya menggunakan satu unit generator saja [20] :

Tabel 6. Hasil pengukuran dengan pembebanan[20]

No.	Beban	Daya (Watt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1.	Lampu Pijar	300	1,0	220
2.	Lampu Pijar	480	1,9	218
3.	Lampu Pijar	600	2,5	210

4.	Bor Listrik	550	2,3	213
5.	Lampu Pijar dan Bor Listrik	1050	3,8	200

Berdasarkan data dari tabel 6, daya nyata maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator 1 phase 3kW yang terpasang pada PLTPH adalah 1050 Watt.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dari beberapa jurnal pembuatan dan percobaan untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) maupun Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin *archimedes screw*, didapatkan hasil bahwa sudut *blade* turbin yang paling efisien adalah pada sudut 28°. Sedangkan untuk kemiringan *head* yang paling efisien adalah pada sudut kemiringan 40°. Dengan mengacu dari data yang ada pada jurnal, dengan sungai yang memiliki debit air 0,4901 m/s³, dengan tinggi terjun sebesar 5 meter. Didapatkan potensi daya yang terbangkitkan adalah sebesar 13,556 kW. Sedangkan daya nyata maksimal yang dapat dibangkitkan dari generator 1 fasa 3kW, yang terpasang pada PLTPH tersebut adalah 1050 Watt.

SARAN

Untuk membuat PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan turbin *archimedes screw*, diperlukan sudut kemiringan *head* turbin sebesar 40° untuk mencapai efisiensi tertinggi. Jika PLTPH tersebut diterapkan di sungai yang tidak memiliki sudut kemiringan sebesar itu, lebih baik jika PLTPH dengan turbin *archimedes screw* diterapkan di saluran air buatan, atau dari bendungan dan diterapkan di saluran irigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Made, Ibi Antonius. 2019. "Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir pada Turbin Ulir (*Archimedes Screw*) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan *Head* Rendah". Indonesia. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 18, No. 1, Januari - April 2019.
- [2] A Nurul Suraya, N M M Ammar and J Ummu Kulthum. 2015. "The effect of substantive parameters on the efficiency of *Archimedes screw microhydro power: a review*". 3rd *International Conference of Mechanical Engineering Research (ICMER 2015)*.
- [3] Dellinger, G. 2016. "Numerical and experimental study of an *Archimedean Screw Generator*". 28th IAHR *symposium on Hydraulic Machinery and Systems (IAHR2016)*.
- [4] Dwi Agung, dan Aries Dwi. 2017. "Kajian Teoritik Pengaruh Geometri dan Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin *Archimedes Screw*". Indonesia. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret. *Proceeding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK)* Vol. III, 21 Desember 2017.
- [5] Dwi, Prayoga. 2019. "Evaluasi Rancang Bangun Model Permanent Magnet Generator Tipe Aksial Dihubungkan dengan Turbin *Archimedes*". Indonesia. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 18, No. 2, Januari - April 2019.
- [6] Hanggara Ikrar, dan Irvani Harvi. 2017. "Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur". Indonesia. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. *Jurnal Reka Buana* Volume 2 No 2, Maret 2017.
- [7] Ilham Maulana, Syuhada Achmad. 2019. "Experimental Study on the Effect of Flow rate on the Performance of Two-Blade *Archimedes Screw Turbine*". Indonesia. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 61, Issue 1 (2019) 10-19.
- [8] Ilham Muhammad, dan Syuhada Ahmad. 2018. "Blade Number Impact on Pressure and Performance of *Archimedes Screw Turbine Using CFD*". *AIP Conference Proceedings. AIP Conference Proceedings, 030037 (2018)*.
- [9] Irwansyah, Muhammad Ilham Maulana, Ahmad Syuhada. 2019. "Design and Performance of *Archimedes Single Screw Turbine as Micro Hydro Power Plant with Flow Rate Debit Variations (Case Study in Air Dingin, Samadua - South Aceh)*". Indonesia. Politeknik Aceh Selatan. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Rekayasa* Vol. 4, No 1, June 2019, pp. 13-13
- [10] Juliana Putu, dan Ibi Antonius. 2018. "Pengaruh Sudut Kemiringan *Head* Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro". Indonesia. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 17, No. 3, September - Desember 2018.
- [11] Kamal Kashyap, Robin Thakur, Sunil Kumar, Rajkumar. "Identification of *Archimedes Screw Turbine for Efficient Conversion of Traditional Water Mills (Gharats) into Micro*

- Hydro-power Stations in Western Himalayan Regions of India: An Experimental Analysis*". *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol.6, No.3, 2020
- [12] Nuramal Agus, Bismantolo Putra. 2016. "Experimental study of screw turbine performance based on different angle of inclination". *1st International Conference on Energy and Power, ICEP2016*, 14-16 December 2016, RMIT University, Melbourne, Australia.
- [13] Nurdin Akhmad, dan Aries Dwi. 2018. "Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw pada Head Rendah". Indonesia. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret. *Jurnal SIMETRIS*, Vol. 9 No. 2 November 2018.
- [14] Pallav Gogoi, Mousam Handique, Subrendu Purkayastha. 2018. "Potential of Archimedes Screw Turbine in Rural India Electrification: A Review". *ADB Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE) Volume 2, Issue 1*.
- [15] Saefudin Encu, dan Kristyadi Tarsisius. 2017. "Turbin Screw untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan". Indonesia. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional, Bandung. *Jurnal Rekayasa Hijau* No.3, Vol. 1, ISSN: 2550-1070.
- [16] Sandy, Silvester. 2016. "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman". Indonesia. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 22, No. 5, September - Desember 2016.
- [17] Saroinsong Tineke, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi, dan Mega Nur Sasongko. 2015. "The Effects of Head Inflow and Turbine Axis Angle Towards The Three Row Bladed Screw Turbine Efficiency". Indonesia. *International Journal of Applied Engineering Research*. *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 7 (2015) pp. 16977-16984*.
- [18] Saroinsong Tineke, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi, dan Mega Nur Sasongko. 2016. "Effect of Froude Number on Three-Bladed Archimedes Screw Turbine Efficiency". *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol.6, No.3, 2016.
- [19] Saroinsong Tineke, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi, dan Mega Nur Sasongko. 2018. "Performance of Three-Bladed Archimedes Screw Turbine". *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* Vol. 11, No. 15, August 2018.
- [20] Sunardi, dan Aji Hermawan. 2017. "Perancangan dan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro". Indonesia. Jurusan Elektro Komputer dan Informatika, Universitas Achmad Dahlan. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)* Vol. 3, No. 2, Desember 2017.
- [21] Waters, Shaun. 2016. "Analysing The Performance of The Archimedes Screw Turbine Within Tidal Range Technologies". United Kingdom. *Faculty Science and Technology, Lancaster University*.
- [22] William David Lubitz, Murray Lyons & Scott Simmons. 2014. "Performance Model of Archimedes Screw Hydro Turbines with Variable Fill Level". *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, ISSN 0733-9429/04014050*.