

ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN POROS TERHADAP KINERJA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO-HYDRO
TURBIN ARCHIMEDES SCREW

Muhammad Arham(1), Abdul Makhsud⁽²⁾, Mahmuddin⁽²⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

²⁾Dosen Teknik Dosen, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

ABSTRAK

Parameter yang berpengaruh terhadap kinerja turbin Archimedes screw diantaranya jumlah sudu, jarak pitch, kemiringan sudu, sudut kemiringan poros turbin dan debit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan poros turbin dan debit terhadap daya output dan efisiensi. Penelitian ini turbin Archimedes screw dengan spesifikasi diameter luar (do) 330 mm, diameter dalam(di) 89 mm, jarak pitch 200 mm, dan panjang poros screw 2000 mm, kemiringan sudu (α) 30°. Variasi sudut kemiringan poros yang akan di uji 25°, 30°, 35°, 40°, dan 45° dan variasi debit pada setiap kemiringan poros 0,0294 m³/s, 0,0340 m³/s, 0,0390 m³/s, 0,0441 m³/s dan 0,0489 m³/s. Kesimpulan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah daya maksimum yang diperoleh turbin 706,88 watt pada sudut 40° debit 0,0489 m³/s dan efisiensi maksimum 63,13% dengan beban 600 wat, Rpm turbin 479,6. Sedangkan daya minimum pada sudut kemiringan poros turbin 25° dengan debit yang sama adalah debit 0,0489 m³/s daya turbin yang dihasilkan 577,50 watt, efisiensi 51,60 %, Rpm turbin 355,4 dengan beban 600 watt.

Kata kunci: Posisi kemiringan poros turbin, Debit aliran, Daya dan efisiensi

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam segala aktifitas manusia seperti halnya dalam bidang industri, penggunaan alat-alat elektronik, dan lain sebagainya. Konsumsi energi di Indonesia didominasi oleh minyak, diikuti oleh gas, dan batubara. Seiring kemajuan teknologi sangat pesat berdampak pada bertambahnya kebutuhan sumber energy listrik sehingga, energi listrik menjadi kebutuhan pokok masyarakat. Di Indonesia masih banyak perkampungan yang belum dialiri listrik terutama daerah terpencil. Persoalan seputar energi listrik ini terjadi karena beberapa hal diantaranya sulitnya akses untuk mencapai perkampungan tersebut dan biaya untuk instalasi listrik menjadi sangat tinggi.

ESDM, 2008. Potensi Energi Baru Terbaruka (EBT) Indonesia (diakses tanggal 1 Juni 2020). potensi sumber energi tenaga air tersebar sebanyak 15.600 megawatt (20,8 persen) di Sumatera, 4.200 megawatt (5,6 persen) di Jawa, Kalimantan 21.600 megawatt (28,8 persen), Sulawesi, 10.200 megawatt (13,6 persen), Bali, NTT, NTB, 620 megawatt (0,8 persen), Maluku, 430 megawatt (0,6 persen).

Secara teoritis turbin archimedes screw memiliki efisiensi 90%, namun kenyataan yang ada di lapangan turbin untuk pembangkit listrik efisiensinya tidak mencapai 90%. Selain itu, dalam fenomena aktual atau kondisi lapangan banyak ditemukan faktor-faktor yang dapat mengurangi besar nilai data input contohnya gesekan aliran yang diabaikan. Ketinggian titik jatuh air dengan debit aliran yang rendah serta penyesuaian variasi kemiringan poros yang sesuai untuk debit aliran dan tinggi jatuh air yang rendah, sehingga diperoleh efisiensi turbin yang maksimal. Pada penelitian ini analisa data ditujukan pada pengaruh perubahan sudut kemiringan poros turbin pada debit aliran yang

divariasikan karena analisa data yang dihasilkan dan dijadikan batasan menentukan efisiensi lebih efektif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geometri turbin Archimedes screw menurut menurut Rorres dkk (2000) bahwa ditentukan oleh beberapa parameter eksternal jari-jari terluar, pajang poros, kemiringan sudut poros sedangkan parameter internal adalah jarak pitch, jumlah blade. Parameter eksternal tersebut penentuan penempatan ulir yang akan mempengaruhi banyaknya air yang akan menghasilkan gaya pada blade turbin sedangkan parameter internal bebas ditentukan sendiri untuk mengoptimalkan performance turbin.

Adapun keuntungan turbin Archimedes screw :

1. Dapat dioperasikan pada head sangat rendah rendah
2. Dapat dioperasikan tanpa filter dan tidak mengganggu ekosistem sungai
3. Sangat mudah dalam pengoprasian dan biaya maintenance murah
4. Memiliki efisiensi tinggi

Havendri dkk (2009), menyatakan bahwa arus air yang mengalir mengandung energi, dapat dimanfaatkan sehingga menghasilkan kinetik. Energi kinetik tersebut dapat diubah menjadi listrik dengan melalui sebuah poros, *pulley* dan *belt* yang ditransmisikan ke generator penghasil listrik.

A. Sistem konversi energi

Daya hidrolis (N) yang diterima oleh turbin Archimedes screw adalah daya aliran horizontal sehingga turbin screw menghasilkan momen putar pada poros. Sehingga daya keluaran tersebut dapat dinyatakan pada persamaan :

$$N_a : \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

N_a : daya hidrolis (watt)
 ρ : massa jenis air (kg/m³)

g : Percepatan grafitasi (m/S²)
H : Ketinggian Overflow (m)
Perhitungan debit air menggunakan weir meter

$$dQ = Cd \ dA \ \sqrt{2g \ h} = Cd \ 2(H-h)tg \ \frac{\theta}{2} dh \ \sqrt{2g \ h}$$
..... (2)

Jika persamaan 2 diintegalkan terhadap H, maka diperoleh:

$$Q = \int_0^H Cd \ 2(H-h)tg \ \frac{\theta}{2} dh \ \sqrt{2g \ h} \qquad Q = 2 \ Cd$$

$$\sqrt{2g} \ tg \ \frac{\theta}{2} \int_0^H (H \ h^{\frac{1}{2}} - h^{\frac{3}{2}})$$

$$Q = 2 \ Cd \ \sqrt{2g} \ tg \ \frac{\theta}{2} \left[\frac{2}{3} H \ h^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{5} h^{\frac{5}{2}} \right]_0^H$$

$$Q = \frac{8}{15} \ Cd \ \sqrt{2g} \ tg \ \frac{\theta}{2} \ H^{\frac{5}{2}} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :
H : tinggi cairan dalam weir (m)
g : percepatan gravitasi (m/s²)
θ : sudut weir (notch) 90°

1. Momen putar dan daya turbin Archimedes screw merupakan komponen utama untuk merubah energi air dari kecepatan aliran air menjadi energi mekanik, maka persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

a. Daya turbin :
$$N_{TA} : \frac{N_G}{\eta_G} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan :
N_{TA} : daya output turbin Archimedes screw (watt)
N_G : daya generator (watt)
η_G : efisiensi pabrikan generator (0,8)

Parameter	Value
Tebal plat sudu turbin	1,7 mm
Jarak pitch sudu turbin	200 mm
Diameter luar sudu turbin	330 mm
Kemiringan sudu turbin (α)	30°
Diameter poros utama turbin	25,4 mm
Diameter poros luar turbin	89 mm
Panjang poros dalam turbin	2600 mm
Panjang poros luar turbin	2000 mm
Bobot turbin	± 120 kg

2. Efisiensi turbin screw
Secara umum, unjuk kerja suatu peralatan mesin konversi energi seperti turbin ulir dapat dinyatakan dengan efisiensi (η_{TA}) secara matematis dapat dituliskan seperti pada persamaan

$$\eta_{TA} : \frac{N_G \cdot \eta_G}{N_a} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

dengan:
η_{TA} : efisiensi turbin Archimedes screw secara teoritis (0,8)

N_{TA} : daya output turbin Archimedes screw (watt)
N_a : daya air yang diterima sudu turbin Archimedes screw (watt)

3. Untuk mencari jumlah sudu pada turbin dapatdihitung menggunakan persamaaan :

$$Z : \frac{L}{s} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan :
z : jumlah ulir
l : panjang turbin (mm)
s : jarak sudu (mm)

4. Perhitungan untuk menganalisa jarak sudu (jarak pitch) :

$$\Lambda : \frac{Do \cdot \pi}{\tan \theta} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :
Do : Diameter luar sudu dari as (mm)
π : jari-jari sudu (3,14)
Λ : jarak sudu (mm)
5. Daya yang dihasilkan generator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut
N_G = V.I (8)
V = Tegangan Listrik (Volt)
I = Arus Listrik (Ampere)

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian performansi turbin ulir untuk ketinggian head rendah dengan menjaga ketinggian oferflow, serta menyesuaikan pembukaan trotel gas pompa agar air tetap bersirkulasi secara konstan pada proses pengujian dan melakukan variasi bukaan katup guna untuk mencapai debit yang akan diuji pada turbin Archimedes screw.

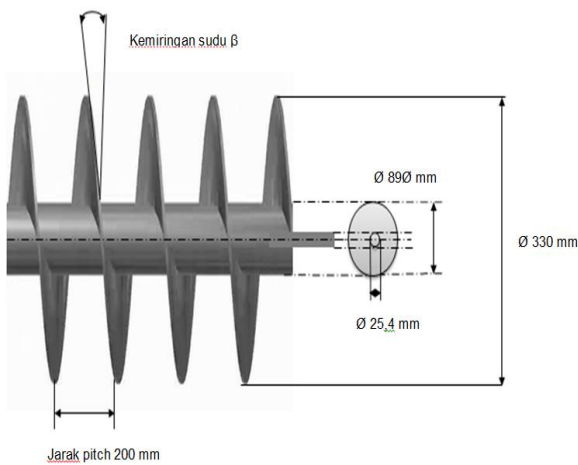
A. Alat ukur pengujian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- a. Avometer untuk mengukur tegangan dan arus yang di hasilkan oleh generator
- b. Tacometer untuk mengukur putaran turbin
- c. Thermokopel untuk mengukur temperature air
- d. Weirmeter untuk mengukur debit air yang mengalir
- e. Stopwatch untuk mengukur waktu mengisi air pada ember pada saat melakukan kalibrasi weir meter.

B. Spesifikasi turbin Archimedes screw

Berikut gambar spesifikasi turbin Archimedes screw yang akan diuji :



Gambar. 1 Spesifikasi turbin Archimedes screw yang akan diuji

C. Metode pembebanan

Metode yang digunakan adalah membebani dengan menggunakan generator yang berfungsi merubah dari energi mekanik menjadi energi listrik membebani output generator dengan lampu 600 watt.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh pada pengujian turbin Archimedes screw yang telah dilakukan analisa dan perhitungan, dari hasil tersebut dapat dibuat grafik yaitu hubungan debit terhadap daya turbin, hubungan debit terhadap efisiensi, hubungan debit terhadap rpm.

A. Pada pengukuran debit menggunakan weir meter.

Weir adalah perangkat struktur hidrolik yang merupakan alat ukur primer, yaitu suatu perintang (penahan) yang memiliki hubungan spesifik antara kedalaman tinggi muka air terhadap debit.



Gbr. 2. Pengukuran debit menggunakan weir meter vnotch 90°

Pengujian debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir ke turbin besarnya debit air dapat dihitung dengan persamaan 3 :

$$Q = \frac{8}{15} \cdot 0,694 \cdot \sqrt{2 \times 9,81} \cdot \tan \frac{90}{2} \cdot 0,2453^{\frac{5}{2}} = 0,0489 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pada perhitungan diatas merupakan hasil dari perhitungan pengukuran debit yang menghasilkan daya maksimum.

B. Perhitungan daya hidrolis

Perhitungan dapat dihitung dengan persamaan :

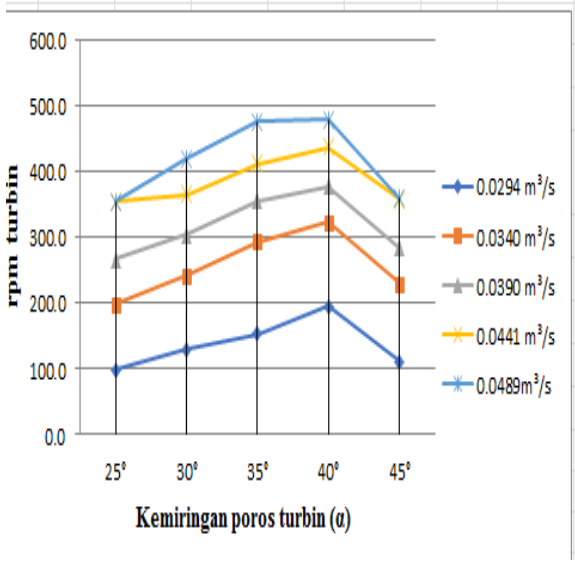
$$N_a : \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$N_a = 995,9 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,0489 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,5 \text{ m}$$

$$N_a = 715,88 \text{ Watt}$$

C. Pengukuran putaran turbin

Pengukuran putaran turbin dikopel dengan generator kemudian diberi beban 600 watt.



Gbr.4. grafik hubungan debit dan perubahan sudut poros turbin terhadap rpm turbin

Berdasarkan grafik 4. Hasil pengukuran nilai maksimum yaitu putaran tertinggi turbin didapatkan pada sudut 40° sebesar 479,6 rpm, dengan debit 0,0489 m³/s. Hal ini disebabkan karena debit air yang mengalir ke setiap sisi sudu turbin cukup banyak, daya hidrostatik mendorong setiap sudu turbin, sehingga putaran turbin meningkat secara signifikan. Sedangkan pada sudut 25° putaran turbin mulai menurun mencapai 355,4 rpm, diakibatkan aliran air pada tiap sudu turbin terlalu cukup datar banyak menenggelamkan turbin. Sedangkan pada sudut 45° juga mengalami penurunan 358,8 rpm dengan debit yang sama yaitu 0,0489 m³/s, diakibatkan posisi sudut poros turbin agak curam sehingga mempengaruhi putaran turbin dan banyak air yang terbuang dan tidak termampatkan pada bagian aktif sudu turbin.

D. Perhitungan daya output turbin dan generator

Daya yang dihasilkan turbin generator dapat dihitung menggunakan persamaan 4 sedangkan daya generator menggunakan persamaan 8. Daya yang diambil adalah daya maksimum :

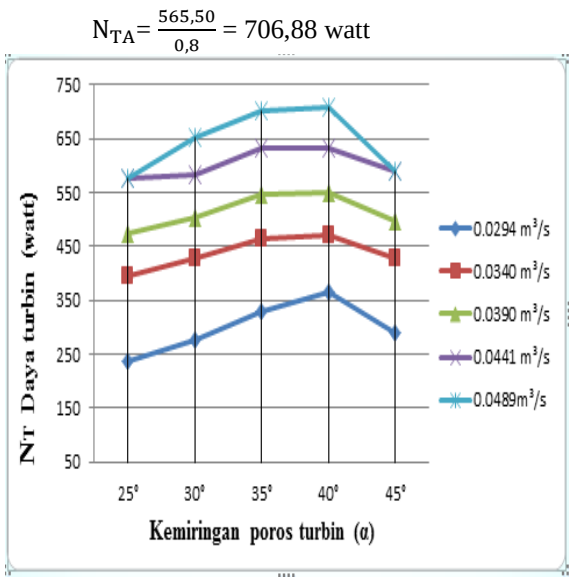
a. Daya generator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$N_G = V \cdot I$$

$$N_G = 48,3 \cdot 11,7 = 565,50 \text{ Watt}$$

b. Daya turbin dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$N_{TA} = \frac{N_G}{\eta_G}$$



Gbr. 5.

5. Garafik hubungan debit terhadap daya turbin

Grafik 5 merupakan hubungan debit terhadap daya turbin. Daya output tertinggi turbin dengan pembebanan 600 watt adalah 706,87 watt berada pada sudut 40° dengan debit 0,0489 m³/s, daya yang di hasilkan pada kedua sudut tersebut adalah 589,46 watt pada sudut 45° sedangkan daya pada sudut 25° adalah 582,08 watt. Hal tersebut dikarenakan pada sudut rendah putaran turbin melambat dikarenakan meningkatnya volume air pada ruang rumah turbin selain itu posisi turbin cukup datar sehingga turbin susah untuk berputar cepat.



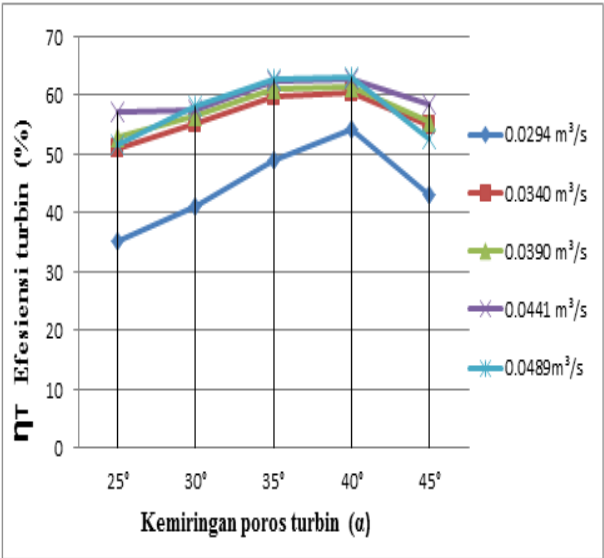
Gbr. 6. Pengukuran tegangan dan arus

4.6. Perhitungan efisiensi turbin

Perhitungan efisiensi turbin dengan mengambil sampel nilai tertinggi pada sudut 40° debit 0,0489 m³/s, dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (5)

$$\eta_{TA} = \frac{N_G \cdot \eta_G}{N_a} \times 100\%$$
$$\eta_{TA} = \frac{565,50 \text{ watt} \cdot 0,8}{715,88 \text{ watt}} \times 100\%$$
$$= 63\%$$

Hubungan sudut kemiringan poros terhadap efisiensi dapat dilihat pada grafik Sebagai berikut :



Gbr. 7. Grafik hubungan debit terhadap efesiensi
Berdasar dari grafik 5 menggambarkan bahwa Efesiensi terbesar pada sudut kemiringan poros 40° dengan debit maksimum 0,0489 m³/s namun terjadi penurunan efesiensi pada sudut head 45° dengan debit 0,0489 m³/s dan 25°. sedangkan efesiensi terendah berada pada sudut 25° dengan debit 0,0489 m³/s, dikarenakan daya yang dihasilkan turbin dianggap tidak efektif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Turbin Archimedes screw dengan jarak pitch 200 mm, panjang poros turbin 2000 mm, kemiringan sudu 30° dengan variasi sudut kemiringan poros turbin dan variasi debit telah dilakukan sebagai berikut :

1. Kinerja turbin Archimedes screw mampu menghasilkan daya output maksimum dengan beban 600 watt. daya yang dihasilkan oleh generator 565,50 watt. Daya output turbin 706,88 watt sedangkan rpm maksimum 479,6 pada debit 0,0489 m³/s dengan efisiensi maksimum turbin 63,19 % pada kemiringan sudut poros 40°
2. Daya terendah yang dihasilkan oleh turbin Archimedes screw pada sudut 25° dengan beban 600 watt debit 0,0489 m³/s menghasilkan daya 465,67 watt. Daya output turbin 582,08 watt dengan efisiensi 52,06 %.
3. Prototype turbin Archimedes screw yang kami buat berdasarkan pengamatan dan analisa hasil penelitian, sudut kemiringan poros paling efektif berada pada sudut 40° dengan debit 0,0489 m³/s, karena, daya hidrolis yang tersedia termanfaatkan dengan baik, daya berat air dan tekanan hidrostatik dalam sudu turbin mendorong sudu turbin sehingga menghasilkan energy mekanik.

B. Saran

1. Untuk peneliti berikutnya pada pembuatan pembuatan turbin perlu memperhitungkan celah clearans antara sudu turbin dan rumah turbin, agar air yang mengalir ke sudu turbin dapat termanfaatkan dengan baik,

2. Pada pemilihan material untuk pembuatan turbin perlu diperhitungkan terlebih dahulu
3. Untuk pembuatan dimensi turbin tipe Archimedes screw sebaiknya mengacu pada formulasi rorres dan saran William (2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkadir, M. 2018. "pengaruh sudut kemiringan terhadap kinerja turbin ulir." *kurvatek*.
- Alipan, Nurva, and Nurhening Yuniarti. 2018. "Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro." *Edukasi Elektro* 2(2): 59–70.
- Amir. 2018. "Kemiringan Optimum Model Turbin Ulir 2 Blade." *Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*.
- Budi Harja. 2016. "Penentuan Dimensi Sudu Turbin Dan Sudut Kemiringan Poros Turbin Pada Turbin Ular Archimedes." *Metal Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. "Pengukuran Debit Pada Saluran Terbuka Menggunakan Bangunan Ukur Tipe Pelimpah Atas." *Jakarta : Badan Standardisasi Nasional*: 1–49. www.bsn.go.id.
- ESDM, 2008., "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2008 tentang Kebijakan Energi Nasional dan pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) Indonesia. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-baru-terbarukan-ebt-indonesia>. (diakses tanggal 1 Juni 2020)
- Havendri. 2009. "Perancangan Dan Realisasi Model Prototipe Turbin Air Type Screw (Archimeden Turbine) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Head Rendah Di Indonesia." *Teknika*.
- Hendra, H, and F C Surbakti. 2019. "Fabrication Aspect Pricing of Screw Turbine for a Micro Hydro Electrical Generator." *Rekayasa Mekanika: Mechanical*.
- Hizhar. 2017. "Rancang Bangun Dan Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Jarak Pitch Dan Kemiringan Poros Terhadap Kinerja Mekanik Model Turbin Ulir 2 Blade Pada Aliran Head Rendah." *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*.
- Juliana,. 2018. "Pengaruh Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir Terhadap Daya Putar Turbin Ulir Dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- Jenis turbin hydropower https://en.wikipedia.org/wiki/Water_turbine (diakses tanggal 1 Juni 2020)
- Khamdi, Nur. 2016. "Efisiensi Daya Pada Turbin Screw Dengan 3 Lilitan Terhadap Jarak Pitch." *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan* 2(2): 24–31.
- Komaruddin.2019." Pengujian Pengaruh Ketinggian Weir Pada Koefisien Discharge Dari Weir Sharp-Crested V-N0tch 90°" Jakarta Selatan: *Bina Teknika*.
- Makhsud, Abdul. 2012. "Buku Ajar Mekanika Fluida Teori dan Aplikasi." Makassar : Perpustakaan Nasional RI Katalog Dalam Terbitan
- Putra,. 2018. "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- Rorres, C. 2000. "The Turn of the Screw: Optimal Design of An Archimedes Screw". *Journal of Hydraulic Engineering*. Philadelphia.
- Saroinsong. 2018. "Performance of Three-Bladed Archimedes Screw Turbine Using Response Surface Methodology." In *Proceedings - 2018 International Conference on Applied Science and Technology, ICAST 2018*,
- Saefudin, Encu, Tarsisius Kristyadi, Muhammad Rifki, and Syaiful Arifin. 2018. "Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan." *Jurnal Rekayasa Hijau* 1(3): 233–44.