

ANALISIS PENGARUH PROFIL SUDUH TERHADAP DAYA TURBIN VORTEX

Marfizal¹⁾*, Sufiyanto²⁾, Dedi Wardianto³⁾

^{1),2)} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi
Jl. Kapten Patimura No. 100, Kel. Rawasari, Kec. Alam Barajo, Jambi,

³⁾ Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Padang
Indonesia

*Correspondent Author Email: marfizal65@gmail.com

Abstract

A vortex turbine is a turbine that operates by utilizing a vortex flow as a drive for turbine blades which then the turbine shaft is connected to a generator to convert shaft mechanical energy into the form of electrical energy. In this study a test will be carried out on a vortex turbine with a head of 1 m, a flow rate of 0.12 m³/s. In the testing process, 3 types of blades will be used, namely straight blades, curved blades and finned curved blades. After testing, it can be concluded that the highest power is found in the curved blade of 959.08 Watt and then the finned curved blade is 714.38 Watt, while the lowest power is found in the straight blade type of 582.48 Watt. The resulting rotation can be seen in the graph below. The highest rotation is found in the finned curved blade of 540.00 rpm and the next is the curved blade of 517.67 rpm, while the lowest rotation is found in the straight blade type of 510.67 rpm. For the efficiency of each metal blade, it can be seen that curved blades are still the highest followed by curved blades with finned blades, the lowest being straight blades with salty blade efficiencies of 98%, 73% and 59%

Keywords: Turbine, Blades, Vortex, Power, Efficiency

Abstrak

Turbin vortex adalah turbin yang beroperasi dengan memanfaatkan aliran vortex sebagai penggerak sudu-sudu turbin yang kemudian poros turbin dihubungkan ke generator untuk mengkonversi energi mekanis poros kedalam bentuk energi listrik. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap turbin vortex dengan head 1 m, debit aliran 0,12 m³/s. dalam proses pengujian akan di gunakan 3 jenis sudu, yaitu sudu lurus, sudu lengkung dan sudu lengkung bersirip. Setelah dilakukan pengujian dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi terdapat pada sudu lengkung sebesar 959,08-watt dan berikutnya sudu lengkung bersirip 714.38 watt, sedangkan daya terendah terdapat pada jenis sudu lurus 582.48 Watt. Untuk putaran yang dihasilkan dapat terlihat pada grafik dibawah Putaran tertinggi terdapat pada sudu lengkung bersirip sebesar 540,00 rpm dan berikutnya sudu lengkung 517.67 rpm, sedang kan putran terendah terdapat pada jenis sudu lurus 510.67 rpm. Untuk efisiensi masing masin sudu terhat bahwa sudu lengkung masih tertinggi dan diikuti sudu jenis lengkung bersirip, terendah sudu lurus dengan efisiensi masin masin 98 %, 73 % dan 59%.

Kata Kunci : Turbin, Sudu, Vortex, Daya, Efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Model PLTA dengan penghasil daya terkecil biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Picco-hydro (PLTPH). PLTPH adalah pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai daya dari puluhan watt sampai 5 kW. Secara teknis, PLTPH memiliki tiga komponen utama yaitu kincir air sebagai turbin, speed increaser dan generator. Potensi alam yang dapat dijadikan suatu pembangkit pikohydro adalah aliran irigasi, danau kecil, dan aliran air lainnya [1].

Banyaknya tren di masyarakat desa untuk membuat pembangkit berbasis air tanpa merubah struktur geologi dan menggunakan turbin dari bahan seadanya memicu peneliti untuk membuat metode optimasi PLTPH yang murah dan aman. Warga desa tidak membutuhkan efisiensi pada pembangkitnya karena mereka hanya ingin pembangkit sederhana yang mudah di dimanfaatkan dan di perbaiki jika terdapat masalah [2]. Seorang Peneliti dari Jerman Viktor Schauburger mengembangkan

teknologi aliran vortex (pusaran) untuk diterapkan pada pemodelan turbin air [3]. Vortisitas permukaan bebas adalah fenomena umum dan penting di bidang teknik hidrolik. Vortisitas terbentuk pada intake struktur hidrolik karena cacat desain, di mana sejumlah besar air dialirkan ke intake. Aliran ke intake ini menyebabkan pusaran dimulai pada permukaan bebas karena Gaya Coriolis. Pusaran ini berangsur-angsur meningkat, menyebabkan putaran air menjadi lebih cepat dan pada gilirannya menyebabkan tekanan di pusat pusaran berkurang. Tekanan ini berangsur-angsur berkurang hingga akhirnya berkurang di bawah tekanan atmosfer dan menyedot udara ke dalam intake dan membentuk inti udara. Jari-jari inti udara secara bertahap berkurang saat bergerak dari permukaan bebas ke intake [4]. Semua pembangkit listrik mikrohidro memiliki keunggulan tertentu satu sama lain. Namun Gravitational Water Vortex Power Plant (Gwvpp) memiliki keunggulan tertentu dibandingkan semua jenis pembangkit listrik mikrohidro lainnya seperti: Ini beroperasi pada rpm rendah dan tidak memotong aliran air alami sehingga tidak membahayakan kehidupan air dan laut [5] [6], melakukan penelitian terhadap pembangkit dengan debit besar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ dan Head 3,7 m dengan jenis sumbu poros vertikal. Pada turbin tersebut proses pembuatan sudu agak rumit dikarenakan kemiringan sudu dapat divariasikan. Instalasi turbin yang di disain permanen, memerlukan rumah turbin dan bendungan yang mengakibatkan biaya produksi tinggi. Priyanto & Ahmad [7] telah memaparkan bahwa fluida bekerja pada debit $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$, Head kotor (H) = 3,5 m dengan sumbu vertikal, berat poros sudu dan dinamo terpusat pada bantalan dengan posisi propeler berada sebelum draft tube dan transmisi daya menggunakan transmisi sabuk, pada biaya produksi cukup tinggi karena instalasi. [8] mendisain turbin jenis propeler head 2 - 10m dan debit aliran 460 l/s serta daya yang dihasilkan 5 kW, dengan sumbu vertikal, berat poros sudu dan dinamo terpusat pada bantalan, rumah turbin yang di disainnya adalah menggunakan rumah keong. Patrick & Ho-Yan [9] mendisain turbin propeler jenis, untuk head 2-meter dan debit 25 l/s dan daya 363 watt, dia melakukan penelitian khusus pada sudu turbinnya saja yang terbuat dari besi bekas, dimana hub turbin terbuat dari besi pipa sedang sudu dibuat dari besi plat yang dilas ke hub.

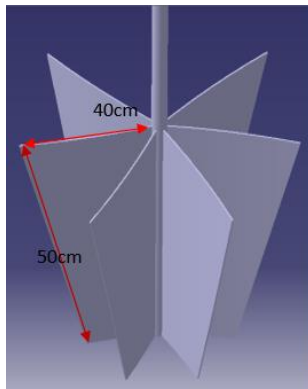
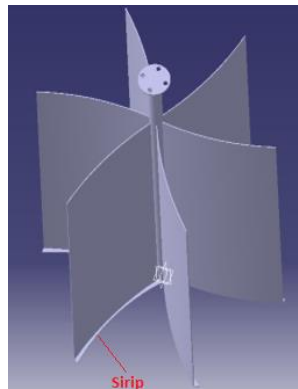
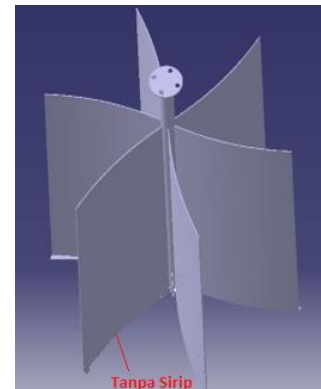
2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (eksperimental research) yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh bentuk sudu terhadap efisiensi turbin Vortex. Dalam penelitian ini ada 3 jenis sudu penelitian ini sudu dibuat berbentuk lurus, lengkung dan lengkung ditambah sirip dibagian bawah sudu seperti terlihat gambar dibawah. Ukuran lebar diameter sudu turbin vortex di variasikan $3/6 \times$ jari-jari dengan tinggi sudu 40 cm dan jumlah sudu 6 bilah.

Turbin vortex yang digunakan dengan spesifikasi seperti yang ada pada Tabel 1.

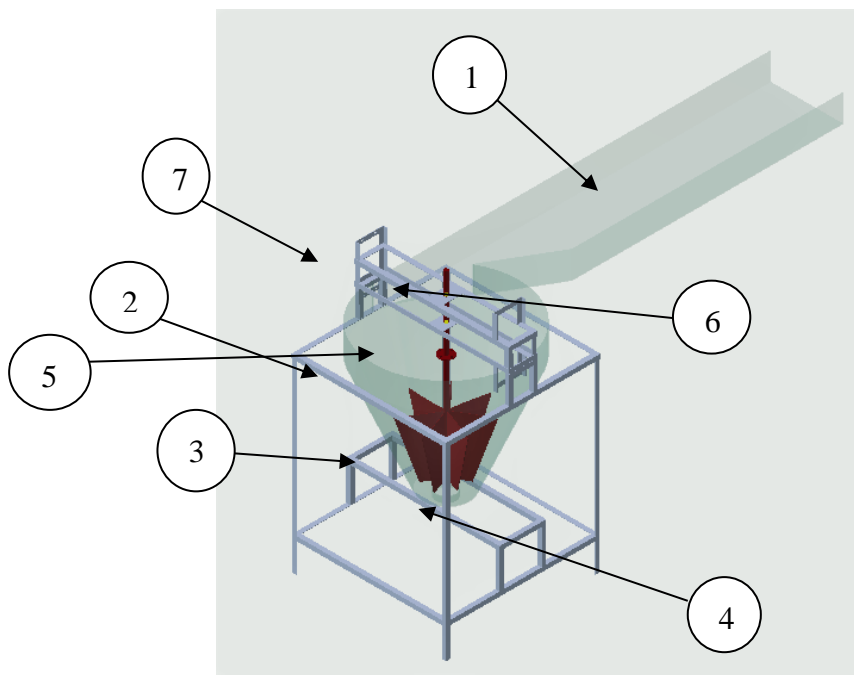
Tabel 1. Spesifikasi Turbin Vortex

No.	Parameter data desain	Nilai
1.	Head (H)	1 m
2.	Debit Air (Q)	$0,12 \text{ m}^3/\text{s}$
3.	Viskositas (ρ)	1000 kg/m^3
4.	Gravitasi (g)	$9,81 \text{ m/s}^2$
5.	Daya Turbin	1 kw
6.	asumsi efisiensi hidrolik (η_h)	0,80

**Gambar 1.** Sudu Lurus**Gambar 2.** Sudu Lengkung Dengan Sirip**Gambar 3.** Sudu Lengkung Dengan Sirip

Pada penelitian ini juga menggunakan satu unit turbin vortek seperti terlihat pada gambar dibawah ini

2.1 Skema turbin *vortex*

**Gambar 4.** Skema Turbin *Vortex*

Keterangan gambar:

1. Saluran masuk
2. Basin turbin vortex
3. Sudu
4. Saluran buang
5. Flens
6. Poros turbin
7. Dudukan generator

Alat ukur yang di pakai harus di persiapkan adalah sebagai berikut:

1) Neraca pegas digital

Neraca pegas adalah alat timbangan untuk melakukan pengukuran massa suatu benda, yang bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Neraca Pegas Digital

2) Tachometer

Tachometer adalah alat untuk mengukur kecepatan rotasi/ putaran objek, seperti putaran poros. Tachometer yang digunakan yakni tachometer tipe non kontak omron seperti gambar 6.



Gambar 6. Tachometer

2.2 Prosedur Pengujian

- 1) Pengujian dilakukan dengan menggunakan berbentuk lurus, lengkung dan lengkung ditambah sirip dibagian bawah sudu.
- 2) persiapkan alat ukur dan pastikan alat ukur dalam kondisi baik.
- 3) Buka tutup saluran pembawa, sehingga air mengalir ke basin turbin.
- 4) pengecekan pusaran dan ketinggian air di basin turbin vortex, dan pastikan air yang mengalir pada saluran masuk mengalir dengan lancar atau tidak mengalami aliran turbulen.
- 5) Mulai melakukan pengujian dan pengambilan data:
 - a. Mengukur debit air.
 - b. Megukur putaran (Rpm) pada poros turbin *Vortex* dengan menggunakan alat ukur *tachometer*.
 - c. mengukur beban dengan menggunakan neraca pegas digital.

- 6) Pengambilan data diulang sebanyak 7 kali untuk mendapatkan data pengujian yg lebih akurat.
- 7) Setelah pengujian pada turbin vortex selesai , maka dilakukan pergantian sudu sesuai dengan sudu yang akan di gunakan, kemudian lakukan pengujian kembali seperti prosedur di atas dengan variabel yang sama.

2.3 Parameter Pengujian

Pada pengujian ini yang akan diamati adalah :

- 1) Debit aliran (Q)
- 2) Putaran poros turbin (rpm)
- 3) Beban (kg) yang diberikan poros turbin
- 4) Daya hidrolik turbin, daya poros serta efisiensi turbin

2.4 Analisa Data

- 1) Menghitung kecepatan aliran

$$V = \frac{S}{t} (\text{m/s}) \quad (1)$$

Keterangan: S = Jarak tempuh (m)
 t = Waktu (s)

- 2) Menghitung debit aliran

$$Q = \frac{v}{A} (m^3/s) \quad (2)$$

Keterangan: V = Kecepatan aliran (m/s)
 A = Luas penampang aliran (m^2)

- 3) Daya hidrolik

$$P = p \cdot g \cdot h \cdot Q (\text{watt}) \quad (3)$$

Keterangan: p = Massa jenis air ($\frac{kg}{m^3}$)
 g = Gravitasi (m/s^2)
 h = Tinggi jatuh air (m)
 Q = Debit aliran (m^3/s)

- 4) Menghitung daya torsi

$$T = m \cdot g \cdot L (Nm) \quad (4)$$

Keterangan: m = Pembebanan (kg)
 g = 9,81 (m/s^2)
 L = Jari-jari turbin (m)

5) Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi.N}{60} \left(\frac{rad}{s} \right) \quad (5)$$

Keterangan: N = Putaran turbin (Rpm)

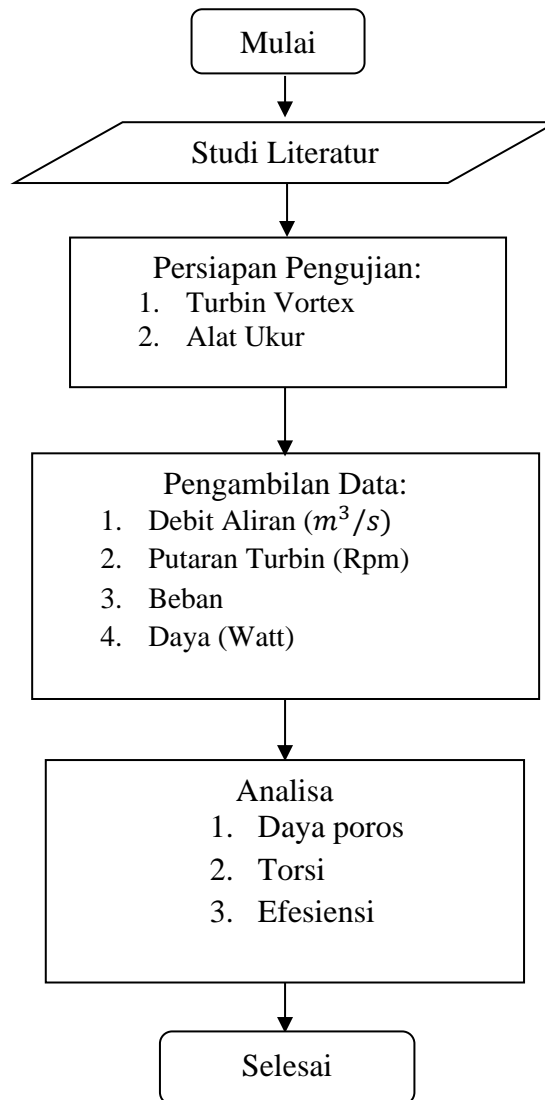
6) Daya poros

$$P_p = T \cdot \omega \text{ (watt)} \quad (6)$$

Keterangan: T = Torsi yang terjadi (Rpm)

ω = Kecepatan sudut $\left(\frac{rad}{s} \right)$

Berikut adalah diagram alir dari beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ditampilkan pada gambar.



Gambar 7. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL

Dari hasil Analisa data dapat dilihat sebagaimana di tampilkan tabel dibawah ini sesuai dengan jenis sudu yang digunakan,

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Menggunakan Sudu Lurus

Beban (kg)	Putaran (rpm)			Rerata	Torsi (N.m)	Kecepatan Sudu (rad/s)	Daya Poros (watt)	Efisiensi
	1	2	3					
20	516	513	503	510.67	2.94	53.48	157.38	16%
40	504	495	493	497.33	5.89	52.08	306.55	31%
60	423	424	431	426.00	8.83	44.61	393.87	40%
80	370	362	364	365.33	11.77	38.26	450.37	46%
100	343	351	347	347.00	14.72	36.34	534.71	55%
120	310	318	317	315.00	17.66	32.99	582.48	59%

Tabel diatas memperlihatkan bahwa sudu lurus yang digunakan pada turbin Vortex dengan pembeban minimal 20 kg daya poros 157.38-watt dengan efisiensi 16 % sedangkan pada pembebanan maksimum 120 Kg dengan daya poros 582.48-watt dengan efisiensi 59 %.

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data Menggunakan Sudu Lengkung

Beban (kg)	Putaran (rpm)			Rerata	Torsi (N.m)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Daya Poros (watt)	Efisiensi
	1	2	3					
20	314	318	321	317.67	2.94	33.27	197.90	19%
40	600	602	603	601.67	5.89	63.01	370.86	38%
60	590	595	594	593.00	8.83	62.10	548.27	56%
80	582	590	589	587.00	11.77	61.47	723.63	74%
100	567	569	565	567.00	14.72	59.38	873.72	89%
120	518	516	522	518.67	17.66	54.31	959.09	98%

Terlihatkan bahwa sudu Lengkung yang digunakan pada turbin Vortex dengan pembeban minimal 20 kg daya poros 197.90-watt dengan efisiensi 19 % sedangkan pada pembebanan maksimum 120 Kg dengan daya poros 959.09-watt dengan efisiensi 98 %.

Tabel 4. Hasil Pengolahan Data Menggunakan Sudu Lengkung Bersirip

Beban (kg)	Putaran (rpm)			Rerata	Torsi (N.m)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Daya Poros (watt)	Efisiensi
	1	2	3					
20	540	538	542	540.00	2.94	56.55	166.42	17%
40	480	481	478	479.67	5.89	50.23	295.66	30%
60	471	465	460	465.33	8.83	48.73	430.23	44%
80	449	451	450	450.00	11.77	47.12	554.74	57%
100	392	391	401	394.67	14.72	41.33	608.16	62%
120	384	387	388	386.33	17.66	40.46	714.38	73%

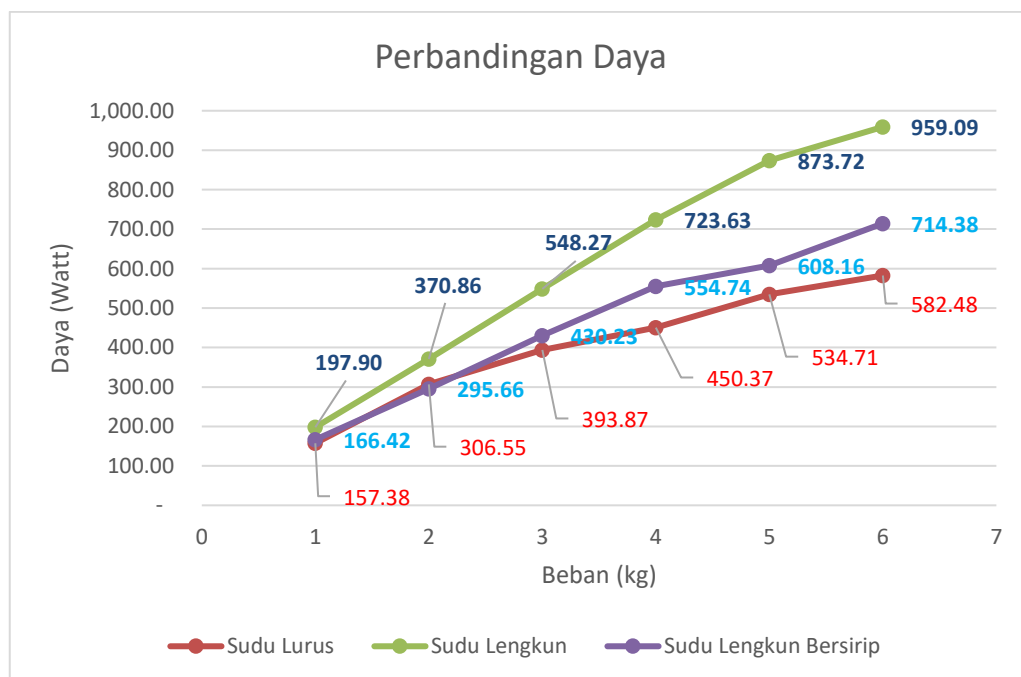
Terlihatkan bahwa sudu Lengkung yang digunakan pada turbin Vortex dengan pembebanan minimal 20 kg daya poros 166.42-watt dengan efisiensi 17 % sedangkan pada pembebanan maksimum 120 Kg dengan daya poros 714.38-watt dengan efisiensi 73 %.

3.2 PEMBAHASAN

- a) Grafik dibawah memperlihatkan bahwa daya tertinggi terdapat pada sudu lengkung sebesar 959,08 watt dan berikutnya sudu lengkung bersirip 714.38 watt, sedang kan daya terendah terdapat pada jenis sudu lurus 582.48 Watt.

Tabel 5. Tabal Daya Yang Dihasilkan

Beban (Kg)	Daya (Watt)		
	Sudu Lurus	Sudu Lengkun	Sudu Lengkun Bersirip
20	157.38	197.90	166.42
40	306.55	370.86	295.66
60	393.87	548.27	430.23
80	450.37	723.63	554.74
100	534.71	873.72	608.16
120	582.48	959.09	714.38

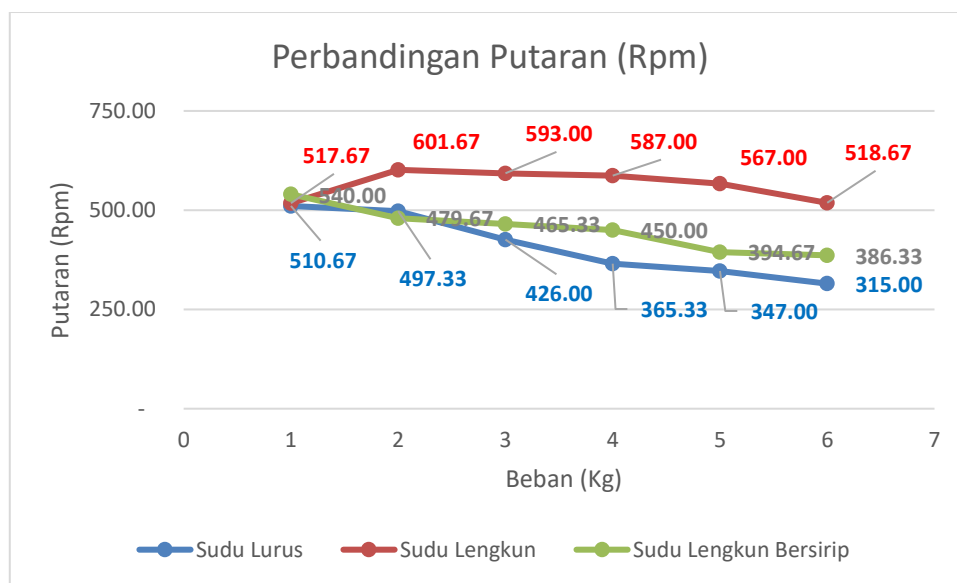


Gambar 8. Perbandingan Daya

- b) Untuk putaran yang dihasilkan dapat terlihat pada grafik dibawah, Putaran tertinggi terdapat pada sudu lengkung bersirip sebesar 540,00 rpm dan berikutnya sudu lengkung 517.67 rpm, sedang kan putran terendah terdapat pada jenis sudu lurus 510.67 rpm.

Tabel 6. Tabal Daya Yang Dihasilkan

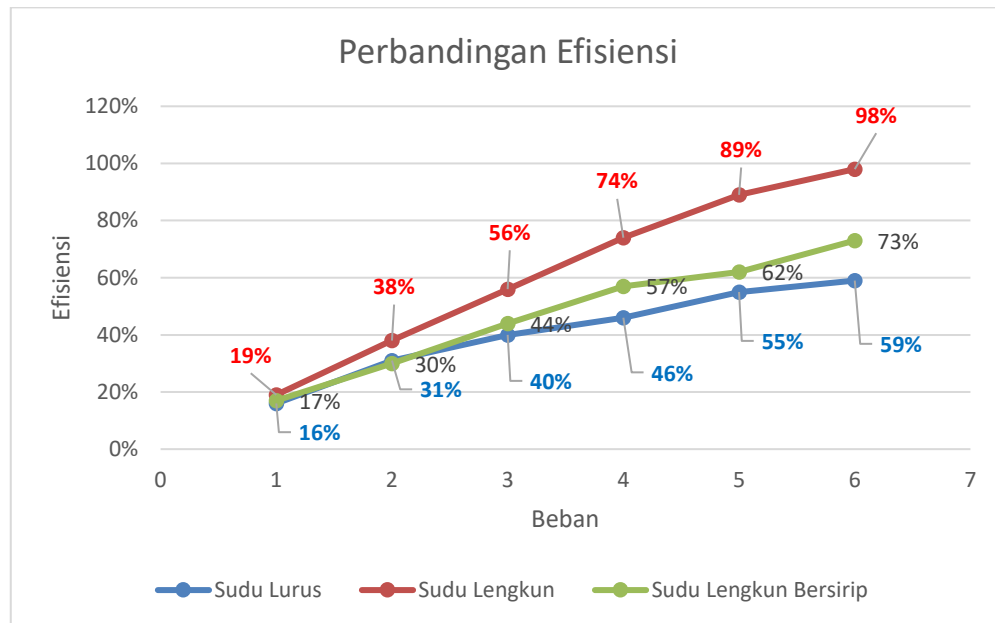
Beban (Kg)	Putaran (Rpm)		
	Sudu Lurus	Sudu Lengkun	Sudu Lengkun Bersirip
20	510.67	517.67	540.00
40	497.33	601.67	479.67
60	426.00	593.00	465.33
80	365.33	587.00	450.00
100	347.00	567.00	394.67
120	315.00	518.67	386.33

**Gambar 9.** Perbandingan Putaran (Rpm)

- c) Untuk efisiensi masing mesin sudu terhat bahwa sudu lengkung masih tertinggi dan diikuti sudu jenis lengkung bersirip, terendah sudu lurus dengan efisiensi mesin masing 98 %, 73 % dan 59%.

Tabel 7. Tabal Daya Yang Dihasilkan

Beban (Kg)	Efisiensi		
	Sudu Lurus	Sudu Lengkun	Sudu Lengkun Bersirip
20	16%	19%	17%
40	31%	38%	30%
60	40%	56%	44%
80	46%	74%	57%
100	55%	89%	62%
120	59%	98%	73%



Gambar 10. Perbandingan Efisiensi

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

- daya tertinggi terdapat pada sudu lengkung sebesar 959,08 watt dan berikutnya sudu lengkung bersirip 714,38 watt, sedang kan daya terendah terdapat pada jenis sudu lurus 582.48 Watt
- Untuk putaran yang dihasilkan dapat terlihat pada grafik dibawah, Putaran tertinggi terdapat pada sudu lengkung bersirip sebesar 540,00 rpm dan berikutnya sudu lengkung 517.67 rpm, sedang kan putran terendah terdapat pada jenis sudu lurus 510.67 rpm.
- Untuk efisiensi masing masin sudu terhat bahwa sudu lengkung masih tertinggi dan diikuti sudu jenis lengkung bersirip, terendah sudu lurus dengan efisiensi masin masin 98 %, 73 % dan 59%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Haryanto, H., Susanto, D., & Fahrizal, R. The 3rd National Conference on Industrial Electrical and Electronics (NCIEE) Proceedings, 84–93. (2014).
- [2]. Susanto, B. PLTA Karya Warga Desa Lemah Abang Aliri Fasilitas Lokasi Wisata di Sekitar Desa - Tribun Jateng. (2018).
- [3]. O B Yaakob, M Ahmed Yasser, A H Elbatran, and H M Shabara, "A Review on Micro Hydro Gravitational Vortex Power and Turbine Systems," Jurnal Teknologi, vol. 69, no. 7, pp. 1-7, 2014
- [4]. CHEN Hong-xun, MA Zheng, ZHOU Yi LI Hai-feng, "Experimental And Numerical Investigation Of Free Surface Vortex," Journal of Hydrodynamics, vol. 20, no. 4, pp. 485-491, 2008.
- [5]. M J Khan, M T Iqbal, and J E Quaicoe, "River current energy conversion systems: progress, prospects and challenges," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 12, pp. 2177-2193, 2008.

- [6]. T.J. Flaspöhler (2007). Design Of The Runner Of A Kaplan Turbine For Small Hydroelectric Power Plant, University of Applied Sciences, Mechanical engineering Department.
- [7]. Pribadyo & Ahmad [R. Pribadyo dan S. Ahmad, (2006). Perencanaan Dan Pengujian Turbin Propeller Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Head Rendah, Universitas Teuku Umar, Banda Aceh.]
- [8]. Arthur [S. Robert and W. Arthur (2011), Design Of Propeller Turbines For Pico Hydro, Nottingham, UK.]
- [9]. Patrick & Ho-Yan [B. Patrick and Ho-Yan (2012), Design Of A Low Head Pico Hydro Turbine For Rural Electrification In Cameroon, Canada