

Pengaruh Profil Sudu Turbin Terhadap Kinerja Pembangkit Listrik Pico Hydro Portable

Meidy P.Y. Kawulur¹, Silvy D. Boedi², Anritsu Polii³

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, ³ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹ meidykawulur@gmail.com

No. Hp: ¹ 085256560236

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pengaruh profil sudu terhadap kinerja pembangkit listrik pico hydro portabel dengan dua profil yang berbeda. Sebelum melakukan penelitian ini dilakukan observasi dan pengumpulan data terlebih dahulu. Pico hydro mengacu pada pembangkit listrik tenaga air berkapasitas 200-300 VA atau kurang dari 5 kVA. Pico hydro dapat dihasilkan dari putaran turbin oleh aliran air biasa dengan kemiringan tidak kurang dari satu meter. Karena batas daya yang diberikan tidak terlalu besar dan beban yang sesuai adalah untuk penerangan lampu. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kecepatan turbin dengan menggunakan profil sudu bulat dan profil sudu kotak, mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan profil sudu bulat dan profil sudu kotak, mengetahui profil sudu mana yang baik di gunakan oleh turbin pelton. Parameter rancangan yang mempengaruhi turbin pembangkit listrik picohydro (PLTPH) adalah profil sudu, jumlah sudu, elevasi aliran, rpm, posisi nozzle, dan sudut nozzle. Profil sudu turbin yang digunakan adalah bentuk sudu bulat dan bentuk kotak. Penulis hendak mengamati pengaruh profil sudu terhadap rpm, sebab air yang jatuh ke dalam sudu turbin menggunakan pompa yang debitnya tetap. Dari hasil penelitian, perhitungan dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan tertinggi terdapat pada sudu bulat dengan nozzle 4 mm yaitu 681,2 arus 0,2933 amper dan tegangan 4 volt.

Kata Kunci – Bilah Turbin, Pembangkit Listrik, Pico Hidro Portabel

The Effect of Turbine Blade Profile on the Performance of Pico Hydro Portable Power Plants

Abstract

This study discusses the effect of the blade profile on the performance of portable picohydro power plants with two different profiles. Before conducting this research, observation and data collection were carried out first. Picohydro refers to hydroelectric power generation with a capacity of 200-300 VA or less than 5 kVA. Picohydro can be delivered from a turbine that is pivoted by regular water stream at an incline of no less than one meter. Since the power limit delivered isn't excessively enormous and the suitable burden is for lighting the light. The purpose of this study is to determine the speed of the turbine by using a round blade profile and a square blade profile, to find out the current and voltage produced by a round blade profile and a square blade profile, to find out which blade profile is good for use by Pelton turbines. The design parameters that affect the picohydro power plant turbine (PLTPH) are the blade profile, number of blades, flow elevation, rpm, nozzle angle, and nozzle position. In this study the turbine blade profile used is a round

blade shape and a square shape. In the initial research the author wanted to see if the blade profile had an effect on the rpm, because the water that fell into the turbine blades used a pump with a fixed discharge. From the research results of calculations and discussion, it can be concluded that the highest speed is found on a circular blade with a 4 mm nozzle, namely 681.2, a current of 0.2933 amperes and a voltage of 4 volts

Keywords – Turbine Blades, Power Plants, Pico Hydro Portable.

PENDAHULUAN

Perkembangan yang cepat dan kemajuan inovasi mempengaruhi meningkatnya kebutuhan akan sumber energi kelistrikan. Listrik memiliki peran yang dianggap oleh masyarakat di seluruh dunia sebagai kebutuhan mendasar. Banyak desa di Indonesia yang masih kekurangan listrik, lebih khusus di daerah terpencil. Permasalahan terkait listrik ini mengemuka karena beberapa alasan, antara lain sulitnya akses masuk ke kota dan biaya pembangunan listrik yang sangat tinggi. [1]

Indonesia dianggap sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam, untuk selanjutnya dimanfaatkan sebagai alternatif menghasilkan energi listrik. Hal ini ditunjukkan melalui wilayah geologi Indonesia yang dikelilingi oleh pulau-pulau dan lautan dengan sumber daya air yang melimpah.

Energi air berasal dari kekuatan aliran air yang dimanfaatkan guna memutar turbin yang terhubung ke generator. Air sebagai sumber energi yang tersedia di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA) skala kecil maupun skala besar misalnya *pico-hydro*, *micro hydro*, dan *mini hydro*.

Pico hydro mengacu pada pembangkit listrik tenaga air berkapasitas 200-300 VA atau kurang dari 5 kVA. *Pico hydro* dihasilkan dari putaran turbin aliran air biasa dengan kemiringan tidak kurang dari satu meter. Karena batas daya yang diberikan tidak terlalu besar dan pada beban yang sesuai adalah untuk kebutuhan penerangan lampu. [2]

Diperlukan jumlah air yang konstan untuk memutar turbin air agar putaran generator menjadi konstan. Semakin besar aliran air yang memutar turbin maka semakin besar pula tenaga mesin yang dihasilkan sehingga semakin besar pula tenaga yang diperoleh. [3]

Batasan rencana yang berdampak pada turbin pembangkit listrik tenaga *pico hydro* (PLTPH) adalah profil sudu, jumlah sudu, kenaikan aliran, rpm, titik semburan, dan posisi semburan. Pada pengujian ini, profil sudu turbin yang digunakan adalah bentuk sudu bulat dan persegi. Pada pengujian awal, penulis hendak mengamati pengaruh profil sudu terhadap rpm, sebab air yang jatuh ke dalam sudu turbin menggunakan siphon dengan laju aliran stabil.

Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan suatu jenis perubahan tenaga air dalam kadar dan pelepasan spesifik untuk menghasilkan tenaga listrik memanfaatkan turbin air dan generator. [6]

Daya (*power*) keluaran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

- P = daya keluaran (Watt)
- ρ = massa jenis air (kg/m^3)
- Q = debit air (m^3/s)
- h = ketinggian efektif (m)
- g = gaya gravitasi (m/s^2)

Dari persamaan di atas, daya keluaran adalah hasil perkalian kali dari massa jenis air, debit air, ketinggian jatuh air dan gravitasi.

Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Piko (PLTPH)

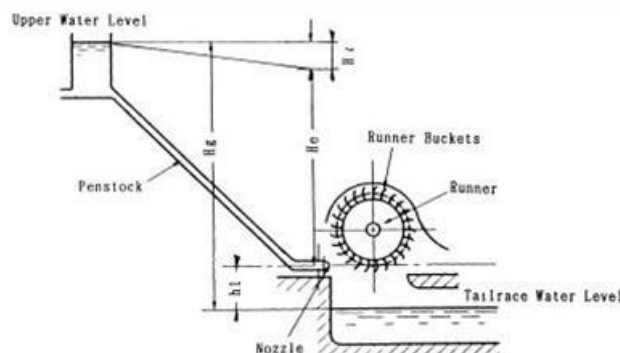
Perbedaan ketinggian efektif dan debit air yang dialirkan per detik di sungai, air terjun, atau saluran irigasi dimanfaatkan oleh pembangkit listrik skala *pico* maupun *micro*. Aliran air ini akan memutar poros turbin untuk menyalurkan energi mekanik. Energi ini kemudian menggerakkan generator dan menghasilkan tenaga. [4]

Yang membedakan antara pembangkit listrik tenaga *pico hydro* dan mikrohidro bergantung pada kekuatan paling ekstrim yang dihasilkan.

Keluaran hasil pembangkitan listrik tenaga air dapat diklasifikasikan seperti berikut:

- a. *Large-hydro*: > 100 MW
- b. *Medium-hydro*: 15-100 MW
- c. *Small-hydro*: 1-15 MW
- d. *Mini-hydro*: 100 kW-1 MW
- e. *Micro-hydro*: 5-100 kW
- f. *Pico-hydro*: < 5 kW

Pembangkit listrik tenaga air skala *pico* pada tingkatan dasar menggunakan perbedaan tingkat dan berapa banyak air yang dilepaskan setiap detik dalam saluran irigasi, sungai, atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin untuk menyalurkan energi mekanik. Generator kemudian digerakkan oleh energi ini, dan listrik dihasilkan oleh generator.



Gambar 1. Pemrosesan PLTA berskala *pico*

Besar jumlah air yang mengalir melalui pipa pesat diatur pada pintu pengatur. Proses ini membuat turbin berputar karena terpengaruh energi potensial air yang ada di dalam pipa pesat dan menyentuh sudu-sudu turbin. Selanjutnya putaran diteruskan melalui poros atau *pulley* ke generator sehingga generator menghasilkan daya listrik. Besar daya listrik sebelum masuk ke dalam turbin dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$P_{\text{in turbin}} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \dots\dots\dots (2)$$

Sebaliknya besar daya keluaran turbin, yakni:

$$P_{\text{out turbin}} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{\text{turbin}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$P_{\text{in turbin}}$ = daya masuk ke turbin (kW)

$P_{\text{out turbin}}$ = daya keluar dari turbin (kW)

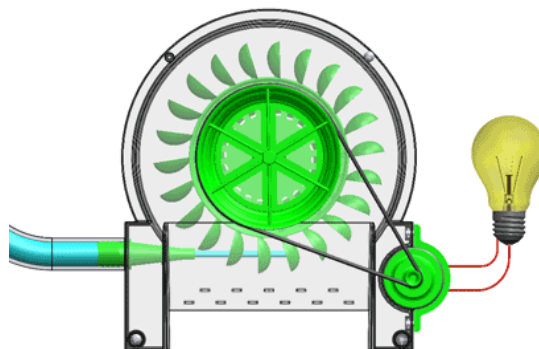
ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

Q = debit air (m^3/s)

Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan sekumpulan sudu jalan yang diputar oleh percikan air dari setidaknya satu alat *nozle*. Turbin Pelton merupakan turbin yang sangat cocok untuk menangani head yang tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri atas dua bagian simetris. Sudu ditata sedemikian rupa agar aliran air akan menyentuh bagian tengah dari sudu dan percikan air yang terjadi akan berputar dalam dua arah sehingga dapat memutar percikan air dengan tepat dan membebaskan sudu dari kekuatan samping sehingga energi kinetik berubah menjadi energi mekanis. [7]

Turbin Pelton atau turbin impuls yang mana satu atau lebih percikan air akan menumbuk roda yang memiliki sejumlah mangkok.



Gambar 2. Turbin Pelton

Bentuk Sudu Turbin

Berdasarkan hasil penelitian Akbar (2016), bentuk sudu yang baik dapat meningkatkan efisiensi turbin. Sudu mangkok adalah sudu yang sisinya dibentuk melengkung dan memiliki sisi samping yang berfungsi untuk menahan aliran air.

Bahan Komposit (*Fiber Reinforced Plastic*)

Bahan komposit memiliki arti sebagai campuran setidaknya dua bahan yang bentuknya berbeda, susunan sintetikanya, dan tidak hancur satu sama lain. Terdiri dari setidaknya dua bahan berbeda yang menyusun keseluruhan. Bahan ini merupakan suatu kesatuan yang mana salah satu kemampuan material sebagai penopang sedangkan satunya lagi memiliki kemampuan material sebagai pengikat untuk menjaga kekompakan komponen-komponennya, [5].

Komposit merupakan bahan persilangan yang terbuat dari getah polimer yang didukung dengan filamen, penggabungan dari sifat mekanik dan sifat sebenarnya. Serat pengisi dan matriks, yang berfungsi sebagai zat pengikat serat ini, biasanya merupakan dua komponen pembentuk material komposit. Bahan serat yang digunakan adalah bahan padat, kuat dan rapuh, sedangkan bahan rangka dipilih dari bahan kuat, halus dan tahan terhadap perlakuan bahan. Umumnya komposit terdiri dari dua tahap, yaitu: jaringan/penguat dalam pembuatan komposit, dan pendukung atau serat/filler. Bagian utama dari komposit antara lain mendukung kemampuan sebagai pengangkut beban dasar untuk komposit.

METODOLOGI PENELITIAN

Deskripsi Penelitian

Penelitian ini merupakan cara untuk menerapkan ilmu pengetahuan dan juga teknologi guna untuk meneliti sumber daya alam yang melimpah berupa air agar dapat dimanfaatkan dalam pembangkit listrik yang ramah lingkungan, dan dapat menjangkau daerah terpencil yang tidak bisa dijangkau oleh PLN.

Penelitian ini menggunakan aliran air yang dihisap oleh pompa dari bak penampungan kemudian diteruskan oleh *nozzle* sehingga air yang keluar akan menumbuk sudu-sudu turbin yang memicu perputaran turbin. Turbin Pelton juga disebut turbin motivasi atau turbin terbang bebas dikarenakan tekanan air keluar dari *nozzle* setara dengan tekanan iklim. Seluruh energi geodetik dan tekanan diubah menjadi kecepatan keluar *nozzle* di instalasi turbin ini.

Energi kinetik adalah jenis energi yang termasuk ke roda jalan. Ketika melewati roda turbin, tenaga motor diubah menjadi kerja poros dan sebagian tenaga dialirkan sedangkan sebagiannya lagi dipakai untuk melawan gesekan permukaan sudu turbin. Pada penelitian ini digunakan 2 macam profil sudu yaitu profil sudu bulat dan profil sudu kotak.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang penentuan nilainya bersifat bebas, adapun variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah profil sudu bulat dan profil sudu kotak.

Variabel Terikat

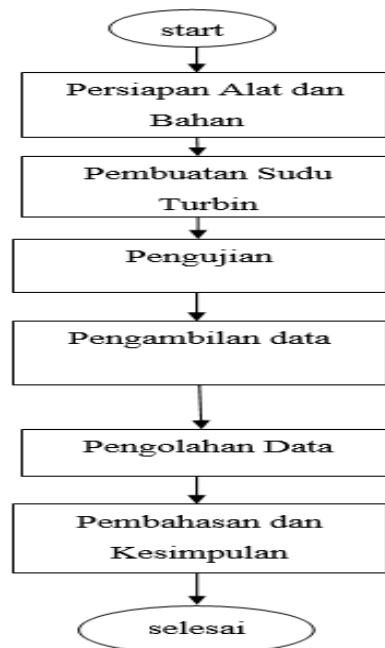
Variabel terikat adalah variabel yang muncul atau terjadi dan berubah disebabkan pengaruh dari variabel bebas. Variabel yang diamati yaitu: Diameter *nozzle* 4 mm, 9 mm, dan 12 mm.

Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang dipertahankan nilainya (dikontrol).
Variabel yang diamati adalah:

1. Arus dan tegangan
2. Kecepatan turbin
3. Torsi tubin

Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Adapun data penelitian yang didapatkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Penelitian

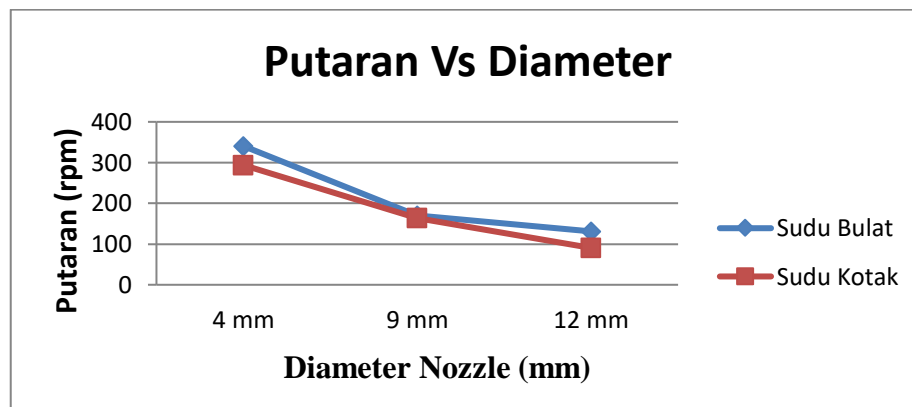
No	Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Putaran (rpm)		Arus (A)	Tegangan (V)
			Turbin	Generator		
1	Bulat	4	340,6	681,2	0,2933	4
		9	170,1	340,2	0,1512	2,6
		12	131,0	262,0	0,0895	2,0
2	Kotak	4	293,8	587,6	0,2574	3,8
		9	164,3	328,6	0,1518	2,6
		12	90,4	180,8	0,0854	1,7

Hasil Pengukuran Putaran Turbin

Tabel 2, menunjukkan bahwa putaran turbin pada diameter *nozzle* 4 mm sudu bulat mencapai putaran 340,6 rpm, sudu kotak mencapai 293,8 rpm. Pada diameter *nozzle* 9mm, sudu bulat mencapai putaran 170,1 rpm, sudu kotak mencapai 164,3. Pada sudu *nozzle* 12 mm kecepatan sudu bulat adalah 131 rpm, sudu kotak sebesar 90,4 rpm.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Putaran Turbin

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Putaran (rpm)
Bulat	4	340,6
	9	170,1
	12	131
Kotak	4	293
	9	164,3
	12	90,4



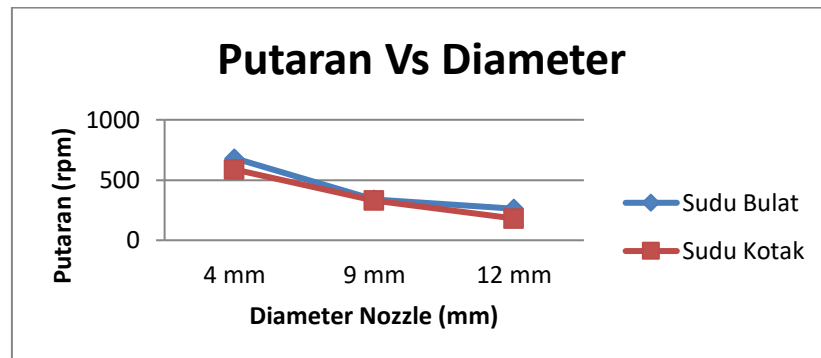
Gambar 1 Grafik Kecepatan Putar Turbin Terhadap Diameter *Nozzle*

Hasil Pengukuran Putaran Motor DC

Tabel 3, memperlihatkan hasil pengukuran putaran motor DC pada diameter *nozzle* 4 mm sudu bulat mencapai putaran 681,2 rpm, sudu kotak mencapai 587,6 rpm. Pada diameter *nozzle* 9mm, sudu bulat mencapai putaran 340,2 rpm, sudu kotak mencapai 328,6. Pada sudu *nozzle* 12 mm kecepatan sudu bulat adalah 262.0 rpm, sudu kotak sebesar 180.0 rpm.

Tabel 3. Data Pengukuran Putaran Motor DC

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Putaran (rpm)
Bulat	4	681,2
	9	340,2
	12	262,0
Kotak	4	587,6
	9	328,6
	12	180,0



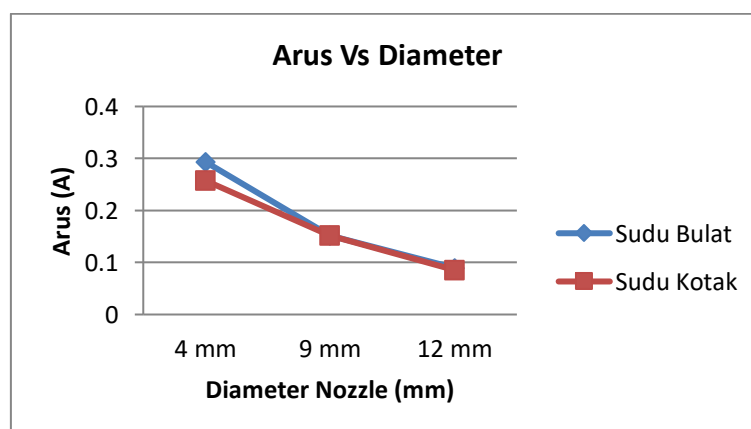
Gambar 2 Grafik Kecepatan Putaran Generator DC Terhadap Diameter *Nozzle*.

Hasil Pengukuran Arus

Hasil pengukuran arus ditunjukkan pada table 4, pada diameter *nozzle* 4 sudu bulat menghasilkan arus 0,2933 A sudu kotak sebesar 0,2574, pada *nozzle* 9 mm sudu bulat menghasilkan arus 0,1512 A, sudu kotak 0,1518 A, *nozzle* 12 mm sudu bulat 0,0895 A, sudu kotak 0,0854 A.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Arus

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Arus (A)
Bulat	4	0,2933
	9	0,1512
	12	0,0895
Kotak	4	0,2574
	9	0,1518
	12	0,0854



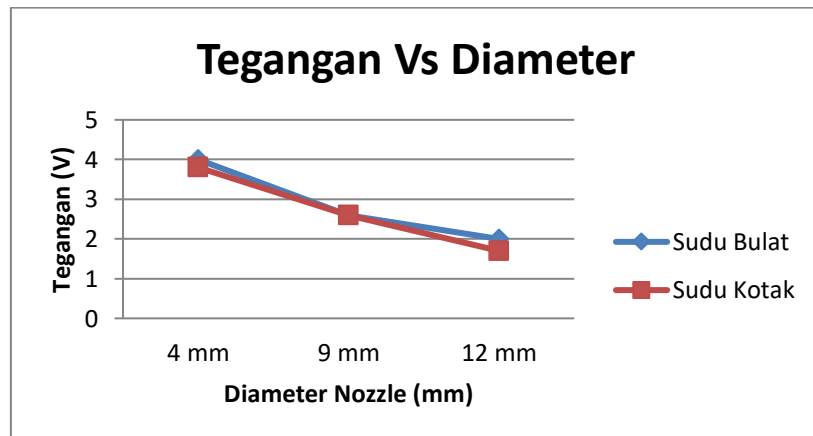
Gambar 3. Grafik Arus Terhadap Diameter *Nozzle*

Hasil Pengukuran Tegangan

Hasil pengukuran tegangan diperlihatkan pada tabel 5, pada diameter *nozzle* 4 sudu bulat menghasilkan tegangan sebesar 4 V sudu kotak sebesar 3,8 V, pada *nozzle* 9 mm sudu bulat menghasilkan tegangan 2,6 V, sudu kotak 2,6 V, *nozzle* 12 mm sudu bulat 2 V, sudu kotak 1,7 V.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Tegangan

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Tegangan (V)
Bulat	4	4
	9	2,6
	12	2
Kotak	4	3,8
	9	2,6
	12	1,7



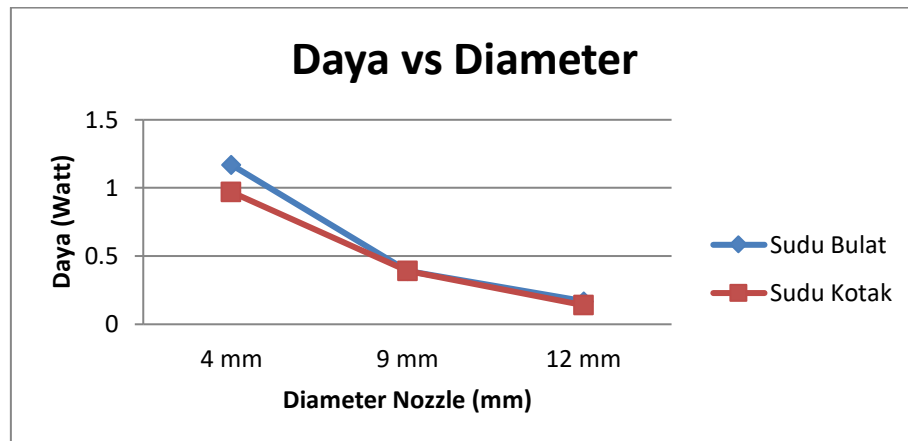
Gambar 4.4 Grafik Tegangan Terhadap Diameter *Nozzle*

Hasil Perhitungan Daya

Table 6 memperlihatkan hasil perhitungan daya pada masing-masing sudu, pada diameter *nozzle* 4 mm sudu bulat menghasilkan daya sebesar 1,17 Watt sudu kotak sebesar 0,97 Watt, pada *nozzle* 9 mm sudu bulat mengeluarkan Daya 0,39 Watt, sudu kotak 0,39 Watt, *nozzle* 12 mm sudu bulat 0,17 Watt, sudu kotak 0,14 Watt.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Daya

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Daya (Watt)
Bulat	4	1.17
	9	0.39
	12	0.17
Kotak	4	0.97
	9	0.39
	12	0.14



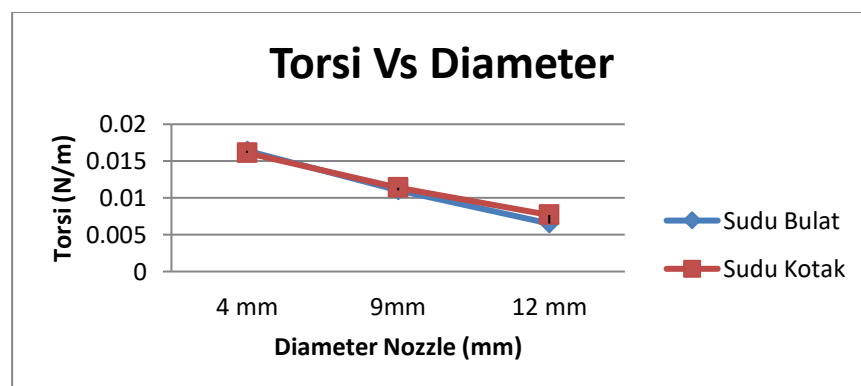
Gambar 5 Grafik Daya Terhadap Diameter *Nozzle*

Hasil Perhitungan Torsi

Tabel 7 memperlihatkan hasil perhitungan Torsi pada masing-masing sudu pada diameter *nozzle* 4 sudu bulat menghasilkan torsi sebesar 0,0164 Nm, sudu kotak sebesar 0,0161 Nm, pada *nozzle* 9 mm sudu bulat menghasilkan torsi sebesar 0,0110 Nm, sudu kotak 0,0114 Nm, *nozzle* 12 mm sudu bulat sebesar 0,00652 Nm, sudu kotak 0,00767 Nm.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Torsi

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Torsi (Nm)
Bulat	4	0,0164
	9	0,0110
	12	0,00652
Kotak	4	0,0161
	9	0,0114
	12	0,00767



Gambar 6 Grafik Torsi Terhadap Diameter *Nozzle*

Tabel 7 Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Masing-Masing Profil Sudu

Profil Sudu	Diameter <i>Nozzle</i> (mm)	Putaran (rpm)		Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (Watt)	Torsi (Nm)
		Turbin	Motor DC				
Bulat	4	340.6	681.2	0.2933	4	1.17	0.0164
	9	170.1	340.2	0.1512	2.6	0.39	0.0110
	12	131.0	262.0	0.0895	2.0	0.17	0.00652
Kotak	4	293.8	587.6	0.257.4	3.8	0.97	0.0161
	9	164.3	328.6	0.1518	2.6	0.39	0.0114
	12	90.4	180.8	0.0854	1.7	0.14	0.00767

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil yang didapatkan maka dapat disimpulkan:

1. Pengukuran diameter *nozzle* 4 mm, 9 mm, 12 mm maka didapatkan rpm maksimum turbin model sudu bulat masing-masing adalah: Rpm Turbin profil sudu bulat = 340,6 rpm. Generator, sudu bulat = 681,2. Berdasarkan pengukuran profil maka sudu bulat adalah sudu turbin yang lebih baik.
2. Kedua profil sudu turbin tersebut diperoleh data bahwa arus dan tegangan yang paling tinggi terdapat pada sudu bulat pada diameter *nozzle* 4 mm dengan arus sebesar 0,2933 A dan tegangan 4 V.
3. Hasil penelitian ini profil sudu yang paling baik adalah profil sudu bulat karena profil sudu bulat menghasilkan rpm, arus, tegangan, daya dan torsi yang baik. Sudu bulat memiliki dimensi yang baik, sehingga air lebih mudah dikeluarkan oleh sudu bulat.

SARAN

1. Perlu adanya penggantian pompa yang debit airnya lebih tinggi agar *output* yang dihasilkan lebih besar.
2. Perlu adanya penggantian *runner* dengan diameter yang lebih kecil agar putaran lebih cepat.
3. Perlu penelitian lebih lanjut terkait peningkatan kinerja pembangkit listrik *picohydro*

REFERENSI

- [1] Alipan 1, N. Y. (2018). *Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro Dengan Memanfaatkan Alternator Untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak*. *Jurnal Edukasi Elektro*, , 1-12.

- [2] Bustami^{1*}, A. M. (2017). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pico Hydro 1000 Va Dengan Memanfaatkan Pembuangan Air Limbah Pada Gedung Pakarti Centre*. *jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek* , 1-12.
- [3] Christiawan¹, D. (2017). Studi Analisis Pengaruh Model Sudu Turbin Terhadap Putaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 02* , 8.
- [4] Odi., 2016. “*Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Untuk Modul Praktikum Di Laboratorium Konversi*”, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak
- [5] Siregar(2016). *KOMPOSIT FIBER REINFORCED PLASTIC SEBAGAI MATERIAL*. *BINA TEKNIKA, Volume 12 Nomor 2, Edisi Desember 2016*, 261-266 , 6.
- [6] Sunardi., 2017. “*Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pico hydro*”, Tugas Akhir Ahli Madya Teknik, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [7] Yani., 2017. “*Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Yang Dihasilkan*”, Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro Turbo Vol. 6 No. 1.