

Studi Analisis Pengaruh Perubahan Posisi Nozzle Terhadap Pout Pada Prototipe PLTMH

K. Daniel Kristama Vika¹, Antonius Ibi Weiking², Lie Jasa³

Abstract—Renewable sources of energy by utilizing water resources, more specifically is PLTMH (Micro-Hydro power plants) to be an excellent choice for potential to be developed in order to overcome the scarcity of energy. For ease in learning about PLTMH then use PLTMH prototype by designing the nozzle position on the corner of 0°, 15°, 30°, 45°, 60° and 75° to measurements, using three types of turbine vanes, on the position of the nozzle at an angle of 60° produces round generator and turbine rotation. The position of the nozzle at an angle of 60°, a model turbine vanes are recommended to be used is semicircular vanes model because the model in the position and the power-generating turbine vanes most large.

Intisari—Sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan sumber daya air, lebih khusus lagi adalah PLTMH (Pembangkit Tenaga Mikro Hidro) menjadi pilihan yang sangat potensial untuk dikembangkan guna mengatasi kelangkaan energi. Untuk mempermudah dalam melakukan pembelajaran mengenai PLTMH maka digunakan prototipe PLTMH dalam penelitian ini, dengan mendesain posisi nozzle di sudut 0°, 15°, 30°, 45°, 60° dan 75° untuk setiap pengukuran, dengan menggunakan tiga macam jenis sudu turbin, Pada posisi nozzle di sudut 60° menghasilkan putaran generator dan putaran turbin paling tinggi. Posisi nozzle di sudut 60°, model sudu yang disarankan untuk digunakan adalah model sudu setengah lingkaran karena pada posisi dan model sudu tersebut menghasilkan daya paling besar.

Kata Kunci— PLTMH, Efisiensi, Nozzle.

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia berada di daerah ber-iklim tropis hanya mengenal dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pada saat musim hujan aliran sungai melimpah sampai mengakibatkan banjir, sebaliknya pada musim kemarau air sungai mengecil hingga sampai kering. Aliran sungai yang melimpah dimusim hujan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi tenaga air [1]. Dikembangkan sumber energi air sebagai upaya memenuhi pasokan listrik dari ketergantungan pembangkit listrik terhadap sumber energi seperti minyak solar, gas alam dan batubara yang hampir mencapai 75% [2].

Energi tenaga air merupakan energi yang berasal dari aliran air yang digunakan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator sehingga menghasilkan energi

listrik. Untuk memutar turbin diperlukan air dalam jumlah konstan sehingga tegangan yang dihasilkan dari putaran turbin yang memutar generator juga konstan [3]. Parameter desain yang mempengaruhi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah jumlah sudu, bentuk sudu, diameter turbin, rpm, lebar turbin, sudut nozzle, dan posisi nozzle [4].

Pada penelitian ini model sudu yang digunakan adalah model sudu setengah lingkaran dengan jumlah 16 sudu, model sudu sirip dan segitiga dengan jumlah 8 sudu, dengan mengatur titik jatuh air terhadap turbin. Posisi nozzle yang diteliti ada di titik sudut 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, dan 75°. Dalam penelitian ini penulis ingin melihat apakah posisi nozzle berpengaruh pada rpm sebagai penghasil tegangan pada generator.

II. PROTOTIPE PLTMH

A. Potensi Air

Aliran air mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, sehingga pusat-pusat tenaga air dibangun di sungai dan daerah pegunungan. [8]

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (1)$$

P = Daya (W)

ρ = Kerapatan Air (1000 kg/m³)

Q = Debit Air (m³/s)

g = Gravitasi Bumi (9,81 m/s²)

H = Ketinggian Jatuh Air (m)

Setelah diperoleh daya, dapat diketahui efisiensi dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2)$$

Dimana :

η = Efisiensi

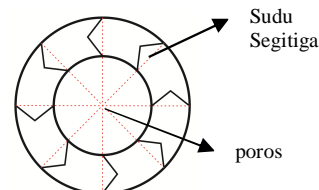
P_{in} = Daya Kincir (W)

P_{out} = Daya Generator (W)

B. Macam-macam Parameter Sudu Turbin

1. Sudu Turbin Segitiga

Dalam penelitian ini jumlah sudu dirancang sebanyak 8 buah berbentuk segitiga yang melekat di tepi roda. Dalam menentukan jumlah sudu turbin tetap dipertimbangkan dari jari-jari turbin bagian luar karena jarak antara sudu dihitung berdasarkan keliling lingkaran luar dibagi dengan jumlah sudu (N) [1].



Gambar 1: Sudu Turbin Sgitiga

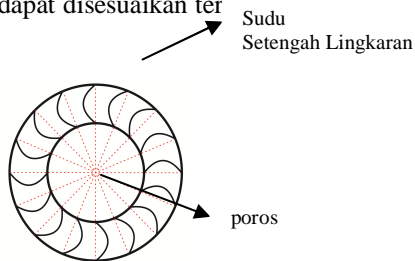
¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jl. Beringin, No.8, Br. Pegendin, Dalung, Kuta Utara, Badung (80361) (telp: 0361-9002171/085739172368); e-mail: daniel_kristama@yahoo.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-4321)



2. Sudu Turbin Setengah Lingkaran

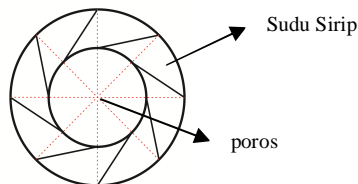
Bentuk sudu dalam penelitian ini adalah bulat untuk mengarahkan pancaran air kedalam sudu. Air akan mendorong sudu pada bagian tepi roda, mengalir diatas sudu, keluar meninggalkan sudu, melewati ruang kosong pada bagian dalam roda, selanjutnya memasuki sudu di sisi bagian dalam roda, dan akhirnya keluar meninggalkan roda. Oleh karena itu, sebuah pancaran air (jet) dalam roda pada dasarnya radial, diameter roda praktis tetap dari dampak jumlah air, dan luasan roda yang diinginkan dapat disesuaikan ter volume air [1].



Gambar 2: Sudu Turbin Setengah Lingkaran

3. Sudu Turbin Sirip

Turbin sudu sirip adalah turbin air yang memiliki sudu-sudu berbentuk sirip yang dipasang pada bagian tepi dari pinggiran roda. Air yang mengalir melalui pipa pesat (penstock) akan mengisi sudu-sudu yang menyebabkan turbin berputar [1].



Gambar 3: Sudu Turbin Sirip

C. Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah dalam hal ini air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran didalam pipa, energi potensial tersebut berangsur-angsur berubah menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin. Roda turbin dihubungkan dengan generator yang merubah energi mekanis (gerak) menjadi energi kinetik (listrik) [6]

D. Daya Turbin

Sebagaimana diketahui dari ilmu fisika, setiap benda yang ada di atas permukaan bumi mempunyai energy potensial yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E = m.g.h \quad (3)$$

Dimana E adalah energy potensial, m adalah massa, g adalah percepatan grafitasi, dan h adalah tinggi relative terhadap permukaan bumi.

Dari persamaan 1 dapat ditulis:

$$dE = dm.g.h$$

dimana dE adalah energi yang dibangkitkan oleh elemen masa dm yang melalui jarak h, bilamana didefinisikan Q sebagai debit air menurut rumus berikut:

$$Q = dm/dt$$

Dengan q adalah debit air, dm adalah elemen masa air dan dt adalah elemen waktu, maka dapat ditulis:

$$P = dE/dt$$

$$P = dm/dt.g.h$$

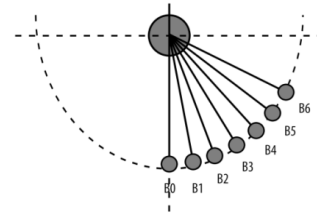
$$P = Q.g.h \quad (4)$$

Daya yang dihasilkan turbin dihitung dengan menggunakan persamaan 2 [5].

E. Arah Sudu Nozzle.

Panjang dari lengan nozzle harus lebih besar dari jari-jari roda sehingga nozzle selalu berada diluar dari roda. Sudut α adalah sudut yang terbentuk antara lengan nozzle dengan nozzle. Besarnya α di buat antara 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , dan 30° , bertujuan untuk membandingkan besaran rpm yang dihasilkan pada setiap sudut nozzle. Pada sudut 35° dan 40° air sudah tidak mengenai sudu turbin. Range sudut $\alpha < 90^\circ$, dengan arah ditunjukkan pada sudu, seperti terlihat pada gambar 4 [4].

POSISI NOZZEL							
SIMBOL	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6
ANGEL (0)	0	5	10	15	20	25	30



Gambar 4: Arah Sudu Nozzle

F. Aliran Air

Aliran air mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air dibangun di sungai dan daerah pegunungan. Dengan menggunakan pipa, air tersebut dialirkan ke rumah pusat tenaga dengan tingkat kemiringan yang efektif untuk memutar turbin yang dihubungkan ke generator. Diperlukan jumlah air yang konstan untuk memutar turbin air, sehingga putaran generator juga konstan [9].

G. Generator

Generator dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC yang menghasilkan arus bolak balik dan Generator DC yang menghasilkan arus searah. Arus DC dan AC dapat digunakan untuk penerangan dan alat-alat pemanas [7].

III. METODE PENELITIAN

Dapat dilihat pada gambar 5:

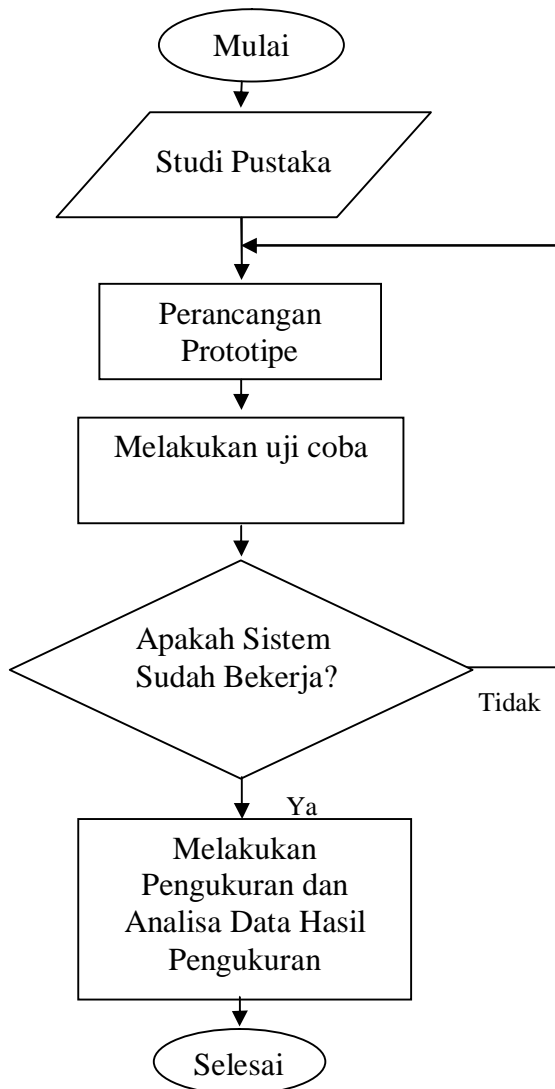
a. Studi Pustaka

Mencari referensi-referensi atau buku tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Selanjutnya mencari jurnal-jurnal dan artikel tentang kinerja turbin.

b. Perancangan Prototipe

Perancangan pada prototipe ini meliputi perancangan posisi *nozzle* terhadap kincir sesuai parameter. dengan menggunakan volume box 330 liter, ketinggian jatuh air 0,4 meter, panjang pipa 160 cm, dan diameter pia $\frac{3}{4}$ dan 1 dim,

untuk pompa yang digunakan menghasilkan debit (Q) sebesar 10 – 28 lt/min atau 0,16 – 0,46 lt/s. posisi *nozzle* yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu: posisi *nozzle* ada di sudut 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , dan 75° .



Gambar 5: Alur Penelitian

c. Melakukan Uji Coba

Melakukan uji coba terhadap hasil desain dari perubahan posisi *nozzle* dan model sudu

d. Pengukuran dan Analisa Data Hasil Pengukuran.

Pengukuran pada penelitian ini dengan cara merubah posisi *nozzle* atau jatuhnya air, yaitu ada di $\angle 0^{\circ}$, $\angle 15^{\circ}$, $\angle 30^{\circ}$, $\angle 45^{\circ}$, $\angle 60^{\circ}$, dan $\angle 75^{\circ}$ untuk pengambilan data dari ketiga jenis turbin. Parameter yang akan diukur meliputi: debit air, tekanan air, Putaran turbin, putaran generator, tegangan, arus, daya generator, dan efisiensi. Untuk mengukur tegangan, arus, dan daya output dilakukan pengukuran tanpa beban dan dengan beban 3,6 watt.



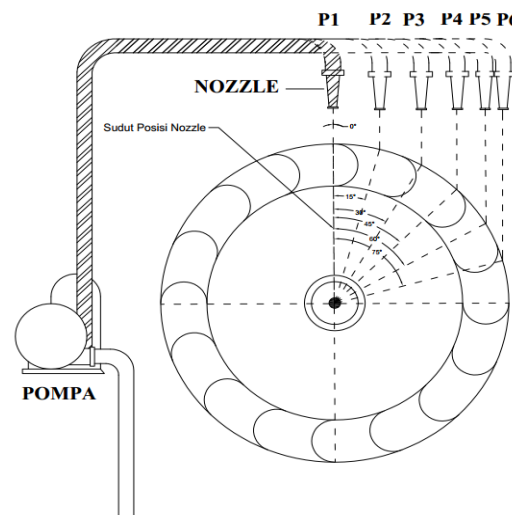
Gambar 6: Pengambilan data RPM

Dapat dilihat pada gambar diatas pengambilan data RPM pada kincir dengan menggunakan alat ukur tachometer, pengambilan data ini dilakukan secara berulang sesuai dengan parameter penelitian yang diteliti.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.

A. DESAIN POSISI NOZZLE

Posisi *nozzle* pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini sangat berpengaruh terhadap nilai dari parameter-parameter yang diukur. Berikut adalah gambaran posisi *nozzle* terhadap jatuhnya air ke kincir.



Gambar 7: Penempatan Posisi Nozzle

1. Posisi nozzle di P1 (0°).

Pada posisi *nozzle* di $\angle 0^{\circ}$ posisi jatuhnya air tegak lurus mengenai kincir. Pada posisi ini air harus memenuhi sudu kincir agar dapat berputar, sehingga putaran kincir tidak konstan.

2. Posisi nozzle di P2 (15°).

Pada posisi *nozzle* di 15° posisi jatuhnya air ada di $\angle 15^{\circ}$ mengenai kincir, tegak lurus terhadap sumbu x. Pada sudut ini jatuhnya air sudah mengenai daerah aktif berputar pada kincir, sehingga sudah dapat memutar kincir secara konstan.

3. Posisi nozzle di P3 (30°).

Pada posisi *nozzle* di 30° posisi jatuhnya air ada di $\angle 30^{\circ}$ mengenai kincir, tegak lurus terhadap sumbu x. Pada sudut ini jatuhnya air sudah mengenai daerah aktif berputar pada kincir, sehingga sudah dapat memutar kincir secara konstan



4. Posisi nozzle di P4 (45°).

Pada posisi nozzle di 45° posisi jatuhnya air ada di 45° mengenai kincir, tegak lurus terhadap sumbu x. Pada sudut ini jatuhnya air sudah mengenai daerah aktif berputar pada kincir, sehingga sudah dapat memutar kincir secara konstan.

5. Posisi nozzle di P5 (60°).

Pada posisi nozzle di 60° posisi jatuhnya air ada di 60° mengenai kincir, tegak lurus terhadap sumbu x. Pada sudut ini jatuhnya air sudah mengenai daerah paling aktif berputar pada kincir, sehingga pada sudut ini kincir memiliki kecepatan putaran paling tinggi.

6. Posisi nozzle di P6 (75°).

Pada posisi nozzle di 75° posisi jatuhnya air ada di 75° mengenai kincir, tegak lurus terhadap sumbu x. Pada sudut ini jatuhnya air sudah mengenai daerah kurang aktif berputar pada kincir, sehingga kecepatan putar kincir lebih rendah dari posisi nozzle di 45° dan 60°.

B. Pengukuran Debit Air

Debit air adalah besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu detik yang melewati satu penampang luas. Volume bejana yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1 liter atau 0,001 m³ dengan waktu yang diperlukan untuk memenuhi bejana yaitu 10 detik. Sehingga didapat:

$$\text{Debit} = \frac{0,001}{10}$$

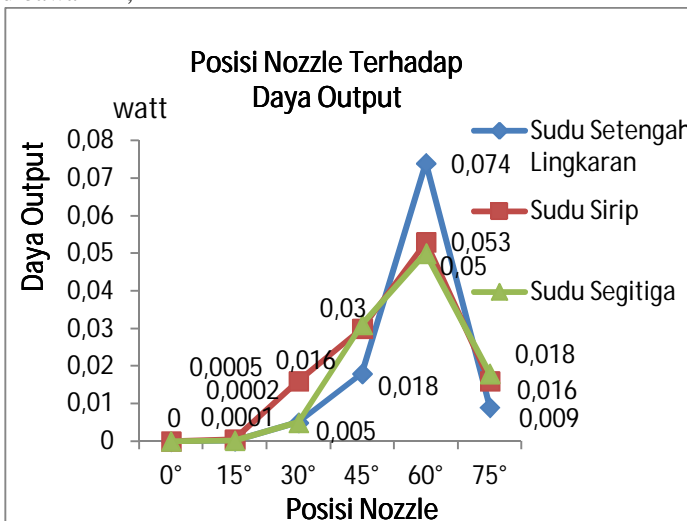
$$\text{Debit} = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

Setelah diperoleh besarnya debit maka dapat ditentukan besarnya daya output turbin yang dihasilkan, yaitu:

$$P = 1000 \cdot 0,0001 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ Watt}$$

C. Posisi Nozzle Terhadap Daya Output Generator

Dari pengukuran yang telah dilakukan pada ketiga jenis sudu turbin sesuai dengan parameter pengukuran pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dengan mengalikan tegangan dan arus yang didapat pada saat pengukuran sehingga menghasilkan daya output generator dapat dilihat pada grafik dibawah ini,

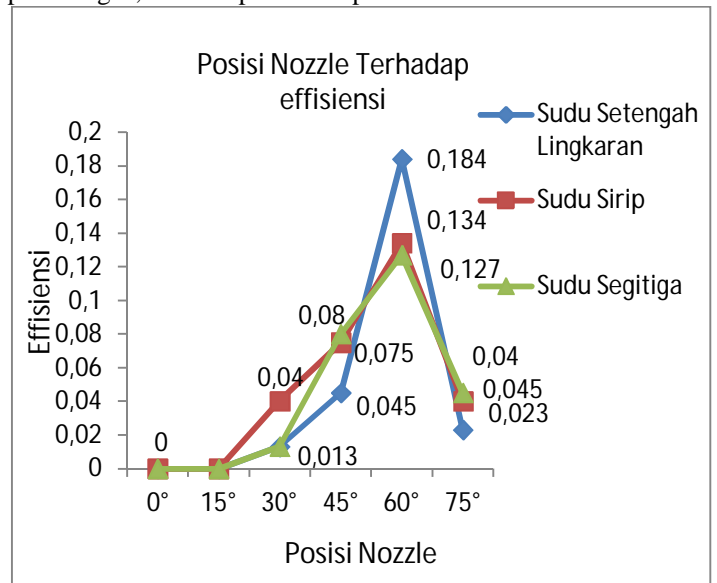


Gambar 8: Daya Output Generator

Dari data diatas, peneliti tidak melakukan pengukuran pada posisi nozzle di sudut 0° dan 15°. Hal tersebut disebabkan pada posisi nozzle di sudut 0° dan 15° turbin tidak berputar. Daya output generator paling besar dari masing-masing turbin terletak pada sudut 60°. Sedangkan pada posisi nozzle di sudut 75° air yang jatuh dari nozzle tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga putaran turbin dan daya yang dihasilkan menjadi berkurang. Pada sudut 90°, air yang jatuh dari nozzle hanya sedikit yang mengenai turbin, sehingga tidak ada putaran yang dihasilkan.

D. Posisi Nozzle Terhadap Efisiensi

Dari perhitungan yang telah dilakukan pada ketiga jenis sudu turbin sesuai dengan parameter pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dengan membagi daya output turbin dengan daya output generator yang didapat pada saat melakukan perhitungan, maka dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini



Gambar 9: Grafik Efisiensi

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh efisiensi terbesar pada posisi nozzle di sudut 60° dengan model sudu setengah lingkaran yaitu sebesar 0,184, sedangkan efisiensi terendah diperoleh pada posisi nozzle di sudut 30° yaitu 0,013. Sementara pada posisi nozzle di sudut 75° terjadi penurunan efisiensi, hal tersebut dikarenakan daya output pada sudut nozzle 75° menurun sehingga berpengaruh terhadap efisiensi. Untuk sudut nozzle 0°, 15° dan 90° efisiensi tidak dihitung karena pada sudut nozzle tersebut kincir dianggap tidak berputar, sehingga generator tidak menghasilkan daya output. Dari data pada tabel 4.15 dapat diketahui bahwa efisiensi cenderung meningkat bersamaan dengan meningkatnya posisi nozzle. Namun untuk posisi nozzle di sudut 75° karena kecepatan putaran kincir menurun yang disebabkan oleh air sudah tidak lagi mengenai daerah paling aktif pada kincir, maka efisiensi pada posisi nozzle di sudut 75° ikut menurun. Begitu juga pada posisi nozzle di sudut 90°, karena pada sudut nozzle tersebut kincir dianggap tidak berputar dan generator tidak menghasilkan daya output, maka tidak dilakukan perhitungan efisiensi. Dari hasil efisiensi yang telah dihitung dapat diperoleh persentase efisiensi pemodelan pembangkit

listrik tenaga mikro hidro tertinggi pada posisi nozzle di sudut 60^0 .

Efisiensi pada pemodelan PLTMH ini diperoleh dari hasil bagi daya output dengan daya input. Daya output tertinggi pemodelan ini adalah 0,153 watt pada sudut nozzle 30^0 , sedangkan daya input adalah 0,6 watt, sehingga efisiensi pemodelan PLTMH ini adalah :

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \\ &= \frac{0,074}{0,4} \\ &= 0,18\end{aligned}$$

Jadi efisiensi pemodelan PLTMH ini adalah 0,18 atau 18%. Efisiensi dari pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini masih kurang tinggi dikarenakan daya output yang dihasilkan oleh generator masih relatif kecil.

V. KESIMPULAN.

Simpulan penelitian ini adalah telah dibangun perancangan pada prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan merancang posisi nozzle sehingga didapat titik jatuh air di sudut $P1=0^0$, $P2=15^0$, $P3=30^0$, $P4=45^0$, $P5=60^0$ dan $P6=75^0$, dimana efisiensi tertinggi didapat pada posisi nozzle di sudut 60^0 sebesar 18% pada model sudu setengah lingkaran.

REFERENSI

- [1] L. Jasa. "Investigasi sudut Nozzle dan sudut kelengkungan sudu turbin air untuk meningkatkan efisiensi mikro hidro". Surabaya: ITS.2015.
- [2] M. T. H. Kristiati. Sumber Energi Penghasil Listrik. Cetakan Pertama . Citra Aji Parama. Yogyakarta. 2011.
- [3] A. Indriani 'Rancang Bangun dan Pembuatan Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Metode Elemen Hingga Berdasarkan Posisi dan Bentuk Sudu Srew Pump". Bengkulu: Universitas Bengkulu. 2013.
- [4] A. I. Weking, L. Jasa, Y. P. Sudarmojo 'Modul Simulasi Kontrol Hidro Power Untuk Praktikum Mahasiswa Teknik Elektro'. Badung : Universitas udayana. 2015.
- [5] Jasa L., Ardana I P., Priyadi, A., Purnomo, M.H. 2016., 'Strategi Memanfaatkan Energi Murah dan Ramah Lingkungan'. Yogyakarta: Teknosain
- [6] Putro, Y.S.S., Juwono, P.T., Wicaksono,P.H.2014., 'Studi Perencanaan PLTMH di Sungai Atei Desa Tumbang Atei'. Malang: Universitas Brawijaya.
- [7] P A. Hendarto."Pemanfaatan pemandian umum untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMh) menggunakan kincir tipe *overshot*". Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2012.
- [8] F H. Sholihah."Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH)". Surabaya : PENS-ITS. 2012
- [9] Jasa, L., "Mengatasi Krisis Energi Dengan Memanfaatkan Aliran Pangkung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Alternatif". Bali: Universitas Udayana. 2010.



Halaman ini sengaja dikosongkan]