

Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton

Chandra Bhuana^{1*}, Tasrif², Muhammad Ruswandi Djalal³, Nurul Andini⁴,
Muhammad Aldy Rezaldy⁵

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
*chandra_bhuana@poliupg.ac.id

Abstract: Water energy can be used as a power plant by utilizing the available potential energy (waterfall potential and flow velocity). The water turbine is one of the driving machines where the working fluid is water which is used directly to rotate the turbine runner and turbine generator to produce electrical energy. This research was conducted using a Pelton type water turbine installation and measurements were made of turbine and generator rotation, flow rate, electric voltage and electric current with variations in the position of the nozzle angle. The research method used is a laboratory-scale experimental method and the results of the design of the water turbine are used as a practicum tool for students of the Department of Mechanical Engineering, Energy Generation Engineering Study Program. The results showed that there was an effect of the position of the nozzle angle on the performance of the PLTMH prototype using a Pelton turbine, in this study the nozzle position will be designed at an angle of 0° , 45° , 60° , and 75° .

Keywords: Prototype, Hydro Power, Turbine, Pelton, Nozzle.

Abstrak: Energi air dapat digunakan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Turbin air adalah salah satu mesin penggerak di mana cairan kerja adalah air yang digunakan langsung untuk memutar pelari turbin dan generator turbin untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan instalasi turbin air tipe Pelton dan pengukuran terbuat dari rotasi turbin dan generator, laju aliran, tegangan listrik dan arus listrik dengan variasi pada posisi sudut nozzle. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental skala laboratorium dan hasil desain turbin air digunakan sebagai alat praktikum untuk siswa dari Departemen Teknik Mesin, Program Studi Teknik Energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada efek dari posisi sudut nozzle pada kinerja prototipe PLTMH menggunakan turbin Pelton, dalam penelitian ini posisi nozzle akan dirancang pada sudut 0° , 45° , 60° , dan 75° .

Kata kunci: Prototipe, Tenaga Air, Turbin, Pelton, Nozzle.

1. LATAR BELAKANG

Peningkatan jumlah penduduk berdampak pada kebutuhan energi listrik yang semakin bertambah. Namun permasalahan yang terjadi saat ini adalah terbatasnya suplai listrik bagi masyarakat, terutama di daerah yang sulit mendapatkan suplai listrik dari PLN (Pembangkit Listrik Negara) karena kondisi geografis yang sulit dalam pembangunan infrastruktur kelistrikan di daerah tersebut. Salah satu sumber energi terbarukan adalah aliran air. Untuk mengkonversi aliran air menjadi energi listrik diperlukan generator yang terhubung dengan turbin yang disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) [1].

PLTMH merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air sungai sebagai tenaga (resources) untuk menggerakkan turbin, dengan mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis yang akan memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik. Konstruksi dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dan daerah disekitar aliran sungai yang belum mendapatkan suplai listrik [2].

Pada proses pembangkitan listrik dari energi alternatif yang ada biasanya tetap menggunakan generator. Generator yang tersedia banyak dipasaran biasanya berjenis high speed induction generator dimana pada generator jenis ini membutuhkan putaran tinggi dan juga membutuhkan energi listrik awal untuk membuat medan magnetnya. Untuk itu perlu adanya suatu pemilihan generator yang dapat mengefektifkan tegangan output PLTMH pada debit air yang berubah-ubah [3].

Salah satu generator yang dapat dipilih untuk diterapkan pada PLTMH adalah generator DC.

Generator ini berjenis low speed dan tanpa energi listrik awal. Dalam perencanaan pembangkit listrik skala kecil ini generator DC digerakan oleh motor DC. Motor DC dikopel terhadap generator dengan bantuan pulley sebagai rasio perbandingan putaran. Berbagai penelitian yang dilakukan dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro yaitu dalam hal penggunaan turbin air yang cocok digunakan untuk membangkitkan listrik, salah satunya turbin pelton. Efisiensi dari turbin pelton tergantung pada beberapa parameter desain, yaitu diameter runner, panjang runner, kecepatan runner, daya turbin, jarak sudu dan jumlah sudu, radius kelengkungan sudu, dan arah nozel ke turbin [4].

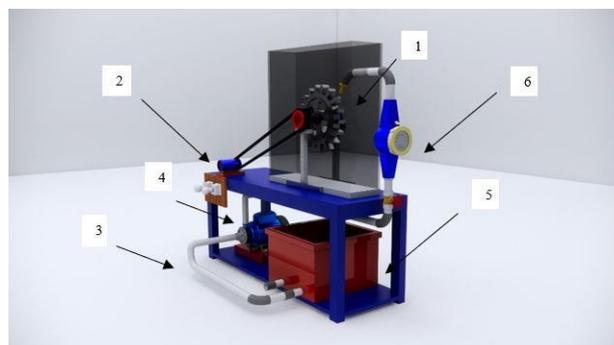
Namun permasalahan yang muncul yaitu bagaimana jumlah sudu yang optimal untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi dari turbin pelton, hal ini dikarenakan Penambahan jumlah sudu berarti meningkatkan putaran dan gaya tangensial yang terjadi dan dengan sendirinya meningkatkan daya dan efisiensi turbin tersebut [5]. Dalam suatu study, kualitas proses belajar mengajar akan berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Salah satu faktor yang dapat mendukung kualitas hasil belajar mahasiswa adalah ketersediaan prototipe.

Secara umum, prototipe dapat diartikan dengan alat komunikasi untuk menyampaikan materi pembelajaran. Dalam program keahlian yang bersifat praktikum, penggunaan alat bantu berupa prototipe memiliki pengaruh yang signifikan bagi mahasiswa dalam memahami secara mendalam materi yang diajarkan. Prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan salah satu alat yang dapat digunakan mahasiswa dalam mengenal lebih dalam perkembangan sistem pembangkit tenaga listrik, khususnya dalam program keahlian sistem pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan hal diatas, penelitian yang akan dilakukan yaitu “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton” [6], [7].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahap Perancangan

Tahap Perancangan merupakan proses mendesain alat dengan kata lain membuat pola rancangan alat yang merupakan langkah awal sebelum digunakan. Sehingga desain gambar dari prototype PLTMH menggunakan turbin pelton dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Rancang Prototipe PLTMH Menggunakan Turbin Pelton Tampak Samping

Ket :

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. Turbin | 4. Pompa air |
| 2. Generator | 5. Penampungan Air |
| 3. Pipa PVC 1 inci | 6. Flowmeter |

2.1. Pengumpulan Data

Setelah proses pengambilan data dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah pengumpulan data. Beberapa parameter yang perlu dicatat antara lain :

1. Putaran generator (N_g)
2. Putaran turbin (N_t)
3. Arus yang dihasilkan generator (I)

4. Tegangan yang dihasilkan generator (V)
5. Debit air pada nosel (Q)

2.2. Pengolahan Data dan Analisa Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, selanjutnya yang dilakukan adalah pengolahan data, pengolahan data dilakukan sebagai berikut :

1. Menghitung daya yang dihasilkan turbin (P)
2. Menghitung efisiensi Turbin (η_t), Efisiensi Sistem (η_s) dan Efisiensi Generator (η_g)
3. Membuat grafik daya (P) dengan putaran turbin (N_t)
4. Membuat grafik efisiensi (η) dengan putaran turbin (N_t)

2.3. Hasil Rancangan PLTMH

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan debit air yang ada di sekitar kita untuk diubah menjadi energi listrik. Caranya dengan memanfaatkan debit air untuk menggerakkan turbin yang akan menghasilkan energi mekanik. Selanjutnya, energy mekanik ini menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Adapun konstruksi rancang bangun untuk PLTMH adalah

1. Turbin Pelton
2. Pipa PVC 3/4 inci
3. Pompa 230 bit
4. Penampungan air 192 L
5. Generator DC 24 Volt

Bentuk fisik dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang telah dibuat disajikan seperti pada gambar 2.

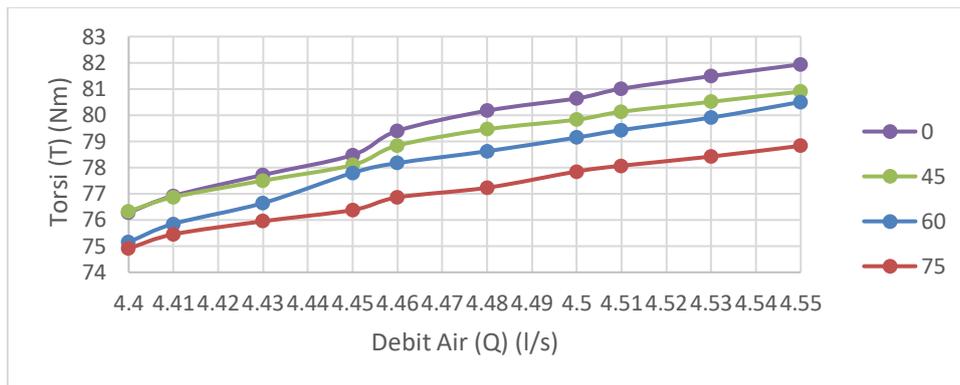


Gambar 2. Prototipe PLTMH Menggunakan Turbin Pelton

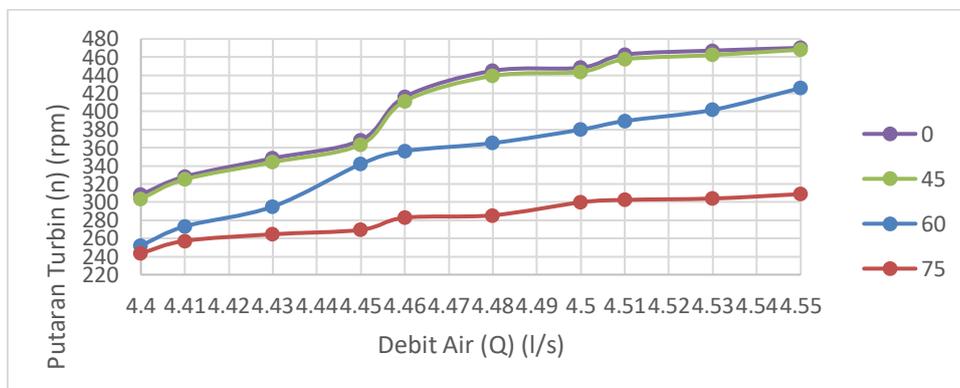
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara debit air terhadap daya turbin, daya generator, efisiensi turbin, efisiensi generator dan efisiensi sitem terhadap posisi sudut yang diteliti seperti ditunjukkan pada gambar 3 sampai 9.

Dari gambar 3, nilai torsi yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 0^0 . Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75^0 air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga putaran turbin dan torsi yang dihasilkan lebih rendah dari sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai torsi yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 74,91 kg.mm kemudian nilai torsi mengalami peningkatan sebanyak 1,86% di sudut 0^0 yaitu 76,33 kg.mm. Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai torsi yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 78,83 kg.mm kemudian nilai torsi mengalami peningkatan sebanyak 2,55% di sudut 0^0 yaitu 81,94 kg.mm.

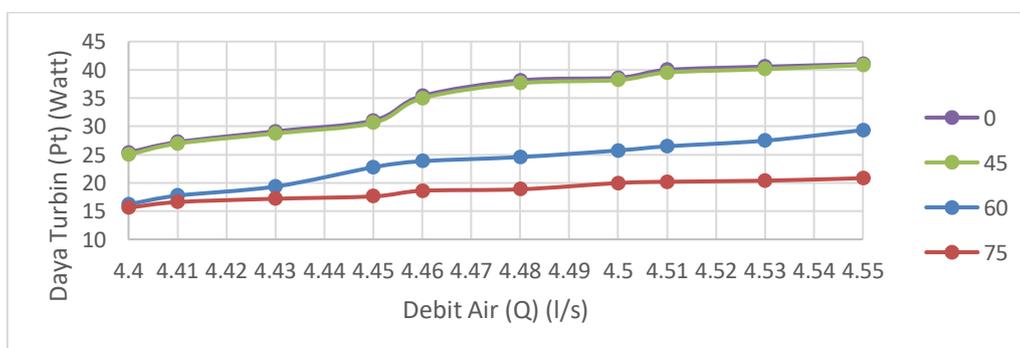


Gambar 3. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap Torsi (T) pada sudut nosel 5/8 inci



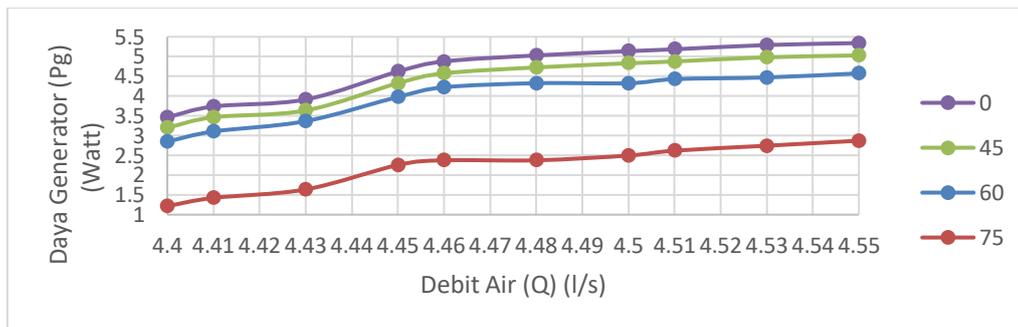
Gambar 4. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap putaran turbin (nt) pada sudut nosel 5/8 inci

Dari gambar 4, nilai putaran turbin yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 0°. Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75° air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga putaran turbin yang dihasilkan lebih rendah dari sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai putaran turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75° yaitu 243,6 rpm kemudian nilai putaran turbin mengalami peningkatan sebanyak 22,75% di sudut 0° yaitu 308,3 rpm. Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai putaran turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75° yaitu 308,9 rpm kemudian nilai putaran turbin mengalami peningkatan sebanyak 35,13% di sudut 0° yaitu 470,2 rpm.



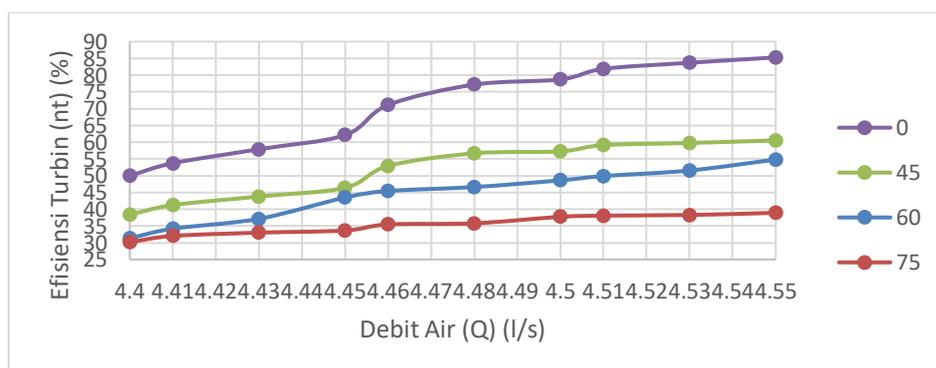
Gambar 5. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap daya turbin (Pt) pada sudut nosel 5/8 inci
 Dari gambar 5, nilai daya turbin yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel

terletak pada sudut 0^0 . Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75^0 air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga daya turbin yang dihasilkan lebih rendah dari sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai daya turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 15,61 Watt kemudian nilai daya turbin mengalami peningkatan sebanyak 21,28% di sudut 0^0 yaitu 25,39 Watt. Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai daya turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 20,83 Watt kemudian nilai daya turbin mengalami peningkatan sebanyak 35,70% di sudut 0^0 yaitu 41,01 Watt.



Gambar 6. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap daya generator (Pg) pada sudut nosel 5/8 inci

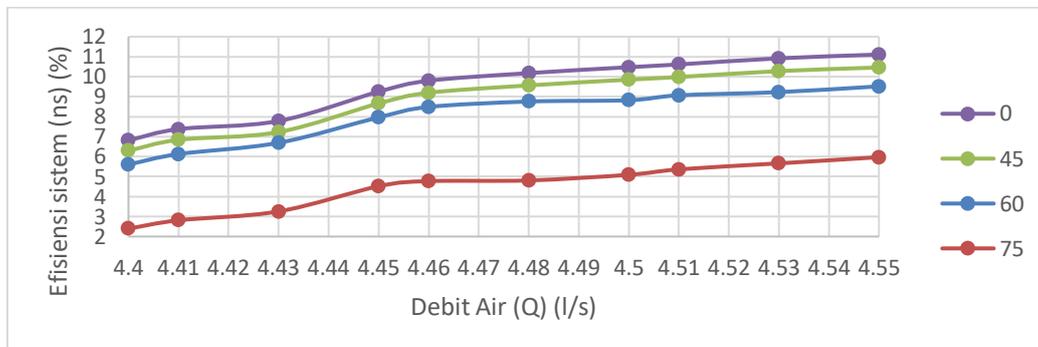
Daya listrik dipengaruhi oleh tegangan output dan arus output listrik yang dihasilkan oleh generator DC yang dipakai dan putaran generator dipengaruhi oleh putaran turbin, semakin tinggi putaran turbin maka putaran generator juga semakin tinggi hal ini terjadi karena pully pada poros turbin disambungkan dengan pully poros generator melalui V-belt sehingga dapat mentransfer putaran. Dari data diatas, nilai daya generator yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 0^0 . Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75^0 air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga daya turbin yang dihasilkan lebih rendah dari sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai daya turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 1,21 Watt kemudian nilai daya turbin mengalami peningkatan sebanyak 62,18 % di sudut 0^0 yaitu 3,46 Watt. Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai daya turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 2,87 Watt kemudian nilai daya turbin mengalami peningkatan sebanyak 44,80 % di sudut 0^0 yaitu 5,34 Watt



Gambar 7. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap efisiensi turbin (ηt) pada diameter nosel 5/8 inci

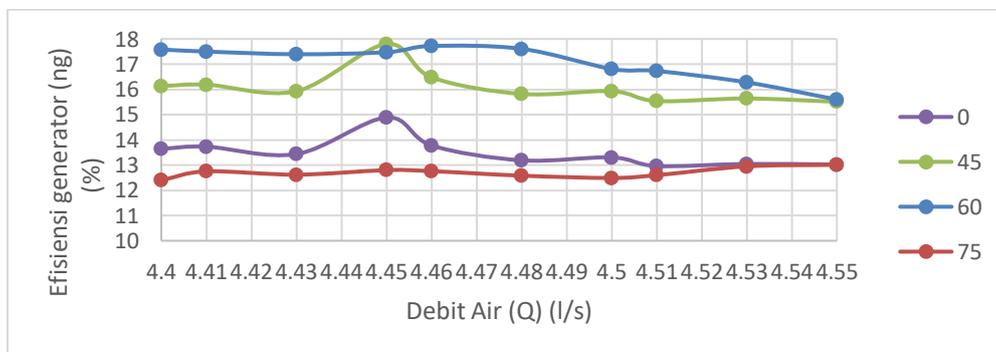
Dari data diatas, nilai efisiensi turbin yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 0^0 . Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75^0 air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga efisiensi turbin yang dihasilkan lebih rendah dari efisiensi turbin sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai efisiensi turbin yang terkecil berada di

posisi sudut 75^0 yaitu 30,17% kemudian nilai efisiensi turbin mengalami peningkatan sebanyak 25,28 % di sudut 0^0 yaitu 49,96 %. Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai efisiensi turbin yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 35,71 % kemudian nilai efisiensi turbin mengalami peningkatan sebanyak % di sudut 0^0 yaitu 85,30 %.



Gambar 8. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap efisiensi 114system (η_s) pada diameter nosel 5/8 inci

Dari data di atas, nilai efisiensi sistem yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 0^0 . Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75^0 air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga efisiensi sistem yang dihasilkan lebih rendah dari efisiensi turbin sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai efisiensi sistem yang terkecil berada di posisi sudut 0^0 yaitu 2,35% kemudian nilai efisiensi sistem mengalami peningkatan sebanyak 61,97 % di sudut 0^0 yaitu 6,18% . Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai efisiensi sistem yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 5,36 % kemudian nilai efisiensi sistem mengalami peningkatan sebanyak 47,91 % di sudut 0^0 yaitu 11,10 %.



Gambar 9. Grafik hubungan debit air terhadap efisiensi generator (η_g) pada diameter nosel 5/8 inci

Dari data di atas, nilai efisiensi generator yang paling besar dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 0^0 . Sedangkan pada posisi nosel di sudut 75^0 air yang jatuh dari nosel tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga efisiensi generator yang dihasilkan lebih rendah dari efisiensi generator sudut yang lainnya. Pada debit terendah 0,44 l/s nilai efisiensi generator yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 12,40 % kemudian nilai efisiensi generator mengalami peningkatan sebanyak 51,64 % di sudut 0^0 yaitu 16,13%. Pada debit tertinggi 0,455 l/s nilai efisiensi generator yang terkecil berada di posisi sudut 75^0 yaitu 13,01 % kemudian nilai efisiensi generator mengalami peningkatan sebanyak 11,21 % di sudut 0^0 yaitu 15,51 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil penelitian, nilai yang paling besar baik nilai daya maupun efisiensi dari masing-masing posisi sudut nosel terletak pada sudut 75^0 . Sedangkan nilai yang paling kecil berada pada posisi nosel di sudut 60^0 . Hal ini disebabkan karena air yang jatuh dari nosel sudut 60^0 tidak seluruhnya mengenai sudu turbin sehingga daya dan efisiensi yang dihasilkan lebih rendah dari sudut yang lainnya
2. Nilai Efisiensi dan daya generator cenderung meningkat berdasarkan debit air, semakin tinggi debit air maka semakin tinggi efisiensi dan generatornya, begitu pula sebaliknya, untuk nilai daya turbin tertinggi berada di posisi sudut nosel 75^0 dan di debit 0,000455 m³/s yaitu 32,40 Watt, untuk nilai daya generator tertinggi berada di posisi sudut nosel 75^0 dan di debit 0,000455 m³/s yaitu 5,029 Watt, untuk nilai efisiensi turbin tertinggi berada di posisi sudut nosel 75^0 dan di debit 0,000455 m³/s yaitu 60,56 % Watt, dan untuk nilai efisiensi turbin tertinggi berada di posisi sudut nosel 75^0 dan di debit 0,000445 m³/s yaitu 17,80 %

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdilah, H.S., dan Destina. *Pengembangan miniatur pembangkit listrik tenaga air sebagai media pembelajaran fisika sekolah menengah atas*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015. 1- 4, 2015.
- [2] Arsip. *Pedoman Penulisan Proposal Mahasiswa Program Diploma Empat (D-4)*. Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2016
- [3] Basar, M.F., dan Musa. M. *An overview of the key components in the micro hydro power generation system*. Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Latest Trends in Renewable Energy and Environmental Informatics. 1-8, 2018.
- [4] Edy Sunarto, Markus Eisenring, "Turbin Pelton Mikro", Yogyakarta, 1994, MHPG ANDI OFFSET
- [5] Hamidi. Supandi. Dan Rohermanto, A, "Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media Simulasi/Praktikum Matakuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida" Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak, 2006.
- [6] Rosmiati, R., & Yani, A. *Pengaruh Variasi Diameter Nosel Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Air*. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 6(1), 2017.
- [7] Sularso, "Dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramita- 1987.