

# **Pemodelan Alat Peraga Praktikum Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hydro dengan Turbin Propeller Type Open Flume Tc 60**

## ***Practical Modeling Pico Hydro Hydroelectric Power Plant System with Type Open Flume Turbine Propeller Tc 60***

**Nurjan Didik Purwanto, Sugiarto, A. Sulasin**

*Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung*

*Jl. Soekarno Hatta, Rajabasa, Bandar Lampung 35144 Tel. (0721)703995*

*Email :purwantonurjan@gmail.com*

### **ABSTRACT**

*Modeling of Practical Teaching System for Pico Hydro Hydroelectric Power Plant with Open Flume TC 60 "Turbine Propeller Type is a practical teaching aid made in order to increase diversity and practicum facilities for students of Agricultural Mechanization study programs in the Energy and Electricity Agriculture course. At the same time this Practical Modeling introducing various types of renewable energy (renewable energy) to the academics at the Lampung State Polytechnic, besides that, the making of this tool also has the following objectives:*

- Make modeling of laboratory scale pico hydro power generation systems with Open Flume TC 60 Type Propeller Turbines.*
- Here the tool that students are expected to be able to design a pico hydro power plant.*
- Increase the diversity of practicum equipment in the Agriculture Mechanization laboratory.*
- Streamlining the process of teaching and learning activities in the laboratory.*

*Thus this tool is expected to contribute to the world of education, especially for students of the Lampung State Polytechnic Mechanization of Agriculture study program.*

*Keywords: pico hydro hydroelectric power, and renewable energy*

Naskah ini diterima pada tanggal 17 Februari 2020, direvisi pada tanggal 2 Maret 2020 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 15 April 2020

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Kebutuhan akan energi listrik saat ini semakin meningkat seiring dengan itu, maka dicari sumber energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan serta memasukan kearifan lokal melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hidro.

Sistem Pembangkit Listrik Pico Hydro merupakan pembangkit listrik bertenaga kecil yang memanfaatkan tenaga aliran air sebagai sumber penghasil energi. PLTAPH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTAPH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah,

sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTAPH mudah diterima masyarakat luas (bandingkan misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). PLTAPH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. (Damastuti, A.P. 1997)

Politeknik Negeri Lampung sebagai institusi pendidikan tinggi penyelenggara pendidikan sebagai perpanjangan tangan dari pemerintah ikut andil dalam permasalahan di atas sebagai contoh; adanya materi penerapan teknologi energi alternatif pada mata kuliah Energi dan Listrik Pertanian di Program Studi Mekanisasi Pertanian. Pada mata kuliah tersebut terdapat beberapa alat peraga praktikum energi terbarukan, tetapi sangat disayangkan pada saat pengadaan ada beberapa alat peraga tersebut tidak lengkap, untuk itu perlu diadakan modifikasi peralatan tersebut sehingga bisa digunakan pada saat praktikum, atau jadi pemodelan suatu sistem pembangkit listrik tenaga air pico hidro. Dari permasalahan di atas dapat dijadikan suatu judul penelitian bagi Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP), dan sekaligus untuk menambah perbendaharaan alat peraga praktikum di Laboratorium Mekanisasi Pertanian. Adapun judul penelitian yang diangkat untuk permasalahan di atas adalah;

“Pemodelan Alat Peraga Praktikum Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hidro Dengan Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60”. Dari penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan keragaman pemodelan alat peraga praktikum di sivitas akademika Politeknik Negeri Lampung terutama pada program studi Mekanisasi Pertanian serta penerapannya pada dunia kerja dan masyarakat sekitarnya.

### **Rumusan Masalah**

Keragaman dan pemodelan alat peraga disuatu laboratorium merupakan piranti yang sangat penting sebagai media pembelajaran pada suatu institusi pendidikan tinggi, sehingga dapat meningkatkan wawasan dan wacana bagi mahasiswa melalui cara.

- a. Memperkenalkan pada mahasiswa tentang energi terbarukan yang ramah lingkungan dan sistem desain perancangan serta pembuatannya sehingga mahasiswa diharapkan mampu merancang sistem ini pada dunia kerja dan penerapan pada masyarakat luas.
- b. Membuat pemodelan sistem pembangkit pico hidro skala laboratorium dengan Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60, sehingga dengan dibuatnya sistem ini dapat membantu memperlancar kegiatan praktikum.

### **Tujuan Pembuatan Alat**

Tujuan pembuatan alat ini adalah:

- a. Membuat pemodelan sistem pembangkit listrik pico hidro skala laboratorium dengan Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60

- b. Dengan dibuatnya alat ini mahasiswa diharapkan mampu mendesain serta merancang pembangkit listrik pico hidro.
- c. Menambah keragaman peralatan praktikum di Laboratorium Mekanisasi Pertanian.
- d. Memperlancar proses kegiatan belajar-mengajar di laboratorium.

### **Manfaat Pembuatan Alat**

Manfaat yang diharapkan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

- a. Membantu proses belajar mengajar bagi mahasiswa pada jurusan Teknologi Pertanian terutama Program Studi Mekanisasi Pertanian.
- b. Meningkatkan motivasi penelitian bagi PLP secara moril, profesional dan bisa dipertanggungjawabkan
- c. Perbendaharaan peralatan praktikum semakin bertambah banyak serta tercapainya kualitas pembelajaran
- d. Sebagai bahan referensi untuk penelitian berikutnya yang membahas tentang sistem PLTAPH dan PLTAMH.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian dan perancangan alat dilakukan di Laboratorium Mekanisasi Pertanian Politeknik Negeri Lampung yang dimulai bulan April dan direncanakan selesai pada bulan Oktober 2016.

### **Alat dan Bahan**

Alat dan instrumen yang digunakan antara lain: turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60, *Automatic Load Control* (ALC), multimeter, bak Penenang (*forebay*), gerinda Listrik, bor Listrik, mesin Las Listrik, dan bahan yang digunakan antara lain: kabel NYM 4 x 4mm. dan kabel NYA 2,5mm, skun kabel, isolasi, elektroda, mata bor berbagai ukuran, mata gerinda potong, mata gerinda, pipa paralon 2,5 inc, stop kran 2,5 inc, lem pipa, cat besi, dll.

## **Prosedur Perancangan Pembuatan Alat**

### **Studi Literatur**

Sebelum dilakukan perancangan dan pembuatan alat, dilakukan studi literatur melalui sumber-sumber yang dapat diakses seperti Perpustakaan Pusat Politeknik Negeri Lampung, dan Internet. Studi ini dilakukan untuk mencari informasi terkait hal-hal sebagai berikut:

- a. Spesifikasi dan karakteristik peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian dan perancangan pembuatan alat ini.
- b. Karakteristik dan prinsip kerja Komponen dan peralatan listrik yang digunakan.

- c. Karakteristik dan prinsip kerja Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60.
- d. Karakteristik dan prinsip kerja *Automatic Load Control* (ALC)
- e. Karakteristik dan prinsip kerja alat yang akan didesain

### **Spesifikasi Perancangan Alat**

Alat yang dibuat merupakan desain sendiri yang perancangannya disesuaikan dengan kondisi laboratorium yang ada di Politeknik Negeri Lampung, sehingga rancangan “Pemodelan Alat Peraga Praktikum Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hidro Dengan Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60”, bisa direalisasikan.

### **Pembuatan Alat**

Tahapan berikutnya setelah perancangan adalah pembuatan alat berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Adapun beberapa proses yang dilakukan dalam tahapan ini adalah:

- a. Menggambar rangkaian elektronik dan desain kerangka besi.
- b. Membuat rangka besi sebagai dudukan kolam penenang (*forebay*) dan dudukan turbin serta ALC sesuai dengan desain awal.
- c. Memplot hasil gambar rangkaian kemudian merakit Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60 di lokasi.
- d. Melakukan pemasangan komponen dan menghubungkan dengan peralatan lain, seperti *Automatic Load Control* (ALC) dan indikator lainnya.
- e. Membentuk konstruksi alat sesuai dengan bentuk yang telah direncanakan.

### **Pengujian Alat**

Tahapan yang terakhir dari pembuatan alat ini adalah pengujian alat dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui alat yang dibuat berhasil atau tidak dan apakah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan atau tidak.

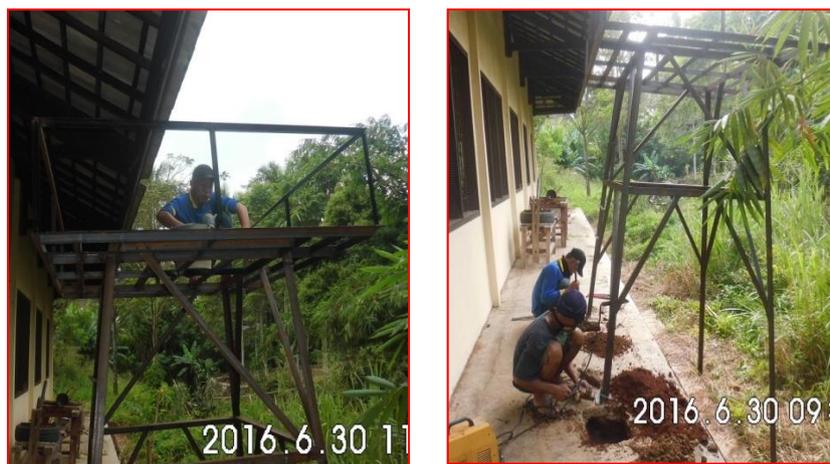
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Perancangan dan Pengujian Alat**

#### **Perancangan Alat**

Realisasi perancangan alat ini dibagi menjadi 2 bagian antara lain:

1. Perancangan desain kerangka besi sebagai dudukan bak penenang (*forebay*) serta dudukan dan pemasangan turbin generator. Pembuatan desain kerangka dimana desain kerangka ini sangat penting untuk menompang dudukan bak penenang (*forebay*) dan dudukan turbin generator celup tersebut. Konstruksi kerangka dibuat seperti menara tandon air setinggi  $\pm 3$  meter terbuat dari besi siku 4cm x 4cm x 4mm dan di las listrik, kerangka menara dicor dan disemen supaya tegak dan berdiri kokoh, untuk lebih jelasnya seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini.



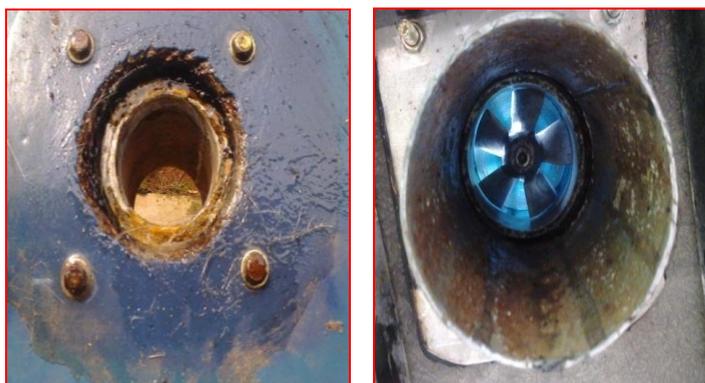
Gambar 1. Konstruksi dan pemasangan menara bak penenang

Setelah menara berdiri maka langkah selanjutnya adalah peletakan bak penenang, posisi bak penenang diatas menara yang telah didesain sesuai dengan rancangan semula yaitu diletakan  $\pm$  2,5 meter dari dasar lantai menara, ini dimaksudkan supaya momen atau gaya grafitasi bumi terhadap air yang mengalir pada propeler turbin dapat memutar propeler turbin generator tersebut sehingga generator dapat mengeluarkan arus listrik akibat dari derasnya air yang mengalir dari lubang *outlet* bak penenang yang keluar melalui pipa Pembuangan. Konstruksi dan posisi bak penenang seperti terlihat pada Gambar 2 dibawah ini yang terlihat dari dua sisi.



Gambar 2. Konstruksi penempatan bak penenang (forebay)

Setelah peletakan bak penenang langkah selanjutnya adalah penempatan turbin generator, turbin generator diletakan ditengah-tengah bak penenang ini dimaksudkan untuk mencapai tekanan air maksimal agar kemampuan hisap pada pipa pembuangan (*penstock*) kuat sehingga propeler turbin generator berputar dan generator bisa mengeluarkan arus listrik, untuk lebih jelasnya konstruksi pemasangan dudukan lubang turbin generator dapat dilihat pada gambar 3 A dan B, sedangkan pemasangan turbin generator dapat dilihat pada Gambar 4 A dan B di bawah ini.



(A)

(B)

Gambar 3. (A) posisi lubang outlet yang terletak di tengah-tengah bak penenang tampak dari atas dan Gambar (B) tampak dari bawah.



(A)

(B)

Gambar 4. A pemasangan turbin generator pada lubang outlet dan Gambar 4 B tampak keseluruhan dari pemasangan turbin generator tersebut.

Setelah Perancangan desain kerangka besi sebagai dudukan bak penenang (*forebay*) serta pemasangan turbin generator terealisasi semua, maka tahap berikutnya adalah pemasangan sistem elektrik dan sarana penunjang pemodelan pembangkit listrik Picohydro.

2. Realisasi pemasangan sistem elektrik dan sarana penunjang pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Air Picohydro.

Pemasangan sistem elektrik yaitu pemasangan *Automatic Load Control* (ALC).

Alat ini sangat penting karena ALC dapat mengontrol secara otomatis tegangan *output* yang dibangkitkan oleh generator sesuai dengan kondisi putaran propeler generator yang diakibatkan oleh derasnya air yang keluar dari bak penenang melalui lobang *outlet* menuju pipa pembuangan (*penstock*), maka untuk pemasangan harus ditempatkan didaerah yang terlindung dari percikan air sehingga ALC aman dan tidak terjadi hubung singkat yang diakibatkan oleh percikan air tersebut. Adapun Pemasangan ALC dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Letak pemasangan Automatic Load Control yang terlindung.

Setelah pemasangan ALC selanjutnya adalah pemasangan sarana penunjang pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Air Picohydro, berupa pompa air listrik yang digunakan untuk mengisi atau menaikkan ulang air yang keluar dari pipa pembuangan yang ditampung dalam drum (Gambar 6) dan dipompakan kembali ke bak penenang (*forebay*) untuk menjaga agar



Gambar 6. Drum penampungan air pembuangan.

Volume air pada bak penenang tetap penuh dan tekanan air tetap maksimum. Selain pompa listrik pada pemodelan ini juga dipasang pipa *inlet* air dari menara tower Politeknik Negeri Lampung sebagai persiapan pengisian jika pada volume dari bak penenang berkurang drastis (tekor) dikarenakan diameter pipa pembuangan lebih besar dari pada pipa pemasukan air, untuk diketahui bahwa diameter pipa pembuangan lebih besar dari pada pipa pemasukan sebesar 1 inchi maka dari itu perlu penambahan air yang disuplai dari tower Polinela. Adapun pemasangan pompa air listrik dan pipa pemasukan air tambahan dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Pemasangan sarana penunjang berupa pompa air listrik dan pemasukan air tambahan dari tower Polinela.

### Pengujian Alat

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah pengujian alat, adapun pengujian dibagi menjadi 2 tahap:

1. Pengujian tahap pertama ini adalah pengujian perbandingan antara masukan air (*inlet*) dengan keluaran air (*outlet*) pada bak penenang (*forebay*) melalui pipa pembuangan (*penstock*) adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara *inlet* dan *outlet* agar didapatkan keseimbangan, sehingga kondisi bak penenang tetap terisi penuh ketika turbin generator dioperasikan. Karena faktor tinggi jatuhan air efektif (*Head*) dan *debit* inilah yang akan dimanfaatkan untuk operasional turbin. Adapun kondisi bak penenang (*forebay*) dengan posisi bukaan stop kran 75%, seperti terlihat pada Gambar 8. di bawah ini.



Gambar 8. Kondisi bak penenang (tetap penuh) dan posisi bukaan stop kran 75%

Adapun pengujian dilakukan terdiri dari 3 variabel/parameter, yaitu: 2 variabel debit air outlet dari saluran pembuangan (*penstock*) dan 1 variabel debit dari saluran pemasukan (*inlet*), pengambilan data pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dari masing-masing variabel tersebut, untuk lebih jelasnya gambar dan data hasil pengukuran dapat dilihat sebagai berikut:

a. Pengukuran bukaan stop kran 75% pada saluran pembuangan (*penstock*).

No	Waktu (detik ( <i>t</i> ))	Volume Air Outlet (V) (liter)	Debit ( $\frac{V}{t}$ ) (liter/detik)	Rata-rata
1	3,08	7,65	2,5	2,58
2	4,22	11	2,6	
3	3,96	10,4	2,63	

b. Pengukuran bukaan stop kran 100% pada saluran pembuangan (*penstock*).



Gambar 9. Kondisi pembukaan stop kran 100%

No	Waktu (detik ( <i>t</i> ))	Volume Air Outlet (V) (liter)	Debit ( $\frac{V}{t}$ ) (liter/detik)	Rata-rata
1	3,20	10,7	3,34	3,22
2	3,33	10,65	3,20	
3	3,5	10,9	3,11	

c. Pengukuran pengisian (*inlet*) air pada bak penenang (*forebay*).

No	Waktu (detik ( <i>t</i> ))	Volume Air Inlet (V) (liter)	Debit ( $\frac{V}{t}$ ) (liter/detik)	Rata-rata
1	6,36	5,1	0,80	0,82
2	7,49	5,4	0,72	
3	5,66	5,4	0,95	

Dari data tersebut terlihat bahwa perbandingan antara pembukaan stop kran sebesar 75% dengan rata-rata debit air 2,58 liter/detik dan bukaan 100% dengan rata-rata 3,22 liter/detik dan pengisian (*inlet*) air pada bak penenang dengan rata-rata 0,82 liter/detik maka terdapat ketimpangan antara *inlet* dan *outlet* dimana *outlet* lebih besar dari pada *inlet*. Hal ini akan menyebabkan kekurangan volume air bak penenang pada waktu tertentu karena *outlet* tidak sebanding dengan *inlet* sehingga terjadi *drop volume*.

2. Pengujian tahap kedua adalah perbandingan antara debit air *outlet* dengan tegangan *output* turbin generator.

Dari data yang telah didapat pada bukaan stop kran 75% pada saluran pembuangan (*penstock*) dengan rata-rata debit air 2,58 liter/detik didapatkan tegangan *output* pada generator sebesar 105 volt dengan kondisi tanpa beban sedangkan kondisi tegangan *output* terbebani sebesar  $\pm 60$  volt sehingga lampu terlihat redup seperti terlihat pada Gambar berikut ini:



Gambar 10. Tegangan *output* pada generator sebesar 105 volt tanpa beban dengan bukaan 75%. dan tegangan setelah terbebani sebesar  $\pm 60$  volt dan lampu terlihat redup.

dari data diatas dapat disimpulkan bahwa tegangan *output* generator pada debit 2,58 liter/detik belum mencapai 220 volt sehingga perlu dinaikan lagi debitnya sampai tegangan *output* generator mencapai 220 volt, untuk itu perlu dilakukan bukaan sebesar 100% untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan sebesar 220 volt. Tahap berikutnya adalah menaikkan debit air dengan cara membuka stop kran 100%, dan dari data terlihat bahwa dengan bukaan 100% didapatkan debit air rata-rata sebesar 3,22 liter/detik tegangan *output* generator sebesar  $\pm 300$  Volt tanpa beban seperti terlihat di bawah ini,



Gambar 11. Tegangan *output* pada generator sebesar  $\pm 300$  volt tanpa beban dengan bukaan 100% dan tegangan setelah terbebani sebesar  $\pm 220$  volt dan lampu terlihat terang.

Dengan bukaan 100% didapatkan debit air sebesar 3,22 liter/detik dan tegangan *output* pada generator sebesar  $\pm 300$  volt tanpa beban dan tegangan 220 volt dengan beban, dari data ini maka dapat disimpulkan bahwa faktor tinggi jatuhnya air efektif (*Head*) dan *debit* air inilah yang akan dimanfaatkan untuk operasional turbin.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan pengamatan dan pengujian alat secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa:

1. Tinggi jatuhnya air efektif (*Head*) dan *debit* air merupakan faktor yang sangat penting pada operasional turbin generator.
2. Dengan debit air sebesar  $\pm 3,22$  liter/detik dengan tinggi jatuhnya air efektif sebesar  $\pm 2,5$  meter didapaknya tegangan output sebesar  $\pm 300$  Volt tanpa beban dan tegangan output 220 dengan beban (tegangan kerja optimum turbin generator) dengan demikian rekomendasi pada alat peraga ini adalah bukaan stop kran 100%.
3. Besarnya debit *outlet* pada saluran pembuangan (*penstock*) yang tak sebanding dengan *inlet* mengakibatkan kurangnya volume air bak penenang sehingga terjadi *drop* volume yang akan mempengaruhi tegangan output turbin generator.
4. Dengan pemasangan propeller turbin generator yang lebih rendah dari lantai bak penenang maka didapatkan hisapan pipa pembuangan yang terpusat.

### Saran

1. Pemasangan propeller turbin generator harus lebih rendah dari pada lantai bak penenang karena akan mempengaruhi hisapan pipa pembuangan (*penstock*).
2. Besaran pipa inlet harus sebanding dengan pipa outlet karena akan mempengaruhi volume dan debit air serta tegangan output generator.
3. Perlu penelitian lebih lanjut untuk penyempurnaan alat peraga Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hydro terutama pada faktor ketinggian dan volume yang bervariasi sehingga didapat suatu sistem turbin generator yang lebih baik dan handal.

## DAFTAR PUSTAKA

Damastuti, A.P. 1997 “*Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro*“ Jurnal Wacana edisi 7

C.V. Cihanjuang Inti Teknik

Prih Sumardjati, dkk., 2008. *TEKNIK Pemanfaatan TENAGA LISTRIK untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Departemen Pendidikan Nasional Tahun

Purwanto N.D. 2011, skripsi: *Rancang Bangun Pengaturan Bahan Bakar Pada Genset Hybrid Bensin dan Bioetanol) Untuk Aplikasi Automatic Transfer Switch (ATS) Pada Listrik Rumah Tangga*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Yudha, A. R. 2014 “ *Optimalisasi Pengoperasian Pembangkit Tenaga Air Berskala Pico Hydro* “ Universitas Pendidikan Indonesia.