

**DESAIN PROTOTIPE TURBIN PLTMH JENIS TURBIN PELTON
DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

RICKY AGUS SAPUTRA SITORUS

03041281722069

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN PROTOTIPE TURBIN PLTMH JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU



SKRIPSI

Disusun untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

RICKY AGUS SAPUTRA SITORUS

03041281722069

Indralaya, Juni 2021

Menyetujui,

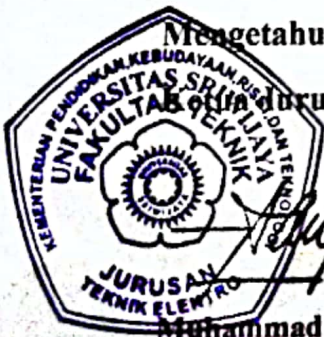
Pembimbing Utama

Hermawati, S.T., M.T.

NIP : 197708102001122001

Mengetahui,

Dekan Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP: 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ricky Agus Saputra Sitorus
NIM : 03041281722069
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Desain Prototipe Turbin PLTMH Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Jumlah Sudu” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Juli 2021



Ricky Agus Saputra Sitorus

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).



Tanda Tangan : _____

Pembimbing Utama : Hermawati, S.T., M.T.

Tanggal : 23 / 08 / 2021 _____

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas izin, rahmat dan karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Desain Prototipe Turbin PLTMH Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Jumlah Sudu”.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulisan tugas akhir ini atas dasar pengamatan langsung ke lapangan, wawancara dan membaca literatur-literatur yang berkaitan dengan isi tugas akhir ini.

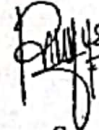
Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya beserta staff.
2. Bapak Prof.Dr.Eng.Ir.H.Joni Arliansyah,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta staff.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr.Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Desi Windisari, S. T., M. Eng., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
6. Ibu Hermawati, S. T., M. T., selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang selalu memberi bimbingan, saran, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan yang bermanfaat.

8. Kedua orang tua serta abang dan juga adik-adik saya yang telah senantiasa mendoakan kelancaran dalam penulisan skripsi ini.
9. Rekan penulis, Evlyn Rumata Simangunsong yang telah memberikan waktu serta tenaga dalam membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Seluruh teman-teman mahasiswa teknik elektro Universitas Sriwijaya Angkatan 2017

Penulis menyadari dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan penulis.

Palembang, Juni 2021



Ricky Agus Saputra Sitorus

NIM.03041281722069

KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ricky Agus Saputra Sitorus
Nim : 03041281722069
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

DĒSAIN PROTOTIPE TURBIN PLTMH JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/ formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Palembang

Pada Tanggal : 21 Juli 2021

Yang menyatakan,



Ricky Agus Saputra Sitorus

ABSTRAK

DESAIN PROTOTIPE TURBIN PLTMH JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU

(Ricky Agus Saputra Sitorus, 03041281722069, 2021, 50 Halaman)

Jumlah permintaan tenaga listrik mengalami peningkatan yang berjalan beriringan dengan kemajuan teknologi yang semakin maju serta populasi manusia yang terus menerus bertambah setiap tahun mengakibatkan peningkatan terhadap jumlah permintaan akan tenaga listrik di setiap sektor kehidupan manusia. Namun, bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan energi listrik masih menggunakan energi fosil yang jumlahnya semakin terbatas di alam serta menghasilkan emisi yang sangat tidak ramah terhadap lingkungan. Untuk itu diperlukan sumber daya yang dapat menggantikan peran utama energi fosil sebagai bahan bakar dari pembangkit listrik, yaitu dengan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang memerlukan energi air yang relatif kecil di alam. Pada penelitian ini penulis merancang dan membuat desain prototipe dari PLTMH menggunakan turbin jenis pelton dengan memvariasi jumlah sudu pada turbin. Pengujian ini menggunakan variasi sudu 14, 16 dan 18 dengan beban berupa lampu LED 3 watt. Pada pengujian tanpa beban, tegangan tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan 18 mata sudu yaitu 14,1 volt dan tegangan terendah dihasilkan oleh turbin dengan 14 mata sudu yaitu 11,5 volt. Dan pada pengujian dengan menggunakan beban, daya tertinggi dihasilkan oleh turbin 18 sudu dengan nilai 1,9075 watt dan daya terendah dihasilkan oleh turbin 14 sudu dengan nilai 1,3898 watt. Kecepatan putaran tertinggi diperoleh dengan turbin sudu 18 dengan nilai 5886,6 Rpm dan kecepatan putaran terendah diperoleh dengan turbin sudu 14 dengan nilai 1887,7 Rpm. Hal ini dikarenakan air yang ditembakkan ke arah turbin dengan sudu 18 akan lebih cepat mengalami transisi hantaman air ke masing - masing sudu dibandingkan dengan variasi sudu yang lain.

Kata Kunci : PLTMH, Turbin Pelton



Mengetahui,

Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP: 197108141999031005

Indralaya, Agustus 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Hermawati, S.T., M.T.

NIP : 197708102001122001

ABSTRACT

PROTOTYPE DESIGN OF PLTMH TYPE OF PELTON TURBINE WITH VARIATION OF THE NUMBER OF BUCKET

(Ricky Agus Saputra Sitorus, 03041281722069, 2021, 50 Pages)

The number of requests for electricity has increased which goes hand in hand with increasingly advanced technological advances and the human population that continues to grow every year resulting in an increase in the amount of demand for electricity in every sector of human life. However, the fuel needed to produce electrical energy still uses fossil energy which is increasingly limited in nature and produces emissions that are very unfriendly to the environment. For this reason, resources are needed that can replace the main role of fossil energy as fuel from power plants, namely micro-hydro power plants (MHP) which require relatively little water energy in nature. In this study the authors designed and made a prototype design of the MHP using a Pelton type turbine by varying the number of buckets on the turbine. This test uses a variation of blades 14, 16 and 18 by using a load in the form of a 3 watt LED lamp. In the no-load test, the highest voltage is produced by an 18 buckets turbine with a value of 14.1 volts and the lowest voltage is produced by a 14 buckets turbine with a value of 11.5 volts. And in testing using a load, the highest power is produced by an 18 buckets turbine with a value of 1.9075 watts and the lowest power is produced by a 14 buckets turbine with a value of 1.3898 watts. The highest rotational speed was obtained with an 18 buckets turbine with a value of 5886.6 Rpm and the lowest rotation speed was obtained with a 14 buckets turbine with a value of 1887.7 Rpm. This is because the water fired towards the turbine with 18 spoons will more quickly undergo a water impact transition to each spoon compared to the other spoon variation.

Keyword : MHP, Pelton Turbine



Mengetahui,

Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP: 197108141999031005

Indralaya, Agustus 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Hermawati, S.T., M.T.

NIP : 197708102001122001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
KATA PENGANTAR	iv
KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xv
DAFTAR RUMUS	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi Terbarukan.....	5
2.2 Pengertian PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro).....	5
2.2.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.....	7
2.2.2 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	9
2.2.3 Pemanfaatan PLTMH	9
2.2.4 Kelebihan Penggunaan PLTMH	10
2.2.5 Kekurangan Penggunaan PLTMH.....	11
2.3 Klasifikasi Turbin Air	11
2.3.1 Berdasarkan Model Aliran Air Masuk <i>Runner</i>	11
2.3.2 Berdasarkan Perubahan Momentum Fluida Kerjanya	13
2.3.3 Berdasarkan Kecepatan Spesifik (n_s)	13
2.3.4 Berdasarkan Aliran Arah Tembak Fluida	14
2.3.5 Berdasarkan <i>Head</i> dan Debit	16
2.4 Turbin Pelton.....	17

2.5	Pompa.....	20
2.6	Head.....	21
2.7	Generator	24
BAB III METODOLOGI.....		26
3.1	Metode Penelitian yang Digunakan	26
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3.3	Peralatan dan Bahan	27
3.4	Desain Prototipe Turbin Pelton	28
3.5	Desain PLTMH	29
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	30
3.7	Tahapan Penelitian	31
3.8	Rangkaian Pengukuran.....	32
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Umum.....	34
4.2.	Pengujian Tanpa Menggunakan Beban	34
4.3.	Pengujian Dengan Beban Lampu	35
4.4.	Perhitungan dan Pengolahan Data.....	35
4.4.1.	Perhitungan Daya Listrik yang Dihasilkan	35
4.4.2.	Perhitungan Efisiensi Turbin Generator.....	36
4.5.	Analisa dan Pembahasan	37
4.5.1	Hubungan Jumlah Sudu dan Kecepatan Putaran	37
4.5.2.	Hubungan Jumlah Sudu dan Tegangan.....	38
4.5.3.	Hubungan Jumlah Sudu dan Daya Output.....	39
4.5.4.	Hubungan Jumlah Sudu dan Efisiensi Turbin.....	40
BAB V PENUTUP.....		42
5.1.	Kesimpulan.....	42
5.2.	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	6
Gambar 2. 2 Skema PLTMH	8
Gambar 2. 3 Turbin Aliran Tangensial	12
Gambar 2. 4 Turbin Aliran Aksial	12
Gambar 2. 5 Turbin Aliran Aksial-Radial.....	13
Gambar 2. 6 Turbin Undershot	14
Gambar 2. 7 Turbin Breastshot	15
Gambar 2. 8 Turbin Overshot	15
Gambar 2. 9 Empat Macam Runner Turbin Konvensional	16
Gambar 2. 10 Turbin Pelton	17
Gambar 2. 11 Sudu Turbin Pelton, (1) Sudu Turbin (2) Baut (3) Piringan	18
Gambar 2. 12 Nozzle.....	19
Gambar 2. 13 Head Potensial Pada PLTMH	21
Gambar 2. 14 Bentuk dan Dimensi Penstock.....	23
Gambar 3. 1 Sudu (Bucket) Turbin Pelton.....	28
Gambar 3. 2 Runner Turbin Pelton.....	28
Gambar 3. 3 Desain PLTMH	29
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3. 5 Rangkaian Pengukuran Tegangan Tanpa Beban.....	32
Gambar 3. 6 Rangkaian Pengukuran Tegangan Dengan Beban	32
Gambar 3. 7 Rangkaian Pengukuran Arus.....	33
Gambar 4. 1 Prototipe Turbin PLTMH.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Definisi Tenaga Air Berdasarkan Kapasitas Daya	9
Tabel 2. 2 Kapasitas Terpasang Pembangkit Tenaga Listrik Nasional.....	10
Tabel 2. 3 Kecepatan Spesifik Turbin Konvensional.....	12
Tabel 4. 1 Pengujian Tanpa Beban	35
Tabel 4. 2 Pengujian Dengan Lampu DC 3 Watt	35

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Putaran Turbin	37
Grafik 4. 2 Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Tegangan.....	38
Grafik 4. 3 Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Daya	39
Grafik 4. 4 Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin.....	40

DAFTAR RUMUS

Rumus 2. 1	8
Rumus 2. 2	9
Rumus 2. 3	13
Rumus 2. 4	22
Rumus 2. 5	22
Rumus 2. 6	22
Rumus 2. 7	22
Rumus 2. 8	22
Rumus 2. 9	23
Rumus 2. 10	23
Rumus 2. 11	23
Rumus 2. 12	24
Rumus 2. 13	24
Rumus 2. 14	23
Rumus 4. 1	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah permintaan tenaga listrik mengalami peningkatan yang beriringan dengan kemajuan teknologi. Hal ini juga merupakan dampak dari pertambahan populasi manusia yang sangat membutuhkan energi listrik dalam mengembangkan ilmu serta pengetahuan yang sudah ada. Pada zaman ini, energi listrik adalah jantung dari seluruh teknologi yang ada, jika ketersediaan energi listrik tidak tercukupi sesuai kebutuhan akan berdampak menghambat terhadap kegiatan manusia.

Penggunaan energi tak terbarukan yang sangat berlebihan telah menyebabkan ketersediaan bahan bakar di alam menjadi menipis. Terbatasnya jumlahnya di alam karena energi ini tidak dapat diperbarui dalam waktu yang singkat dan cepat serta berdampak buruk juga terhadap lingkungan. Walaupun ketersediaannya menipis, penggunaan energi tak terbarukan masih tetap dilakukan hingga sekarang.

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan energi alternatif yang dapat menggantikan peran dari energi tak terbarukan sebagai bahan bakar dari pembangkit – pembangkit listrik yang ada. Tentunya juga ketersediaan energi ini tidak terbatas di alam dan juga ramah terhadap lingkungan sekitar. Salah satu energi yang dapat dipergunakan adalah dengan memanfaatkan energi air.

Energi listrik merupakan salah satu infrastruktur untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan, mendorong pertumbuhan ekonomi, serta meningkatkan kesejahteraan, kesehatan, dan pendidikan. Listrik adalah salah satu input penting untuk keseluruhan pembangunan negara dan merupakan salah satu kebutuhan infrastruktur utama untuk pembangunan pertanian, industri dan sosial ekonomi.

Pembangunan ketenagalistrikan di Indonesia bertujuan untuk menjamin ketersediaan tenaga listrik yang cukup, penyediaan tenaga listrik yang berkualitas

dengan harga yang wajar guna meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran. Saat ini masih banyak masyarakat Indonesia yang belum dapat mengakses energi listrik. Rasio elektrifikasi Indonesia pada tahun 2014 sekitar 84,4%, masih ada 15,6% masyarakat Indonesia yang belum berlistrik. Penyediaan energi listrik untuk masyarakat pedesaan atau elektrifikasi pedesaan merupakan kewenangan pemerintah baik pusat maupun daerah. Permintaan listrik di daerah terpencil dapat dipenuhi dengan memperluas cakupan jaringan listrik nasional (pendekatan on-grid) atau membangun dan mengoperasikan sistem tenaga listrik yang berdiri sendiri (pendekatan off-grid) seperti pembangkit listrik tenaga mikro hidro, fotovoltaik surya, turbin angin, biogas dan biomassa.

Sudu turbin pelton dibuat berbentuk dua buah mangkok sehingga pancaran air dari model terbagi oleh sudu menjadi dua bagian dan meninggalkan sudu dengan cara dibelokkan melalui sudut yang hampir 180° . Reaksi impuls menghasilkan suatu momen punter pada poros sudu yang menyebabkan runner berputar dan terus berputar selama ada pancaran yang menerjang sudu. Untuk pembangkit listrik dengan daya yang kecil, ukuran runner dapat disesuaikan dengan debit dan tinggi jatuh air.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Pada prototipe akan dibahas perbedaan jumlah sudu pada turbin pelton akan diteliti bagaimana pengaruhnya terhadap daya keluaran dan efisiensi yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat prototipe turbin pelton dengan jumlah sudu 14, 16 dan juga 18
2. Menghitung dan membandingkan daya keluaran serta efisiensi turbin terbaik dari variasi jumlah sudu
3. Membandingkan kecepatan putaran dari masing-masing variasi jumlah sudu

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan air yang sudah ditampung terlebih dahulu pada ketinggian yang telah dipersiapkan
2. Penulis hanya mengukur tegangan DC, kecepatan putaran dan arus DC yang dihasilkan dari prototipe PLTMH dengan menggunakan beban lampu LED 3 watt
3. Penulis hanya mencari daya yang dihasilkan dari prototipe turbin pelton PLTMH

1.5 Sistematika Penulisan

proporsal tugas akhir, proporsal ini disusun dengan sistematika penulisan berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tentang dasar teori yang mengenai energi air, jenis – jenis turbin, nosel dan lain – lain.

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Tentang lokasi pelaksanaan, waktu pelaksanaan, metode pelaksanaan, rencana rumus yang akan digunakan, rencana 5 pembahasan, rencana tabel yang akan digunakan dan diagram alur.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang hasil penelitian, pengumpulan data, perhitungan dan analisa data dihasilkan dari pengaruh jumlah sudu dari turbin pelton.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Tentang kesimpulan dan saran-saran berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. H. Lumbangaol, “Energi Terbarukan Untuk Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia”, 2017.
- [2] Hadimi, Supandi dan Agus R., “Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media Simulas/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 9, No. 1, pp. 16-24, 2006.
- [3] Sri S. dan Adhi K., “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur”, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 5, No. 2, 2013.
- [4] Roy H. dan Fauzi B., “Rancang Bangun Prototipe Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbin Tipe Cross Flow”, *Seminar Nasional Fisika*, 2013.
- [5] M. Ibrahim, Iman D. dan Viktor N., “Rancang Bangun Prototipe PLTPH Sebagai Listrik Penerangan”, *Jurnal Energi dan Manufaktur*, Vol. 13, No. 2, pp. 63-69, 2020.
- [6] Haimerl, L.A. 1960. The Crossflow Turbine. Jerman Barat.
- [7] I. G. P. A. Mahayana, L. Jasa dan I. G. N. Janardana, “Rancang Bangun *Prototype* PLTMH Dengan Turbin Pelton Sebagai Modul Praktikum”, *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 7, No. 4, 2020.
- [8] Y. Prabowo, Swasti B., Nazori dan Grace G., “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor”, *Jurnal Ilmiah FIFO*, Vol. 10, No. 1, 2018.
- [9] Ridwan, “Perancangan Model Air Aliran Silang (Cross Flow Turbine) Dengan Head 2 m dan Debit $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ ”, *JTM*, Vol. 3, No. 3, 2014.
- [10] Arief M. dan Ahmad Y., “Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner”, *Journal of Sainstek*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-9, 2016.
- [11] R. Hatib dan A. A. Larasakti, “Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Kinerja Turbin Cross Flow”, *Jurnal Mekanikal*, Vol. 4, No. 2, pp. 416-420, 2013.

- [12] Djiteng, M., Operasi Sistem Tenaga Listrik, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2006.
- [13] A. Bahri, L. Jasa dan Y. P. Sudarmojo, “Merancang dan Mengimplementasikan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Universitas Udayana”, *Teknologi Elektro*, Vol. 16, No. 2, 2017.
- [14] NN. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. ESHA 2004.
- [15] K. S. Putra dan U. R. Sari, “Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup”, *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2018.