

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO (PLTP_h) SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK
DI LAHAN PERTANIAN**

(Skripsi)

Oleh

DHEOVANKA LAM BUTI

1957041007



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO (PLTPH) SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DI LAHAN PERTANIAN

Oleh

Dheovanka Lambuti

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) untuk aliran kecil di daerah pertanian dengan memaksimalkan tegangan yang dihasilkan oleh generator dan penaik tegangan yaitu modul *boost converter*. Prototipe dibuat dengan beberapa komponen penting yaitu turbin, kopel turbin, generator, pelampung, modul *boost converter*, *Solar Charger Controller* (SCC), dan lampu 12 V. Prototipe ini berhasil mengapung dan menghasilkan energi listrik dengan tegangan rata-rata sebelum melewati *boost converter* sebesar 13,7 V dan tegangan rata-rata setelah melewati *boost converter* yang cukup stabil yaitu sebesar 81 V. Daya yang mampu dihasilkan oleh prototipe sebelum melewati *boost converter* didapatkan nilai rata-rata sebesar 11,80 W, sedangkan jika dibandingkan setelah melewati *boost converter* daya yang dihasilkan menjadi 30,80 W. *Boost converter* terbukti mampu menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan daya yang besar dari aliran sungai yang kecil. Arus listrik yang dihasilkan oleh prototipe ini dapat di gunakan untuk keperluan para petani.

Kata Kunci : Boost Converter, Generator, Pikohidro, PLTPH, Turbin

ABSTRACT

PROTOTYPE DESIGN OF PIKOHIDRO POWER PLANT AS A SOURCE OF ELECTRIC ENERGY IN AGRICULTURAL AREAS

By

Dheovanka Lambuti

This research aims to design a prototype of Picohydro Power Plant (PLTPh) for small flows in agricultural areas by maximizing the voltage generated by the generator and voltage booster, namely the boost converter module. The prototype is made with several important components namely turbine, turbine coupling, generator, buoy, boost converter module, Solar Charger Controller (SCC), and 12 V lamp. This prototype successfully floats and produces electrical energy with an average voltage before passing through the boost converter of 13.7 V and an average voltage after passing through the boost converter which is quite stable at 81 V. The power that can be generated by the prototype before passing through the boost converter is obtained an average value of 11.80 W, while when compared after passing through the boost converter the power generated becomes 30.80 W. The boost converter is proven to be able to increase the voltage generated by a generator with a large power from a small river flow. Electric current generated by this prototype can be used for the needs of farmers.

Keyword : Boost Converter, Generator, Piko hidro, PLTPh, Turbine

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO (PLTPH) SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK
DI LAHAN PERTANIAN**

Oleh

DHEOVANKA LAMBUTI

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai
Gelar Sarjana SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) sebagai Sumber Energi Listrik di Lahan Pertanian.

Nama Mahasiswa : Dheovanka Lambuti

Nomor Pokok Mahasiswa : 1957041007

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

**Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP.198010102005011002**

Pembimbing 2

**Dr. Junaidi, S.Si, M.Sc.
NIP.198206182008121001**

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

**Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP.198010102005011002**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

Sekretaris

: Dr. Junaidi, S.Si, M.Sc.

Penguji

Bukan Pembimbing

: Drs. Amir Supriyanto, M.Si.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 5 Maret 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 Maret 2024



Dheovanka Lambuti

NPM. 1957041007

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama Dheovanka Lambuti dilahirkan di Kertosari, Kabupaten Lampung Selatan pada 3 Maret 2001, Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putra dari pasangan Bapak Mulyadi dan Ibu Septi Handayani. Penulis pernah menempuh pendidikan di TK Dharma Wanita tahun 2006-2007, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Tanjungsari pada tahun 2007-2013, setelah lulus penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Tanjungsari pada tahun 2013-2016. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikannya di SMAN 6 Bandar Lampung selama satu semester, lalu pindah ke SMAN 6 Kota Tangerang dan menyelesaikan masa SMA dari tahun 2017-2019. Setelah menyelesaikan 12 tahun wajib belajar, penulis memasuki jenjang pendidikan tinggi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung (Unila) dengan mengambil konsentrasi dalam bidang Instrumentasi Fisika. Selama menjalani pendidikan tersebut, Penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) selama dua periode sebagai anggota biro Dana dan Usaha.

Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Besar Teknologi dan Konversi Energi (B2TKE) Kota Tangerang Selatan, Banten. Penulis juga memenuhi salah satu kewajiban dari tridharma perguruan tinggi yaitu pengabdian kepada masyarakat atau Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Sukabumi, Kec. Talang Padang, Kab. Tanggamus, Provinsi Lampung. Pengalaman menulis ilmiahnya yakni laporan PKL pada tahun 2022 dengan judul “Pengaruh Koefisien Temperatur Terhadap Daya Keluaran Pada Modul Surya *Monocrystalline* Sesuai Standar *International Electrotechnical Commission (IEC) 61215*”.

MOTTO

“Skripsi yang baik adalah skripsi yang selesai”

- Muhammad Arif Jarodi –

“You only live once, but if you do it right, once is enough.”

-Mae West-

“I’m hopeless and awkward and desperate for love!”

-Chandler Bing-

“Life isn't about finding yourself. Life is about creating yourself.”

- George Bernard Shaw-

“This Is The Fight Of Our Lives, And We're Gonna Win. Whatever It Takes”

-Captain America-

PERSEMBAHAN

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, Karya ini
dipersembahkan kepada:**

**Kedua Orang Tua Tercinta
Mama Septi Handayani & Eyang Sri Wasinu**

Saya persembahkan skripsi ini kepada Mama Septi Handayani dan Eyang Sri Wasinu yang selalu memberikan ketenangan, kenyamanan, motivasi, doa terbaik, dan menyisihkan finansialnya, sehingga saya bisa menyelesaikan masa studi saya dan tanpa lelah sudah mendukung semua keputusan dan pilihan dalam hidup saya serta tidak pernah putus mendoakan saya. Kalian sangat berarti bagi saya.

Keluarga Besar The Sumarno's Family

Dalam momen-momen suka dan duka, kalian selalu ada di samping saya, menguatkan, memahami, dan mencintai tanpa syarat. terima kasih telah berbagi canda, tawa, dan tangisan bersama. Saya berharap setiap upaya dan pencapaian dalam skripsi ini dapat menjadi persembahan dan wujud terkecil dari rasa terima kasih dan cinta yang mendalam dari lubuk hati saya.

Sahabat dan Teman Seperjuangan

Dengan penuh rasa terima kasih, saya ingin mengucapkan bahwa setiap langkahku dalam penulisan skripsi ini tidak akan pernah selesai tanpa kehadiran kalian.

Almamaterku Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan atas karunia dan kesempatan yang Allah SWT berikan hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh) sebagai Sumber Energi Listrik di Lahan Pertanian”. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan juga melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas, dan inovatif dalam penulisan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, adanya kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan tersebut. Semoga skripsi ini dapat menambah wawasan literasi keilmuan serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya yang lebih baik.

Bandar Lampung, 5 Maret 2024

Penulis

Dheovanka Lambuti

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas karunia dan kesempatan yang Allah SWT berikan hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh) sebagai Sumber Energi Listrik di Lahan Pertanian”. Berhasilnya penelitian dan penulisan skripsi ini tidak hanya dilakukan oleh penulis sendiri namun adanya kontribusi beberapa pihak yang turut menyukseskan dan membuat hasil karya ini menjadi lebih baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah ikut serta membantu penulis, diantaranya:

1. Mama Septi Handayani dan Eyang Sri Wasinu selaku orang tua penulis atas semua upaya, doa, dan cinta yang kalian berikan selama ini telah menjadi pendorong utama kesuksesan saya. Semoga apa yang saya capai dapat menjadi sumber kebanggaan bagi kita semua.
2. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu serta masukannya dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi
3. Bapak Dr. Junaidi S.Si, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, saran dan bimbingannya selama pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi
4. Bapak Drs. Amir Supriyanto M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan sehingga penulisan skripsi ini dapat lebih baik
5. Ibu Suprihatin S.Si., M. Si. selaku dosen pembimbing akademik atas masukan dan bimbingan selama perkuliahan
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

7. Seluruh staff kependidikan akademik Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
8. Keluarga Besar Sumarno's Family Semua pencapaian yang saya raih dalam skripsi ini adalah berkat doa dan dukungan kalian semua. Terimakasih sudah memberikan cinta, dukungan, dan bimbingan yang tak ternilai harganya sepanjang perjalanan ini. Keberadaan keluarga sebagai teladan dan pendorong utama telah memberikan fondasi yang kokoh bagi pencapaian saya. Saya berjanji akan terus berusaha menjadi pribadi yang lebih baik dan membahagiakan kalian semua
9. Sahabat seperjuanganku M. Arif Jarodi, Naufal Zaidan, Syaima Camilla, Cahyo Prasetyo Wibowo, M. Gilang Ramadhan, M. Ihsan Fadhilah, dan Riyandi Imran Nugraha. Saya bersyukur memiliki kalian dalam hidup saya, dan setiap langkahku dalam skripsi ini adalah hasil dari dukungan dan motivasi kalian
10. Pemilik NPM 1917031022 terimakasih untuk momen-momen suka dan duka, selalu ada di samping saya, terima kasih telah berbagi canda, tawa, dan tangisan bersama selama pengerjaan skripsi ini.

Serta berbagai pihak yang telah ikut serta membantu dalam menyelesaikan skripsi dan masa studi penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga Allah SWT membalas dengan kebaikan dan kemudahan dalam segala urusannya.

Bandar Lampung, 5 Maret 2023

Penulis,

Dheovanka Lambuti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	7
2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH).....	9
2.2.3 Generator	10
2.2.4 Gaya Gerak Listrik.....	12
2.2.5 Hukum Bernoulli	14
2.2.6 Hukum Archimedes	15
2.2.7 Gerak Melingkar	16
2.2.8 Transfer Energi Mekanik	17
2.2.9 Perhitungan Efisiensi pada Roda Gigi.....	19
2.2.10 Turbin Air.....	21
2.2.11 <i>Boost Converter</i>	24

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat Dan Bahan	25
3.3 Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1 Perancangan <i>Prototype</i>	28
3.3.2 Perancangan Sistem Penghasil Listrik	28
3.4 Rancangan Data Hasil Penelitian	30

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian.....	32
4.1.1 Realisai Alat	32
4.1.1.1 Pembuatan Kerangka Turbin.....	32
4.1.1.2 Pemasangan Komponen Utama pada Turbin	35
4.1.2 Rangkaian Listrik pada Prototipe	36
4.2. Pengujian dan Analisis Data.....	38
4.2.1 Kecepatan Arus Sungai	39

4.2.2 Pengaruh Kecepatan Arus terhadap Kecepatan Putar Turbin dan Generator	40
4.2.3 Tegangan sebelum dan sesudah melalui boost converter	42
4.2.4 Arus generator sebelum dan sesudah melewati <i>boost converter</i>	45
4.2.5 Daya generator sebelum dan sesudah melewati <i>boost converter</i>	47

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	50
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Proses Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	10
Gambar 2. 2 Generator AC	11
Gambar 2. 3 Generator DC	12
Gambar 2. 4 Mekanisme Terjadinya GGL Induksi	13
Gambar 2. 5 Fluida Dalam Aliran Laminar Melewati Pipa yang Tertutup	14
Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Hukum Archimedes	15
Gambar 2. 7 Kecepatan Linier Gerak Melingkar	17
Gambar 2. 8 Hubungan Roda-Roda Sepusat	18
Gambar 2. 9 Hubungan Roda Roda yang dihubungkan rantai	19
Gambar 2. 10 Kincir Air Pelton	23
Gambar 2. 11 Kincir Air <i>Francis</i>	23
Gambar 2. 12 Lintasan Turbin Air Crossflow	24
Gambar 2. 13 Konstruksi Turbin Air Propeler	24
Gambar 2. 14 Konstruksi Turbin Air Turgo	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir	27
Gambar 3. 2 Desain rancangan alat PLTPH	28
Gambar 3. 3 Skema alat pengisian daya	29
Gambar 3. 4 Grafik Hubungan antara kecepatan putar generator terhadap tegangan/ arus/ daya	31
Gambar 4. 1 Realisasi Kerangka Turbin	33
Gambar 4. 2 Kopel Turbin-Generator.	35
Gambar 4. 3 Pemasangan Sudu, Generator dan <i>Styrofoam</i>	35
Gambar 4. 4 Rangkaian Listrik PLTPH	37
Gambar 4. 5 Proses pengujian prototipe PLTPH	38

Gambar 4. 6 Grafik hubungan kecepatan arus terhadap (a) kecepatan turbin; dan (b) kecepatan putar generator	41
Gambar 4. 7 Grafik hubungan kecepatan putar generator terhadap (a) tegangan V1; (b) tegangan V2.....	44
Gambar 4. 8 Grafik hubungan kecepatan putar generator terhadap (a) arus (A1) (b) Arus (A2)	46
Gambar 4. 9 Grafik hubungan kecepatan putar generator terhadap (a) Daya (P1) (b) Daya (P2)	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air berdasarkan kapasitas	9
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam Perancangan <i>Prototype</i>	25
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam Perancangan <i>Prototype</i>	26
Tabel 3.3 Spesifikasi Generator DC	29
Tabel 3.4 Pengukuran Kecepatan dan Elektrik Generator.....	31
Tabel 4.1 Pengukuran kecepatan arus.....	39
Tabel 4.2 Hubungan Kecepatan arus terhadap turbin dan generator.....	40
Tabel 4.3 Hubungan kecepatan putar terhadap tegangan	42
Tabel 4.4 Hubungan kecepatan putar terhadap arus	45
Tabel 4.5 Hubungan kecepatan putar terhadap daya	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat dengan adanya pertumbuhan jumlah masyarakat dan juga meningkatnya kebutuhan listrik karena tumbuhnya industri di Indonesia. Energi listrik merupakan kebutuhan pokok yang harus dipenuhi karena banyak aktivitas dalam kehidupan manusia yang harus diaktifkan atau digerakkan oleh energi listrik (Masnur, 2021). Pada Tahun 2017–2026 kebutuhan listrik di Indonesia diproyeksikan meningkat yaitu rata-rata sebesar 8,3% khusus dalam kebutuhan listrik untuk sektor industri sebesar 9,2% (PLN, 2017). Pemenuhan kebutuhan listrik ini sangat diperlukan di masyarakat khususnya di sektor pertanian, yang merupakan salah satu sumber penghasilan utama masyarakat Indonesia sebagai negara agraris.

Elektrifikasi pertanian merupakan bentuk terobosan dari pemerintah yang diharapkan mampu membantu meningkatkan produksi hasil pertanian di Indonesia. Direktur utama PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) Prasodjo mengatakan, program *Electrifying Agriculture* (EA) didesain untuk mendorong pemanfaatan teknologi guna meningkatkan produktivitas petani atau peternak melalui pemanfaatan energi listrik. Harapannya, program EA tidak hanya untuk meningkatkan permintaan listrik, tapi secara strategis juga untuk mendukung kemandirian pangan nasional (Syofiadi, 2022). Listrik ini dapat dimanfaatkan untuk alat mesin pertanian, dalam bentuk bangunan pertanian, dan juga dapat untuk membasmi atau pengendalian hama. Menurut Kusuma *and* Rahim (2021) program elektrifikasi pertanian juga bertujuan meningkatkan penggunaan mesin-mesin pertanian berbasis listrik dan juga diharapkan dapat mendorong petani agar bisa menjadi lebih maju dan modern.

Salah satu kelebihan dari elektrifikasi pertanian ini yaitu dapat mengurangi jejak karbon yang dihasilkan oleh industri pertanian. Dikutip dari Soofi *et al.* (2022) Elektrifikasi pertanian ini dapat berupa elektrifikasi mesin, irigasi dan sistem pestisida pada pertanian dapat mengurangi jejak karbon subsistem rantai makanan hilir sebanyak 20% dan dapat ditingkatkan jika kita dapat mengatasi masalah transportasi dan distribusi produk pertanian.

Para petani menggunakan aliran sungai dan irigasi untuk memenuhi kebutuhan air di sawah mereka. Aliran dari sungai atau irigasi ini dapat kita jadikan sumber energi listrik alternatif yang dapat digunakan masyarakat, dengan aliran air ini dapat kita manfaatkan untuk memutar poros turbin untuk menghasilkan energi mekanik.

Energi tersebut kemudian menggerakkan generator dan menghasilkan listrik (Dimiyati, 2020). Energi listrik dapat diciptakan dengan memanfaatkan aliran sumber daya alam yang tersedia seperti irigasi, air terjun atau sungai dengan merubah energi kinetik dari turbin air yang kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan generator. Air sebagai energi penggerak akan memutar turbin yang kemudian akan menggerakkan generator sehingga gerakan tersebut akan menghasilkan Gaya Gerak Listrik (GGL). Penemuan ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867) dengan menyatukan dua eksperimen yang berhubungan dengan GGL induksi (Giancoli, 2001). Generator merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari energi mekanik dan biasanya menggunakan induksi elektromagnet dalam sistem kerjanya (Saputra dkk., 2016). Pembangkit listrik yang bersumber dari aliran air disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh). Dengan adanya PLTMh pada saluran irigasi akan dapat dimanfaatkan pada program elektrifikasi pertanian (Matoka dan Mohamad, 2006).

Secara sistem kerja PLTMh dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) menggunakan teori dan cara kerja yang sama namun PLTMh merupakan pembangkit listrik dengan daya maksimal sebesar 5 kW (Bustami dan Multi, 2017). Secara teknis mikrohidro menggunakan tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin yang berputar, dan generator yang merubah energi mekanik menjadi listrik. Salah satu penelitian yang berhubungan dengan pembangkit listrik

yang menggunakan aliran air, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Warsito dkk. (2011). Pemanfaatan aliran air berdebit kecil sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan menggunakan mini turbin tipe *francis* dan generator magnet permanen 3 pasang kutub yang mempunyai kecepatan putar optimal 2400 rpm (*rotation per minute*). Keluaran yang dihasilkan dari generator tersebut berupa tegangan dan arus bolak balik dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 12 V dan kapasitas daya 6 W.

Daya listrik yang dapat dihasilkan dari PLTPh ini sangat bergantung dari debit air yang mengalir dan juga kecepatan arus air yang mengalir parit atau sungai yang berada di di sekitar persawahan, sehingga dibutuhkan sebuah tambahan perangkat yang dapat memaksimalkan daya listrik yang dihasilkan. Penelitian mengenai PLTPh dengan debit yang tergolong kecil atau hanya menggunakan aliran sungai yaitu merupakan penelitian yang dilakukan oleh Aditia dkk. (2023), dalam penelitiannya rancang bangun generator nanohidro yang dibuat mampu bekerja dengan baik dan konstan selama turbin berputar, ini dibuktikan pada pengambilan data dalam waktu 20 menit setiap 60 detik menghasilkan tegangan sebesar 19,02 volt sampai 19,46 volt dengan kecepatan rotasi turbin yang dihasilkan pada percobaan ini bernilai konstan dalam waktu 20 menit rata-rata 30,1 (rpm). Penelitian yang dilakukan dapat menjadi penemuan bahwa PLTPh dapat menghasilkan aliran listrik walau hanya dengan aliran sungai dengan debit yang tergolong kecil.

Penelitian sebelumnya sudah berhasil membuat alat yang dapat menghasilkan energi listrik, penulis ingin mengusulkan untuk menambah rangkaian suatu modul elektronik sederhana yang digunakan untuk meningkatkan tegangan dari sumber yang rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi dengan efisiensi tinggi yaitu modul *boost converter*. Berdasarkan hal tersebut penulis akan membahas dan merancang sebuah rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPh) sebagai sumber energi listrik di ladang persawahan dengan harapan dibuatnya alat ini dapat memaksimalkan penelitian sebelumnya dan membantu masyarakat dalam memenuhi kebutuhan listrik di ladang persawahan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan sumber aliran air yang kecil?
2. Bagaimana pengaruh modul *boost converter* terhadap hasil *output* tegangan yang dihasilkan PLTPH?
3. Bagaimana pengaruh modul *boost converter* terhadap hasil *output* daya yang dihasilkan PLTPH?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat sebuah alat yang dapat menghasilkan daya listrik menggunakan sumber aliran air dengan debit kecil.
2. Mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh generator pada prototipe PLTPH.
3. Mengetahui daya yang dihasilkan oleh generator pada prototipe PLTPH.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan prototipe PLTPH untuk dapat membantu elektrifikasi di bidang pertanian.
2. Menghasilkan sumber energi alternatif berbasis aliran sungai dengan tingkat pengisian tegangan yang relatif cepat menggunakan modul *boost converter*.
3. Mengetahui prinsip kerja alat bersumber PLTPH dengan tambahan instalasi modul *boost converter*.
4. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila dalam bidang Fisika Instrumentasi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan alat menggunakan turbin air, generator, dan modul *boost converter* sebagai penaik tegangan yang dihasilkan.
2. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbedaan pengaruh kinerja modul *boost converter* terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan.
3. Energi yang digunakan untuk menggerakkan generator berasal dari aliran air pada sungai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait mengenai pembangkit listrik pikohidro oleh Sakura dkk. (2017) rancang bangun generator sebagai sumber energi listrik nanohidro. Dalam penelitiannya, penulis menggunakan prototipe generator magnet permanen dan menggunakan kumparan stator ganda. Generator yang dirancang mampu menghasilkan arus listrik pada putaran rendah yaitu mulai dari 300 rpm. Keberadaan stator ganda mampu meningkatkan daya listrik yang dihasilkan. Generator merupakan pengkonversi energi dari bentuk energi mekanik menjadi energi listrik yang berlangsung di daerah medan magnet. Medan magnet memiliki keutamaan yaitu di dalam proses konversi energi disebabkan terdapatnya bahan-bahan magnetik yang nantinya akan memungkinkan diperolehnya kerapatan energi yang tinggi.

Selanjutnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Arifin dkk. (2023), yaitu produksi rangkaian pengoptimalan pengisian baterai lithium ion 48 V/ 20 A pada kendaraan listrik dari pembangkit tenaga surya dengan menggunakan sistem *boost converter*. Dalam penelitiannya penulis berhasil membuat sistem pengisian baterai dengan menggunakan sistem *boost converter* dan memungkinkan pengisian pada baterai secara efisien dan memaksimalkan sumber daya energi terbarukan. Hasil penelitiannya mendapatkan daya yang lebih tinggi sesudah menggunakan *boost converter* dibandingkan sebelum menggunakan *boost converter*. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya sebelum menggunakan *boost converter* memiliki nilai sebesar 22,78 V, setelah ditambahkan *boost converter* tegangan yang didapatkan nilai sebesar 51,56 V.

Penelitian yang dilakukan oleh Aditia dkk. (2023), dengan judul rancang bangun generator apung nanohidro sebagai sumber penerangan pada lahan persawahan juga menjadi refrensi penulis dalam pembuatan rancang bangun alat. Dalam penelitiannya, penulis bertujuan membuat generator yang dapat menghasilkan listrik pada irigasi pertanian. Generator yang ditujukan untuk mengubah energi mekanik menjadi listrik, penulis membuat rancangan generator apung menggunakan turbin yang sebagian besar menggunakan bahan utama pipa agar alat dapat mengapung dan besi untuk menjadi kerangka dari turbin yang dibuat. Alat yang dirancang oleh penulis memiliki keluaran tegangan rata-rata 19,19 volt dari pengambilan data 20 kali dengan rentang waktu 1 menit. Kecepatan rata-rata *range per minute* (rpm) generator sebesar 30,1 rpm dan turbin 104,4 rpm.

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik bertenaga air pada dasarnya memanfaatkan energi kinetik aliran air yang berasal dari energi potensial air dari hulu atau penampungan berupa danau dan bendungan yang memiliki ketinggian tertentu. Indonesia yang memiliki topografi bergunung dan berbukit memiliki peluang potensi energi air yang besar. Potensi energi air di Indonesia diperkirakan mencapai 94,449 MW. Potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTA 75,091 MW sementara yang dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) mencapai 19,358 MW (Taufiqurrahman dan Windarta, 2020). Tenaga air yang berbasis pada roda air merupakan sumber energi terbarukan tertua di dunia dan salah satu sumber energi mekanik pertama yang tidak bergantung pada manusia ataupun hewan (Breeze, 2019). Sistem kerja PLTA adalah mengubah energi potensial air yang telah ditampung di waduk menjadi energi kinetik dengan cara mengalirkan air melalui pipa (*penstock*). Kemudian air yang telah dipercepat tersebut akan digunakan untuk memutar turbin. Turbin yang telah berputar disambung dengan *shaft* antara turbin dan generator sehingga rotor pada generator juga akan berputar. Perputaran turbin tersebut mengakibatkan perbedaan dari medan magnet yang akan menghasilkan energi listrik karena perpotongan oleh stator (Lukas dkk., 2017). Pembangkit kecil umumnya

menggunakan aliran sungai sebagai tenaga air untuk menggerakkan turbin, pembangkit mini/mikro/pikohidro elektrik menggunakan aliran air yang sangat kecil, biasanya terdapat di saluran air, tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca, dan memiliki tingkat pemanfaatan kapasitas 70% (Fuji *et al.*, 2017).

Daya listrik adalah ukuran seberapa cepat energi listrik digunakan, dipindahkan, atau diubah menjadi bentuk kerja lainnya dalam sistem listrik. Daya diukur dalam satuan watt dan merupakan salah satu konsep paling dasar dalam ilmu listrik. Daya listrik adalah ukuran yang penting dalam perhitungan dan perancangan sistem listrik, dalam perhitungan daya yang dibangkitkan pada penelitian ini yaitu dengan **Persamaan (2.1)**.

$$P = VI \quad (2.1)$$

dengan P adalah daya listrik (W), V adalah tegangan listrik (V) dan I adalah arus listrik (A) (Serway *and* Jewett, 2009).

Perhitungan efisiensi dalam (PLTPh) adalah cara untuk mengevaluasi sejauh mana pembangkit listrik tersebut mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik dengan efisien. Efisiensi ini diukur dengan membandingkan listrik yang dihasilkan dengan energi kinetik air yang tersedia. Berikut adalah rumus dasar untuk menghitung efisiensi (PLTPh) dapat dilihat pada **Persamaan (2.2)**.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan η adalah Efisiensi (%), P_o adalah daya keluaran (*output power*) dari turbin (W) , dan P_i adalah daya masukan (*input power*) adalah daya air yang masuk ke turbin (W). Perhitungan efisiensi membantu dalam mengevaluasi kinerja PLTPh dan dapat digunakan untuk perencanaan dan pengoptimalan sistem (Nisa dan Santoso, 2022).

Secara umum, pembangkit listrik tenaga air diklasifikasikan berdasarkan kapasitas dan jenis skema. Berdasarkan kapasitasnya pembangkit listrik tenaga air terbagi menjadi beberapa jenis seperti pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air berdasarkan kapasitas.

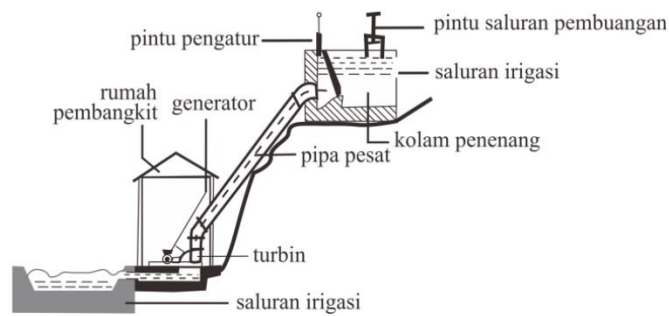
Jenis	Kapasitas
Pembangkit Skala Besar	>100 MW
Pembangkit Skala Menengah	20 W - 100 MW
Pembangkit Skala Kecil	1 - 20 MW
Minihidro	100 kW - 1 MW
Mikrohidro	5 - 100 kW
Pikohidro	<5 kW

Pembangkit skala besar dan pembangkit skala menengah biasanya terdapat pada pembangkit listrik yang menggunakan bendungan sebagai sumber tenaga airnya (Philander, 2008).

2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh)

Pikohidro adalah pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai daya kurang dari 5 kW sehingga hanya dapat digunakan untuk penerangan dengan beban langsung menggunakan lampu pijar atau lampu hemat energi. Terdapat lokasi yang dapat dijadikan tempat suatu pembangkit listrik tenaga pikohidro berupa saluran irigasi atau sungai kecil yang berlokasi di daerah terpencil dan ladang persawahan (Budiman dan Hariyanto, 2014). Pikohidro telah menjadi sumber ekonomi dan banyak dimanfaatkan di beberapa negara miskin di dunia, dan juga tempat yang tidak dapat diakses dan dikarenakan biaya operasional pikrohidro relatif rendah setelah instalasi awalnya. Setelah sistem terpasang, biaya pemeliharaan dan operasionalnya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan beberapa sumber energi konvensional. Pembangkit listrik pikohidro ini menghasilkan listrik yang memungkinkan listrik standar peralatan yang akan digunakan. Contoh umum perangkat yang dapat didukung oleh pikohidro adalah bola lampu, radio dan televisi (Zainuddin dkk., 2009).

Sistem kerja PLTPh pada umumnya menggunakan prinsip yang sama dengan PLTMh, perbedaannya terletak pada daya yang dapat dihasilkan oleh kedua pembangkit listrik tersebut. Sistem kerja PLTPh dijelaskan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Proses kerja pembangkit listrik tenaga pikohidro (Soleh *et al.*, 2020).

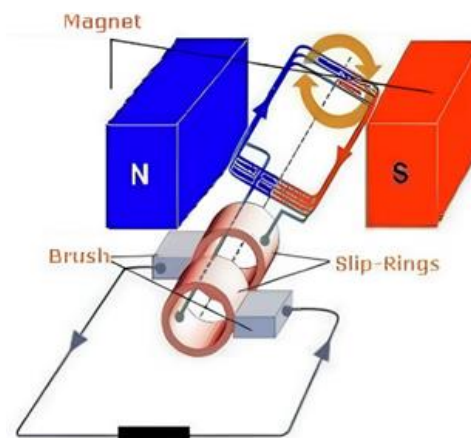
Sistem ini akan beroperasi menggunakan saluran masuk air (*Intake*) yang tingginya beberapa meter dari tanah. Dari saluran masuk air, air mengalir menuruni bukit melalui sistem saluran air perpipaan (*Penstock*). Bentuk *penstock* yang menurun memungkinkan air untuk mempercepat untuk bergerak ke arah turbin. Dengan demikian, turbin akan memutar alternator untuk menghasilkan listrik. Aliran air di dalam pipa memiliki potensi kinetik energi untuk memutar turbin generator skala kecil untuk listrik generasi. Fungsi utama dari sistem yaitu untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh sarana pengisian baterai untuk penggunaan masa depan terutama selama pemadaman listrik (Zainuddin dkk., 2009).

2.2.3 Generator

Generator merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari energi mekanik dan biasanya menggunakan induksi elektromagnet dalam sistem kerjanya (Saputra dkk., 2016). Prinsip kerja generator menggunakan dasar hukum *Faraday* yaitu apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk GGL induksi. Demikian pula sebaliknya bila sepotong kawat penghantar listrik digerakan dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga akan terbentuk GGL induksi (Budiman dkk., 2012). Sebuah GGL dapat diinduksi dalam berbagai proses yang melibatkan sebuah perubahan fluks magnet. (Serway *and* Jewett, 2009).

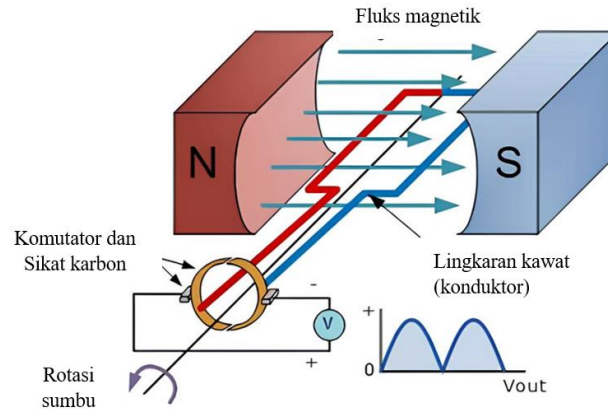
Generator dibedakan menjadi dua jenis menurut jenis arusnya, yaitu generator arus searah dan generator arus bolak-balik. Perbedaannya generator *Direct Current* (DC) menggunakan komutator sedangkan generator *Alternative Current* (AC) menggunakan *slip ring* (Setiyo, 2017).

Generator AC adalah generator yang menghasilkan listrik arus bolak balik. Generator arus bolak balik sering disebut generator sinkron atau alternator. Pada generator AC, kumparan jangkar disebut juga dengan kumparan stator karena karena berada pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik. Sesuai dengan hukum Faraday, tegangan akan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut berada dalam medan magnet berubah-ubah sehingga memotong garis-garis gaya, maka di dalam konduktor tersebut akan terbentuk GGL induksi (Budiman dkk., 2012). Sistem kerja generator AC ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Generator AC (Dietzel, 1988).

Generator DC adalah generator yang menghasilkan arus searah. Sistem kerja Generator DC sama dengan generator AC namun, dalam generator DC arah arus induksi tidak berubah hal ini karena cincin digunakan dalam generator DC dalam bentuk cincin *split* (saklar). Pembalik menyebabkan pergantian, peristiwa pergantian mengubah arus yang dihasilkan generator harus searah. Perbedaan dengan AC yaitu kedua ujung kumparan secara bergantian akan menyentuh kedua *brush*. Jadi aliran arus negatif dan positif akan dipisahkan oleh kedua *brush* ini, jadi timbul aliran listrik searah (Budiman dkk., 2012). Generator DC terdiri dari dua bagian, yaitu stator yang merupakan bagian tetap dari mesin DC, dan bagian rotor yang merupakan bagian mesin DC yang berputar (Purnama, 2015). Sistem kerja generator DC ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Generator DC (Anonim, 2024).

2.2.4 Gaya Gerak Listrik

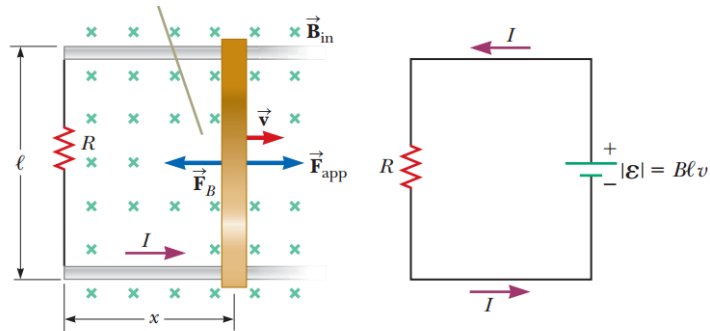
Eksperimen yang dilakukan oleh Michael Faraday di Inggris pada tahun 1831 menunjukkan bahwa sebuah ggl dapat diinduksi dalam suatu rangkaian oleh sebuah medan magnet yang berubah-ubah. Hasil dari eksperimen ini mengarah ke yang sangat mendasar dan penting untuk hukum elektromagnetisme yang dikenal sebagai hukum induksi Faraday (Serway and Jewett, 2009). Aliran fluks magnet yang mengalir pada kumparan disebut arus, sedangkan GGL induksi yang berubah-ubah pada ujung-ujung kumparan sebagai beda potensial atau tegangan (Noprizal dkk., 2019). Arus listrik induksi muncul selama ada perubahan fluks magnetik, Berdasarkan gaya gerak listrik atau tegangan yang menimbulkan arus listrik yang sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang melalui kumparan (Mustofa dkk., 2014).

Arus yang menghasilkan medan magnetik dapat ditingkatkan atau diturunkan, magnet permanen dapat digerakkan keluar masuk rangkaiannya, rangkaiannya sendiri dapat digerakkan mendekati dan menjauhi sumber fluks, didalam situasi dan kondisi apapun, GGL akan diinduksi dalam rangkaian tersebut yang sama dengan besar laju perubahan fluks magnetiknya, dapat dilihat pada **Persamaan (2.3)**.

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.3)$$

dengan ε adalah GGL (V), $\frac{d\Phi}{dt}$ adalah laju perubahan fluks magnetik dalam satuan fluks per satuan waktu (Wb).

Jika suatu kawat penghantar digerakkan memotong arah suatu medan magnet maka akan timbul suatu GGL induksi seperti pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Mekanisme terjadinya GGL induksi (Serway and Jewett, 2009).

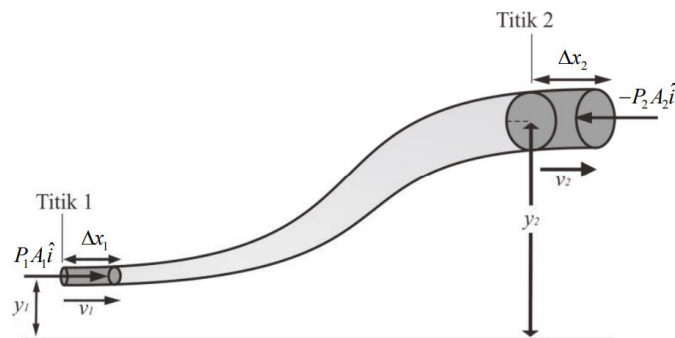
Pada kedudukan magnet seperti pada **Gambar 2.4**, Medan magnetik \vec{B} yang seragam dan konstan diterapkan tegak lurus terhadap bidang rangkaian. Saat batang ditarik ke kanan dengan kecepatan \vec{v} di bawah pengaruh gaya yang diterapkan \vec{F}_{app} , muatan bebas dalam batang mengalami gaya magnetik yang mengarah sepanjang panjang batang. Gaya ini menyebabkan terbentuknya arus terinduksi karena muatan bebas dapat bergerak dalam jalur penghantar tertutup. Dalam kasus ini, laju perubahan fluks magnetik melalui rangkaian dan GGL gerak terinduksi yang sesuai melalui batang yang bergerak, berkaitan dengan perubahan luas rangkaian. (Serway and Jewett, 2009). Magnet akan bergerak apabila ada gaya yang diberikan ke sistem keseimbangan magnet. Jadi, dapat disimpulkan bahwa untuk membangkitkan GGL induksi bisa dilakukan dengan beberapa cara berikut:

- Menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan.
- Menggerakkan magnet di sekitar kumparan.
- Mengubah medan magnetik dengan menaikkan atau menurunkan arus dalam kumparan.
- Menggerakkan kumparan disekitar sumber fluks.

(Giancoli, 2001).

2.2.5 Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli merupakan hukum dasar dalam menyelesaikan persoalan fluida yang bergerak atau mengalir. Ketika fluida bergerak melalui suatu wilayah di mana kecepatan atau ketinggiannya di atas permukaan bumi berubah, tekanan dalam fluida bervariasi dengan perubahan ini. Hubungan antara kecepatan, tekanan, dan ketinggian fluida pertama kali ditemukan pada tahun 1738 oleh fisikawan Swiss Daniel Bernoulli (Serway *and* Jewett, 2009). Hukum ini menyatakan bahwa jumlah tekanan energi kinetis persatuan volume dan energi potensial persatuan volume mempunyai nilai yang sama disetiap titik sepanjang aliran (Sultan dkk., 2020). Menurut penelitian yang dilakukan Jamaluddin (2008) model venturi bisa dipakai dalam menentukan dari sifat fluida, perbedaan tekanan, volume air, debit air, dan kecepatan aliran fluida pada tekanan statis. Berikut ini adalah aliran dari suatu segmen fluida ideal yang melewati pipa yang tidak beraturan dengan selang waktu Δt yang ditunjukkan di **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Fluida dalam aliran laminar melewati pipa tertutup (Serway *and* Jewett, 2009).

Dapat dilihat pada **Gambar 2.5** di awal selang waktu tersebut, segmen dari fluida adalah bagian yang diarsir di sebelah kiri dan bagian yang tidak diarsir. Selama selang waktu tersebut, ujung sebelah kirinya bergerak ke kanan sejauh jarak Δx_1 yang merupakan panjang dari bagian yang diarsir sebelah kiri. Sedangkan ujung sebelah kanannya bergerak ke kanan sejauh jarak Δx_2 yang merupakan panjang dari bagian abu-abu yang diarsir (bagian 2) di bagian atas **Gambar 2.5**. Oleh karena itu, pada akhir dari selang waktu tersebut, segmen fluida terdiri dari bagian yang tidak diarsir dan bagian abu-abu yang diarsir di sebelah kanan atas (Soleh dkk., 2020).

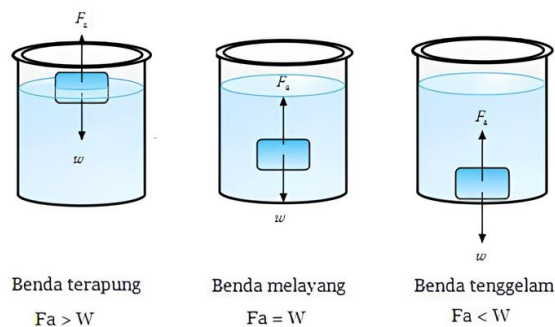
Berikut ini adalah persamaan Bernoulli adalah persamaan dasar dalam mekanika fluida yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara tekanan, kecepatan, dan ketinggian potensial dari sebuah fluida yang mengalir dalam suatu sistem. Persamaan Bernoulli dapat dilihat pada **Persamaan (2.4)**.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho gh_1 + \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho gh_2 + \rho v_2^2 \quad (2.4)$$

dengan P_1 adalah tekanan pada pipa pertama (Pa), P_2 merupakan tekanan pada pipa kedua (Pa), ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3), h_1 merupakan ketinggian pipa pertama dan h_2 merupakan ketinggian pada pipa kedua (m), v_1 adalah kecepatan fluida pada pipa pertama (m/s), dan v_2 adalah kecepatan fluida pada pipa kedua (m/s) (Rohman, 2021).

2.2.6 Hukum Archimedes

Prinsip Archimedes merupakan salah satu hukum yang paling esensial mengenai fisika dan mekanika fluida. Pada dasarnya prinsip ini menyatakan benda yang dicelupkan ke dalam fluida akan mengapung ke atas dengan gaya yang sama dengan berat fluida yang dipindahkannya. Gaya apung ini merupakan gaya resultan pada benda yang disebabkan oleh semua gaya yang diterapkan oleh fluida yang mengelilingi benda tersebut (Serway and Jewett, 2009). Prinsip ini, yang mungkin merupakan hukum paling mendasar dalam hidrostatis, menjelaskan mengapa benda-benda terapung di permukaan air dan menjelaskan fenomena alam baik dari sudut pandang kualitatif maupun kuantitatif (Mohazzabi, 2010). Hukum Archimedes yang menjadi dasar dari keilmuan mengenai benda mengapung ini banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Demonstrasi hukum Archimedes ini dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Prinsip kerja hukum Archimedes (Serway and Jewett, 2009).

Sebuah benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam suatu fluida akan mengalami gaya apung sebesar berat fluida yang dipindahkan (terdesak). Jika mencelupkan benda ke dalam air lalu benda tersebut mengambang pada permukaan fluida tanpa tenggelam atau melayang ke permukaan, Suatu benda dikatakan tenggelam jika gaya beratnya lebih besar dari gaya apung yang dihasilkan oleh fluida yang mengelilinginya. Ketika benda tercelup dalam air, artinya benda mengalami suatu gaya yang dinamakan gaya apung (*buoyant force*). Gaya apung ini sebanding dengan berat benda yang tercelup dalam air, perumusan ini ditunjukkan pada **Persamaan (2.5)**.

$$F_a = Vg\rho_f \quad (2.5)$$

dengan F_a adalah gaya apung yang arahnya vertikal melalui pusat massa benda (N), V adalah volume air yang terdesak (m^3), Karena benda yang ada di dalam fluida memiliki berat, dimana berat benda memiliki **Persamaan (2.6)**.

$$W = mg = \rho_b V_b g \quad (2.6)$$

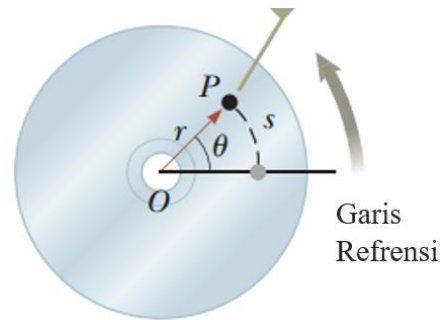
dengan W adalah berat fluida yang dipindahkan oleh benda (kg/m^3), dan m adalah massa (kg). Maka total gayanya menjadi **Persamaan (2.7)**.

$$F = V_a g \rho_f - V_b g \rho_b \quad (2.7)$$

dengan V_a adalah volume air yang terdesak atau volume benda yang tercelup (m^3), V_b adalah volume benda total (m^3). Jika benda tercelup sepenuhnya maka jelas menjadi $V_a = V_b$ (Ishaq, 2007).

2.2.7 Gerak Melingkar

Gerak melingkar adalah gerak suatu benda yang membentuk lintasan berupa lingkaran mengelilingi suatu titik tetap. Agar suatu benda dapat bergerak melingkar ia membutuhkan adanya gaya yang selalu membelokkan-nya menuju pusat lintasan lingkaran seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Kecepatan linier gerak melingkar (Serway and Jewett, 2009).

Gambar 2.7 mengilustrasikan pandangan dari atas sebuah *compact disc* (CD) yang berputar. *Disc* tersebut berputar mengelilingi suatu sumbu tetap yang tegak lurus terhadap bidang gambar dan melewati tengah disc di O . Sebuah elemen kecil dari *disc* yang dimodelkan sebagai partikel di P berada pada jarak tetap r dari pusat dan berputar mengelilingi pusat dalam suatu lingkaran berjari-jari r . Representasi untuk posisi P adalah dengan koordinat polar (r, θ) , di mana r adalah jarak dari pusat ke P dan θ diukur searah jarum jam dari suatu garis referensi yang tetap di ruang seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.7**. Dalam representasi ini, sudut θ berubah seiring waktu sementara r tetap konstan. Saat partikel bergerak mengelilingi lingkaran dari garis referensi, yang sudutnya θ sama dengan 0, ia bergerak melalui busur panjang s seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.7**. Panjang busur s berhubungan dengan sudut θ melalui **Persamaan (2.8)**

$$s = r \theta \quad (2.8)$$

dengan s adalah panjang busur (m), r adalah jari-jari lintasan melingkar (m), dan θ adalah sudut dalam radian ($^\circ$). Persamaan ini menggambarkan kaitan antara jarak linear yang ditempuh sepanjang lintasan melingkar (panjang busur) dan sudut yang sesuai dalam radian (Serway and Jewett, 2009).

Gerak melingkar sama seperti halnya seluruh gerak partikel lainnya, diatur oleh hukum kedua Newton. Percepatan partikel tersebut menuju pusat lingkaran pasti disebabkan oleh sebuah gaya atau beberapa gaya sehingga arahnya selalu tertuju ke pusat lingkaran (Young and Freedman, 2002).

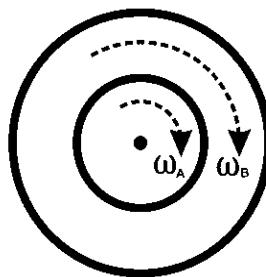
Gerak melingkar dalam aplikasi turbin air terjadi ketika air mengalir dan menggerakkan baling-baling turbin. Gerakan melingkar ini kemudian menghasilkan energi kinetik yang dapat digunakan untuk menggerakkan rotor. Gerakan melingkar ini kemudian diubah menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik (Ratna, 2015).

2.2.8 Transfer Energi Mekanik

Sistem transmisi daya merupakan sistem yang dapat mentransmisikan daya mekanik dari mesin penggerak untuk kecepatan mengurangi mekanisme, dilengkapi dengan beberapa gigi (Daryanto, 2001). Sedangkan menurut Miptahun (2019), sistem transmisi adalah suatu sistem yang meneruskan torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda dengan menggunakan rasio gigi untuk diteruskan ke penggerak akhir.

Roda gigi adalah salah satu komponen mesin yang banyak digunakan dalam sistem transmisi daya. Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya (Chan, 2007).

Hubungan roda yang bergerak melingkar dapat dianalisis kelajuan linear dan kelajuan sudut dari roda-roda tersebut. Pada sistem gerak melingkar terdapat dua hubungan roda-roda yang berbeda. Hubungan pertama adalah yang berada pada satu pusat atau as dan dinamakan hubungan roda-roda sepusat (seporos). Sedangkan hubungan yang kedua adalah yang dihubungkan dengan tali (rantai), hubungan ini dinamakan hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan sabuk atau rantai. (Sa'diyah dkk., 2022). Hubungan roda-roda sepusat ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



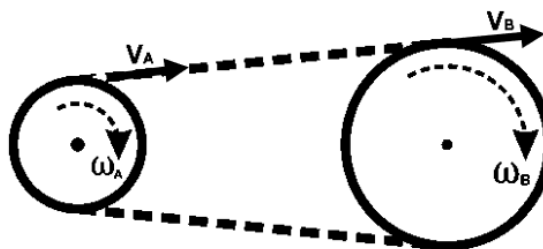
Gambar 2.8 Hubungan roda-roda sepusat (Anonim, 2017).

Hubungan roda-roda sepusat adalah konsep di mana roda-roda berputar mengelilingi satu titik pusat yang sama, yang terletak di sepanjang sumbu. Setelah selang waktu tertentu, gir belakang dan roda menempuh posisi sudut yang sama. Ini berarti, kecepatan sudut gir belakang dan roda belakang adalah sama. Jadi, pada roda-roda yang sepusat berlaku rumus atau **Persamaan (2.9)**.

$$\begin{aligned}\omega_A &= \omega_B \\ \frac{v_A}{R_A} &= \frac{v_B}{R_B}\end{aligned}\quad (2.9)$$

dengan ω adalah kecepatan sudut (rad/s), dan v adalah kecepatan linear (m/s).

Hubungan roda yang dihubungkan dengan tali, sabuk atau rantai ini cocok untuk mentransmisikan kecepatan dari satu komponen ke komponen lain tanpa mempengaruhi kelajuan linearnya, seperti hubungan antara mesin pada motor. Transmisi ini memungkinkan untuk mentransfer gerakan rotasi dari satu poros ke poros lainnya tanpa perlu kontak fisik langsung antara komponen-komponen tersebut. Roda-roda yang dihubungkan dengan rantai ditunjukkan oleh **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Hubungan roda-roda yang dihubungkan rantai (Anonim, 2017).

Rantai atau tali yang digunakan untuk menghubungkan gir belakang dan gir depan, dipasang pada sebelah luar setiap gir. Pada saat bergerak, kecepatan rantai atau tali menyinggung bagian luar gir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa arah dan besar kecepatan linear (tangensial) pada dua roda yang dihubungkan dengan tali atau rantai adalah sama. Sehingga berlaku **Persamaan (2.10)**.

$$\begin{aligned}v_A &= v_B \\ R_A\omega_A &= R_B\omega_B\end{aligned}\quad (2.10)$$

2.2.9 Perhitungan Efisiensi pada Roda Gigi

Roda gigi juga merupakan komponen pengubah tingkat putaran poros pada mesin yang dapat mengurangi dan menaikkan kecepatan tergantung pada pengaturan gigi. Roda gigi meneruskan daya dari motor melalui mekanisme kontak antar gigi-gigi pada *gear* (Nachib *et al.*, 2013). Pada transmisi terdapat roda-roda gigi yang dihubungkan satu sama lain, yang mana keterkaitan roda gigi tersebut membentuk satu kesatuan blok sehingga roda-roda gigi tersebut seimbang satu sama lain. Roda gigi inilah yang akan menentukan percepatan karena adanya kombinasi roda gigi pada *gearbox* tersebut, pada masing-masing tingkat percepatan dan setiap percepatan mempunyai waktu yang berbeda-beda (Miptahudin, 2019).

Perhitungan perbandingan gigi pada *gear* dapat dihitung menggunakan **Persamaan (2.11)**.

$$GR = \frac{N_i}{N_o} \quad (2.11)$$

dengan GR merupakan *gear ratio* atau perbandingan gigi, N_i merupakan jumlah gigi pada *gear input* dan N_o merupakan jumlah gigi pada *gear output*.

Selanjutnya, perhitungan efisiensi *gear* adalah cara untuk menentukan seberapa efisien transfer daya antara dua *gear* dalam sebuah sistem transmisi. Efisiensi *gear* mengacu pada persentase daya yang berhasil ditransfer antara dua *gear* dibandingkan dengan daya yang diinput ke *gear* pertama. Secara umum, efisiensi *gear* (η) dapat dihitung dengan menggunakan rumus **Persamaan (2.12)**.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan η adalah efisiensi *gear* (dalam persentase), P_o adalah daya *output* yang berhasil ditransfer oleh *gear* kedua, P_i adalah daya *input* yang masuk ke *gear* pertama.

untuk melakukan perhitungan efisiensi *gear* dengan rumus tersebut, diperlukan data tambahan torsi, kecepatan, dan efisiensi masing-masing *gear*. Daya *output* dan daya *input* dapat dihitung menggunakan **Persamaan (2.13)**.

$$P = \tau \times \omega \quad (2.13)$$

dengan P adalah daya (baik *input* maupun *output*), τ adalah torsi yang dihasilkan atau diterima oleh *gear* (Nm).

Selanjutnya perhitungan pada torsi, torsi adalah besarnya gaya yang dipengaruhi oleh posisi gaya terhadap pusat rotasi (lengan gaya). Menurut Miptahudin (2019), yang merujuk dari Sugeng Mulyono, torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi merupakan suatu energi. Torsi dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak. Perhitungan torsi diperlihatkan pada **Persamaan (2.14)**.

$$\tau = Fr \quad (2.14)$$

dengan F adalah gaya yang diterapkan pada objek (N), r adalah jarak antara sumbu rotasi dan titik aplikasi gaya (m).

Torsi juga dapat diartikan sebagai ukuran kuantitatif dari kecenderungan sebuah gaya dalam mengubah gerak rotasi dari suatu benda. torsi menggambarkan seberapa besar gaya yang diterapkan pada suatu objek untuk merotasi objek tersebut sekitar sumbu tertentu. Torsi total yang bekerja pada suatu benda tegar dapat ditentukan dari percepatan sudut dan dihubungkan dengan **Persamaan (2.15)**.

$$\tau = I \alpha \quad (2.15)$$

I merupakan momen inersia (kg/m^2), dan α merupakan percepatan sudut (rad/s).

Ini penting dalam analisis dan perencanaan sistem mekanik, karena memungkinkan kita untuk menentukan kekuatan atau torsi yang diperlukan untuk menggerakkan atau mengendalikan benda tegar dalam berbagai aplikasi, seperti roda gigi, mesin, atau sistem transmisi.

2.2.10 Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah Listrik dengan generator (Saputra, 2018). Perputaran turbin ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik. Turbin air biasanya digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air atau PLTA. Selain itu,

turbin air juga dapat digunakan dalam industri dan aplikasi lainnya yang membutuhkan tenaga air untuk menghasilkan energi mekanik, seperti pengolahan limbah dan penggerak pompa air.

Prinsip kerja dari turbin air yaitu aliran air di dalam pipa pesat yang mempunyai energi potensial dan energi kinetik diarahkan ke roda turbin melalui sudu pengarah, kemudian energi yang terdapat di dalam air ini pada roda turbin diubah bentuknya menjadi energi mekanik berupa putaran poros roda turbin. Kemudian, putaran poros roda turbin inilah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan generator/alternator pembangkit listrik (Banga *and* Sharma, 1984).

Turbin air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik yang berupa putaran pada poros turbin. Ada beberapa tipe turbin air yaitu:

a. Turbin Air Pelton

Turbin pelton adalah turbin impuls yang prinsip operasinya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik berupa pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut *nozzle* diterima oleh mangkok-mangkok pada roda jalan sehingga roda jalan berputar. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk *head* tinggi. (Simamora, 2012). Turbin air pelton ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.

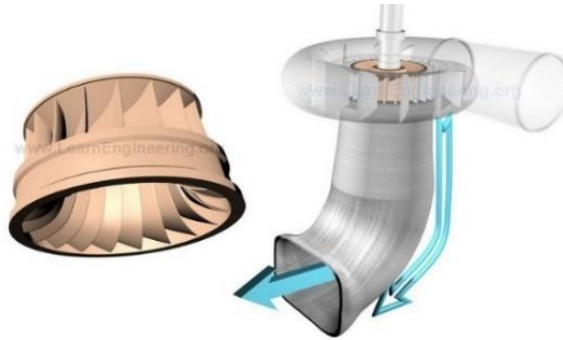


Gambar 2.10 Turbin air pelton (Saputra, 2015).

b. Turbin air francis

Turbin Francis merupakan salah satu turbin yang bekerja berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian luar. Dengan menggunakan tekanan lebih pada saat air jatuh memasuki *runner*,

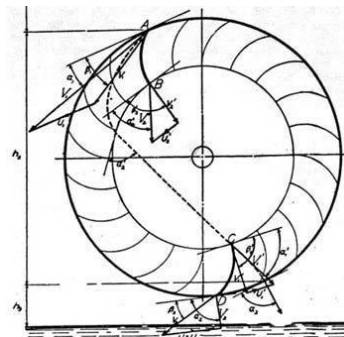
dimana arahnya disempurnakan dengan menggunakan *guide vane*. Sisa energi potensial bekerja pada *runner*, sedangkan pipa hisap memungkinkan energi tersebut bekerja pada *runner* secara maksimum (Sudrajat dan Bintoro, 2012). Turbin air *francis* ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Turbin *francis* (Anonim, 2021).

c. Turbin air *crossflow*

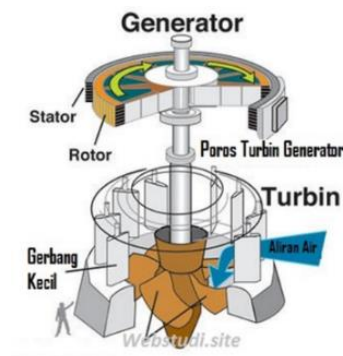
Turbin *crossflow* memakai *nozzle* persegi panjang dengan lebar sesuai dengan lebar *runner*. *Runner* turbin terbuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel. Kelebihan turbin ini ialah daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna turbin air. Tingginya efisiensi turbin *crossflow* ini merupakan bentuk pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner* (Saleh dkk., 2019). Turbin air *crossflow* ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Lintasan turbin air *crossflow* (Saleh *et al.*, 2019).

d. Turbin air kaplan dan propeler

Turbin Kaplan dan Propeler adalah turbin reaksi aliran aksial. Turbin ini disusun dari propeler seperti pada perahu. Turbin ini tersusun dari propeller/sudu-sudu roda turbin seperti baling-baling kapal. Roda turbin Kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya putar/tangensial pada poros turbin yang dapat menghasilkan Torsi. (Kusnadi dkk., 2010). Konstruksi turbin air propeler ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2.13 Konstruksi turbin air propeler (Dzulfiqar, 2023).

e. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada *head* 30 s/d 300m. Seperti turbin pelton, turbin turgo merupakan turbin impuls tetapi sudunya berbeda. Turbin turgo merupakan jenis turbin yang cocok untuk menggantikan turbin pelton *nozzle* ganda (*multinozzle*) dengan *head* rendah maupun turbin *francis* dengan *head* tinggi (Bono dan Suwarti, 2019). Turbin turgo ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.



Gambar 2.14 Konstruksi turbin air turgo (Bono and Suwarti, 2019).

2.2.11 *Boost converter*

Boost converter adalah jenis konverter DC-DC yang dirancang untuk meningkatkan (*boost*) tegangan DC *input* menjadi tegangan DC *output* yang lebih tinggi. Konverter ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti catu daya untuk perangkat elektronik portabel, sistem tenaga surya, dan banyak lagi.

Boost converter juga disebut sebagai konverter peningkat tegangan DC ke DC, serupa dengan buck converter. *Boost converter* menggunakan sistem sumber daya mode beralih (*switched-mode power supply* atau SMPS) yang melibatkan setidaknya dua komponen semikonduktor sebagai sakelar. Melalui penggunaan sistem seperti ini, diharapkan konverter ini mampu mengkonversi tegangan DC dengan lebih efisien dalam mengkonversi tegangan DC (Prianto dkk., 2020). Prinsip kerja *boost converter* memungkinkan pengkonversian tegangan DC dengan efisiensi yang lebih tinggi daripada konverter linier karena keterlibatan siklus kerja sakelar yang mengurangi kehilangan daya pada komponen sakelar. Konverter ini terutama digunakan dalam situasi di mana tegangan DC *output* yang lebih tinggi diperlukan, Rangkaian *boost converter* ini membutuhkan beberapa komponen yaitu saklar daya, dioda dengan frekuensi tinggi, kapasitor, induktor dan resistor (Soedjarwanto dkk., 2019).

Prinsip kerja dari *boost converter* yaitu untuk mengubah tegangan *output* menjadi lebih tinggi dibandingkan tegangan *input*, sedangkan untuk arus *output* akan lebih kecil dibandingkan arus *input*. Mosfet yang digunakan pada rangkaian bertindak sebagai saklar yang dapat membuka atau menutup rangkaian sehingga arus yang keluar dikendalikan dengan mengatur besarnya *duty cycle sinyal Pulse Width Modulation* (PWM) (Padillah dan Saodah, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Perancangan alat telah dilakukan di desa Kertosari, Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Lampung Selatan pada bulan Mei 2023 sampai Januari 2024. Pengambilan data telah dilakukan di Sungai Bronjong Way Lima, Desa Cipadang, Kecamatan Gedong Tataan, Kab. Pesawaran, Provinsi Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2**.

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam perancangan prototipe

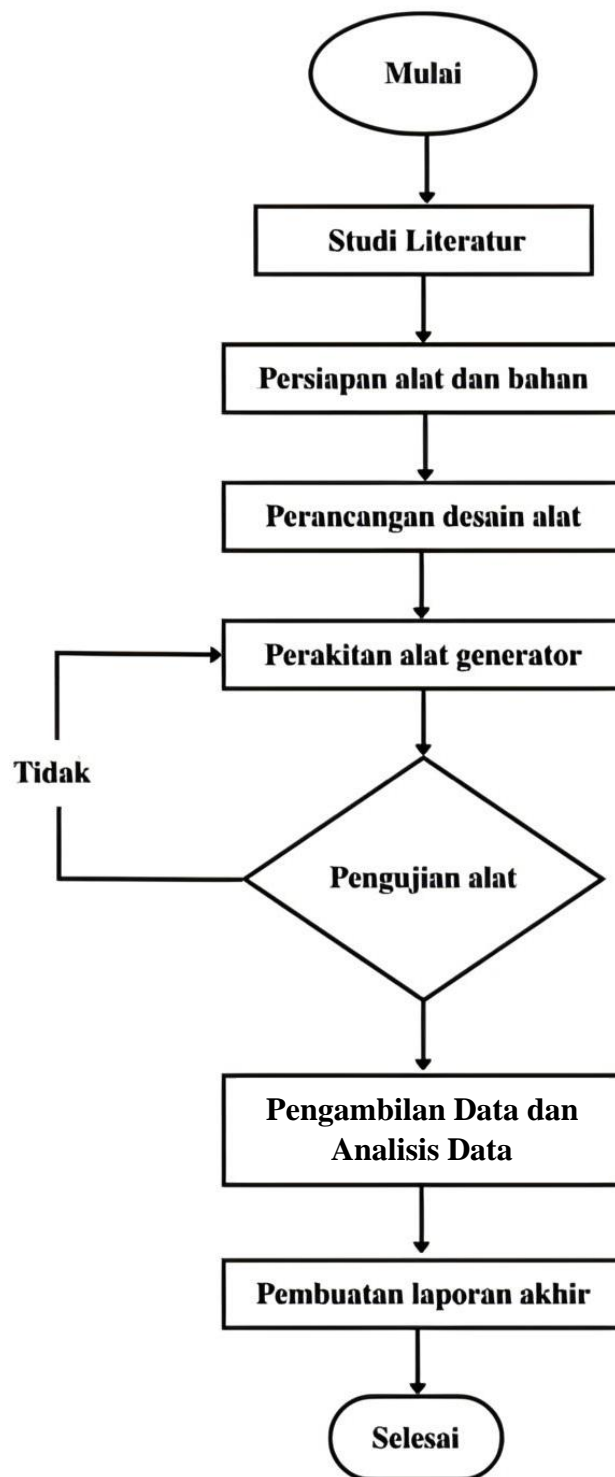
No	Nama Alat	Fungsi
1	Generator DC	Sebagai pembangkit energi listrik.
2	<i>Module Boost converter</i>	Sebagai penaik tegangan.
3	<i>Stopwatch</i>	Sebagai pengukur waktu.
4	Lampu pijar	Sebagai alat uji.
5	<i>Solar charger controller (SCC)</i>	Sebagai pengatur tegangan yang masuk dari suatu sumber daya listrik.
6	Multimeter	Sebagai pengukur arus dan tegangan.
7	Tachometer	Sebagai pengukur rpm turbin air pada generator.
8	Aki	Sebagai penyimpanan energi listrik.
9	Mesin las	Sebagai penyambung antar besi.

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam perancangan prototipe

No	Nama Bahan	Fungsi
1	<i>Styrofoam</i>	Sebagai pelampung.
2	Rantai motor	Sebagai penyambung antar <i>gear</i> .
3	Kabel	Sebagai penghubung rangkaian komponen.
4	Akrilik	Sebagai cover generator dan aki.
5	Besi <i>Hollow</i>	Sebagai bahan utama penampang.
6	Mur dan baut	Penyambung antara pelampung dan kerangka.
7	Besi sudu	Pengatur jumlah aliran air yang masuk ke turbin.
8	Besi Drum	Sebagai bahan utama pembuatan sudu.
9	Besi Poros	Meneruskan aliran tenaga berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.

3.3 Prosedur Penelitian

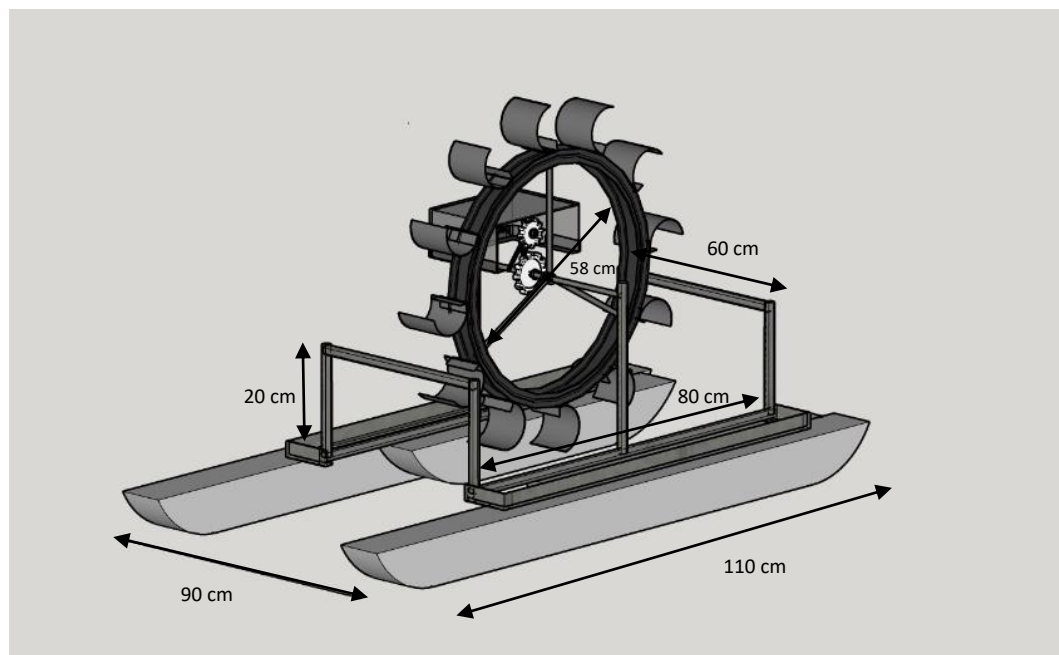
Prosedur penelitian ini terdiri dari pembuatan prototipe pembangkit listrik tenaga pikohidro dan analisis sumber tegangan yang dihasilkan. Pembuatan prototipe ini dibagi dengan 3 tahap. Pertama, ialah mencari bahan literatur yang berhubungan dengan teori mengenai pembangkit listrik tenaga pikohidro dan mencari literatur mengenai komponen maupun parameter utama yang diimplementasikan dalam perancangan alat diantaranya generator, modul *boost converter*, turbin. Kedua, yaitu dilakukan perancangan prototipe pembangkit listrik tenaga air dengan membuat gambar sketsa terlebih dahulu kemudian dibuatkan rancangan dengan menggunakan *software sketchup*. Ketiga, mengimplementasikan rancangan desain PLTPH yaitu dengan merangkai prototipe PLTPH sampai turbin dapat berputar. Setelah prototipe selesai dibuat yang terakhir dilakukan adalah memasang instalasi rangkaian listrik dengan menggunakan kabel, modul *boost converter*, SCC, aki, dan lampu led adapun proses pengerjaan tugas akhir ini digambarkan menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

3.3.1 Perancangan Prototipe

Perancangan alat yang akan dilakukan yaitu mulai dari pembuatan rangkaian alat berbentuk kotak dari besi, pembuatan turbin air model pelton, pemasangan elektrifikasi dengan menggunakan tambahan modul *boost converter* dan *finishing* PLTPh. Langkah pertama yang dilakukan yaitu perancangan prototipe melalui *software sketchup* 2021 dan menggunakan *software enscape* saat proses render berupa desain rupa prototipe yang akan dibangun. Desain yang dibuat ditunjukkan pada **Gambar 3.2** dengan dimensi yang disesuaikan dengan *software* yang digunakan.



Gambar 3.2 Desain rancangan alat PLTPh.

3.3.2 Perancangan Sistem Penghasil Listrik

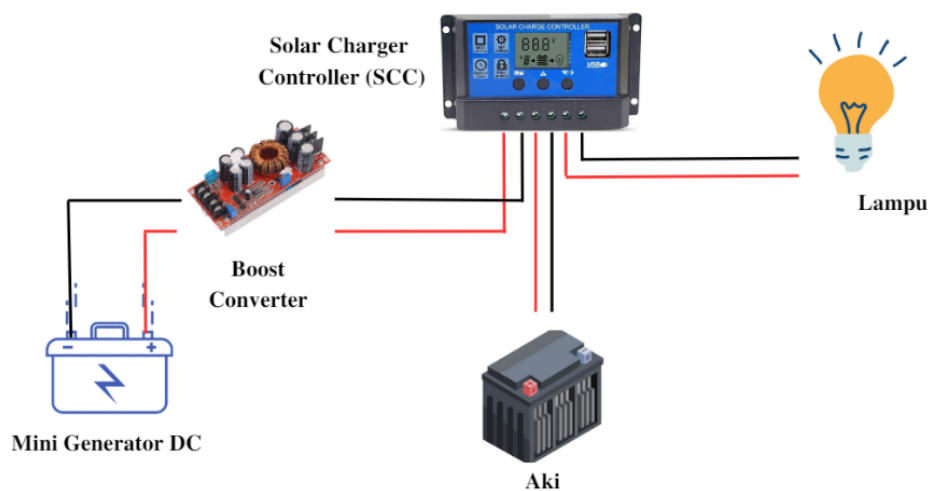
Penelitian dilakukan dengan melakukan inovasi prototipe dengan pengoptimalan sistem tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan modul *boost converter* dari pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga pikohidro. Perancangan listrik ini dilakukan dengan menyambungkan turbin ke generator mini 12 V menggunakan *gear* dan rantai menuju generator, agar generator dapat merubah energi mekanik tersebut menjadi energi listrik. Daya yang sudah dihasilkan oleh generator tersebut

kemudian disimpan di dalam aki. Generator DC yang digunakan memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Spesifikasi Generator DC

No	Parameter	Nilai
1	Panjang	11 cm
2	Diameter	8 cm
3	Kecepatan Maksimum	3000 rpm
4	<i>Output</i> Arus	3 A
5	<i>Output</i> Tegangan	12 V – 100 V

Sebelum aliran daya dari generator masuk ke aki, daya akan melewati proses di naikkan tegangannya oleh *boost converter* sebelum akhirnya disimpan pada aki. Setelah penyimpanan pada aki sudah dimaksimalkan, penulis menggunakan modul *boost converter* agar prototipe bisa dimaksimalkan pada saat digunakan untuk lampu dan alat listrik lainnya. Penggunaan modul *boost converter* disini berfungsi untuk menaikkan tegangan yang didapatkan yang kemudian dapat dimanfaatkan dengan lebih luas dengan tegangan yang dihasilkan dari alat yang sudah dirancang. Kemudian listrik yang sudah dinaikkan tegangan nya dapat disambungkan ke lampu 12 V. Skema dari sistem penghasil energi listrik dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Skema pengisian daya pada prototipe.

3.4 Rancangan Data Hasil Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pengambilan dan analisis dari data yang didapatkan. Pengambilan data dilakukan di Sungai Bronjong Way Lima, yang letaknya berada di Desa Cipadang, Kecamatan Gedong Tataan Pesawaran. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan selama pengambilan data adalah sebagai berikut.

- a. Memeriksa kembali seluruh rancangan alat penelitian setelah dilakukan pengujian guna mengantisipasi kesalahan sistem.
- b. Menyiapkan lembar pengambilan data untuk kecepatan arus air, kecepatan turbin, kecepatan generator, tegangan generator, dan arus yang dihasilkan oleh generator DC.
- c. Menghubungkan kabel aki pada *channel* 3 dan 4 pada SCC.
- d. Memasang kabel generator pada lampu DC.
- e. Mencatat besarnya data untuk kecepatan arus air, kecepatan turbin, kecepatan generator, tegangan generator, dan arus yang dihasilkan oleh generator DC.
- f. Melepas kabel generator pada lampu DC, lalu memasang kabel generator DC pada *channel* 1 dan 2 SCC untuk dilakukan pengecasan aki.
- g. Mencatat besarnya tegangan aki, pada waktu yang sudah ditentukan.
- h. Melakukan perhitungan daya listrik yang dihasilkan oleh generator menggunakan **Persamaan (3.1)**.

$$P = VI \quad (3.1)$$

dengan P merupakan daya listrik yang dihasilkan oleh generator (W), V merupakan tegangan yang dihasilkan oleh generator (V), dan I merupakan arus yang dihasilkan oleh generator (A).

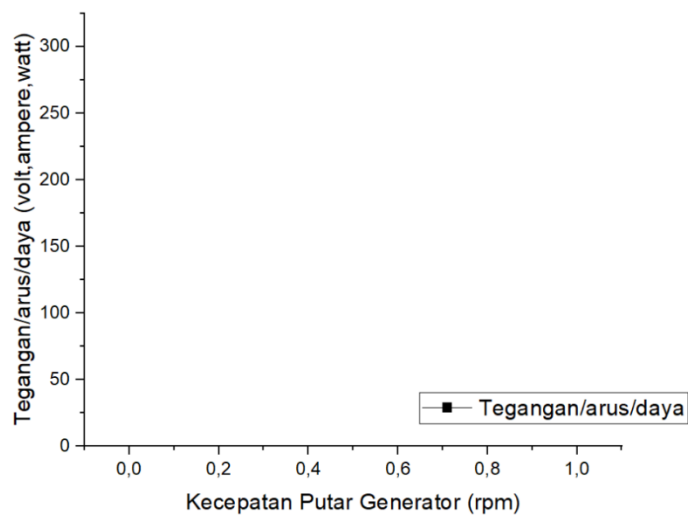
Data pengamatan yang akan diambil merupakan data dari pemanfaatan energi gerak pada putaran turbin pada alat yang kemudian akan diubah oleh generator menjadi energi listrik dan juga kenaikan tenaga yang dihasilkan modul *boost converter*, data pengujian prototipe dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Pengukuran Kecepatan dan Elektrik Generator

No	Waktu(s)	Kecepatan			Generator	
		Arus Sungai (m/s)	Rotasi Turbin (rpm)	Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)
1						
2						
...						

Pengambilan data yang dilakukan berupa waktu yang dibutuhkan menggunakan *stopwatch*, kecepatan rotasi turbin dan kecepatan rotasi generator (rpm) yang dihasilkan menggunakan alat tachometer, kecepatan arus sungai menggunakan *stopwatch*, dan tegangan yang dihasilkan sebelum dan setelah modul *boost converter* menggunakan multimeter digital.

Dari semua data di atas kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang akan ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Grafik hubungan antara kecepatan putar generator terhadap tegangan / arus/daya.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Rancang bangun PLTPH yang dikembangkan dengan *boost converter* berhasil mencapai tujuan penelitian, yaitu sudah dibuat PLTPH yang dapat menghasilkan daya listrik menggunakan sumber aliran air kecil dengan hasil tegangan besar.
2. Tegangan yang dihasilkan oleh generator sebelum melewati modul *boost converter* mendapatkan nilai rata-rata sebesar 13,75 volt sedangkan tegangan setelah melewati modul *boost converter* didapatkan nilai rata-rata sebesar 81,05 volt.
3. Daya yang dihasilkan oleh generator sebelum melewati *boost converter* didapatkan nilai rata-rata sebesar 11,80 watt, sedangkan jika dibandingkan setelah melewati *boost converter* daya yang dihasilkan menjadi 30,80 watt.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah memaksimalkan penyimpanan daya yang dihasilkan oleh generator setelah melewati *boost converter*, bisa menggunakan baterai lithium atau baterai dengan penyimpanan yang lebih besar. Pada perancangan pelampung, penulis menyarankan agar melapisi bagian *styrofoam* dengan menggunakan resin agar pelampung tidak mudah rusak ketika terkena air sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, D., Pauzi, G. A., Supriyanto, A., dan Wahyu, S. (2023). Rancang Bangun Generator Apung Nanohidro sebagai Sumber Penerangan pada Lahan Persawahan. *Jurnal Teo.ri dan Aplikasi Fisika* 10(1), 1-7.
- Anonim (2017). Rumus Hubungan Roda-Roda Pada Gerak Melingkar Beserta Contoh Soal dan Pembahasan. Auto Expose. Available at: <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html>. Diakses pada 20 Maret 2024, 23.35 WIB.
- Anonim (2021). Turbin Francis: Pengertian, Komponen, dan Prinsip Kerja. Auto Expose. Available at: <https://www.gesainstech.com/2021/06/turbin-francis-indonesia.html>. Diakses pada 1 Mei 2023, 10.00 WIB.
- Anonim (2024). 5 Perbedaan Generator AC dan DC Beserta Gambarnya. Auto Expose. Available at: <https://www.rumahdiesel.com/perbedaan-generator-ac-dan-dc/>. Diakses pada 14 Maret 2024, 12:46 WIB.
- Arifin, S., Pauzi, G. A., Surtono, A., dan Wahyu, S. (2023). Produksi Rangkaian Pengoptimalan Pengisian Baterai Lithium Ion 48 Volt 20 Ampere pada Kendaraan Listrik dari Pembangkit Tenaga Surya dengan menggunakan Sistem *Boost converter*. *Journal of Engineering Research*, 12(1), 67-72.
- Banga, T. R., and Sharma, S. C. (1984). *Hydraulic Machines*. Delhi: Khanna Publisher.
- Baskoro, F., Hamdani, R. W., dan Haryudo, S. (2021). Studi Literatur Pengaruh KEndali *Boost converter* Menggunakan Kontrol PID Pada Kecepatan Motor DC. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 271-279.
- Bono, B., dan Suwarti, S. (2019). Variasi Jumlah Sudu dan Modifikasi Bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Jurnal Teknik Energi*, 15(2), 81.
- Breeze, P. (2019). *Power Generation Technologies Third Edition*. Oxford: Newnes.
- Budiman, A., Asy'ari, H., dan Hakim, A. R. (2012). Desain Generator Magnet Permanen Untuk Sepeda Listrik. *Journal Emitor*, 12(1), 59–67. Budiman, W., dan Hariyanto, N. (2014). Perancangan dan Realisasi Sistem Pengisian Baterai 12 Volt 45 Ah pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung. *jurnal Reka Elkomika*, 2(1), 1–12.

- Bustami, dan Multi, A. (2017). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Piko Hidro 1000 VA dengan Memanfaatkan Pembuangan Air Limbah pada Gedung Pakarti Centre. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 3(1), 1–12.
- Chan, Y. Teori Dasar Roda Gigi. Universitas Darma Persada, 2007.
- Darvanto. (2001). Teknik Servis Mobil. Jakarta. PT. Rineke cipta.
- Dimiyati, A. M. (2020). Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Desa Setren Kecamatan Slogoimo Kabupaten Wonogiri. *Journal Emitter*, 15(2), 1–10.
- Dzulfiqar, F. (2023). Inilah Jenis –Jenis Turbin Air yang Kamu Harus Ketahui! Auto Expose. Available at: <https://zonaebt.com/hidro/inilah-jenis-jenis-turbin-air-yang-kamu-harus-ketahui/>. Diakses pada 30 April 2023, 09.00 WIB.
- Fujii, M., Tanabe, S., Yamada, M., Mishima, T., Sawadate, T., dan Ohsawa, S. (2017). Assessment of the Potential for Developing Mini/Micro Hydropower: a Case Study in Beppu City, Japan. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 11(3), 107–116.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 1 dan 2 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Ishaq, M. (2007). *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jamaluddin. (2008). Analisis Kecepatan Aliran Fluida pada Tekanan Statik dengan menggunakan Venturi dan Orifice. *Jurnal Teknologi*, 7(3), 111–117.
- Kusnadi, Mulyono, A., Pakki, G., dan Gunarko. (2010). Pemanfaatan Energi Hidro untuk Eksperimen Turbin Propeller dengan Head di bawah 10 Meter (CV Cihanjuang Inti Teknik). *Industrial Research Workshop and National Seminar 022*, 1–9.
- Kusuma, M. H., and Rahim, S. E. (2021). The effectiveness of the new PLN mobile application in improving service quality, customer satisfaction, and electrifying lifestyle during the new normal period in Tanjung pandan city. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 913(1), 1–8.
- Lukas, Rohi, D., dan Tumbelaka, H. H. (2017). Studi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 17–23.
- Masnur. (2021). Aplikasi Sistem Pengendali Energi Listrik Menggunakan Raspberry pada Smart Building. *Jurnal Sintaks Logika*, 1(2), 103–106.
- Matoka, A., dan Mohamad, Y. (2006). Kajian Potensi Energi Listrik Mikrohidro pada Saluran Irigasi Propinsi Gorontalo untuk Menunjang Elektrifikasi Pertanian. *Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Gorontalo*, 7(3), 1–16.

- Miptahudin, U. (2019). *Hubungan Gear Ratio Terhadap Momen Dan Putaran Pada Transmisi Mobil Kijang* [Skripsi]. Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Sebelas April Sumedang.
- Mohazzabi, P. (2010). Falling and Rising in Water. *The Physics Teacher*, 48(7), 478–479.
- Muchta, A. (2018). Prinsip Kerja Generator Listrik (AC dan DC) + Rangkaian. Auto Expose. Available at: <https://www.autoexpose.org/2018/02/prinsip-kerja-generator-listrik.html>. Diakses pada tanggal 30 Maret 2023, 11.00 WIB.
- Mustofa, Notosudjono, D., dan Suhendi, D. (2014). Perancangan Pembangkit Listrik Menggunakan Generator Magnet Permanen Dengan Motor DC Sebagai Prime Mover. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–10.
- Nacib, L., Pekpe, K.M., Sakhara, S. (2013). Detecting Gear Tooth Cracks using Cepstral Analysis in Gearbox of Helicopters. University of Annaba, Algeria. 5(1), 139-145.
- Nisa, K., dan Santoso, M. Q. A. (2022). Analisis Perbedaan Generator dan Efisiensi Gear Ratio PLTMH Vortex Turbine Di Waduk Desa Bujel. *Jurnal JEETech*, 3(1), 52–56.
- Noprizal, L., Syukri, M., dan Syahrizal, S. (2019). Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 1(1), 40–44.
- Padillah, F., dan Saodah, S. (2014). Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. *Jurnal Reka Elkomika*, 2(1), 61-74.
- Philander, S. G. (2008). *International Renewable Energy Agency Encyclopedia of Global Warming and Climate Change*. London: SAGE Publications, Inc.
- Prianto, E., Yuniarti, N., dan Nugroho, D. C. (2020). Boost-Converter Sebagai Alat Pengisian Baterai Pada Sepeda Listrik Secara Otomatis. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1), 52–62.
- PLN (Persero). (2017). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2017-2026. *Jurnal Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL)*, 1(3), 644.
- Purnama, H. S. (2015). Konstruksi Generator Dc. In *Universitas Ahmad Dahlan* 1,(2), 1-11
- Ratna, D. (2015). *Turbin Air*. Auto Expose. Available at: <https://www.slideshare.net/DwiRatna3/turbin-air-46728442.html>. Diakses pada tanggal 27 Maret 2023, 17.00 WIB.

- Rohman, A. 2021. *Buku Ajar Fluida Berbasis Creative Responsibility*. Pekalongan: Penerbit NEM.
- Sa'diyah, Aminatus., dkk. (2022). *Fisika Dasar Pada Industri*. PT. Global Eksekutif Teknologi. Padang.
- Sakura, A., Supriyanto, A., dan Surtono, A. (2017). Rancang Bangun Generator sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro. *Universitas Lampung*, 05(02), 129–134.
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., dan Purwanto, R. (2019). Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5 Kw. *Jurnal Surya Energy*, 3(2), 255.
- Saputra. (2015). *Turbin Air*. Auto Expose. Available at: <https://catatankecilanaknegeri.blogspot.com/2015/03/turbin-air.html>. Diakses pada tanggal 30 April 2023, 11.00 WIB.
- Saputra, O. A. (2018). Analisa Pengaruh Diameter Sudu Pengarah dan Debit Aliran Air terhadap Performa Turbin Kaplan. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*, 1(1), 1–10.
- Saputra, W. N., Despa, D., Soedjarwanto, N., dan Samosir, A. S. (2016). Prototype Generator DC dengan Penggerak Tenaga Angin. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 4(1), 1–11.
- Serway, R., dan Jewett, W. (2010). *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi 6*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Sese, M. R., Annawaty, dan Yusron, E. (2018). Keanekaragaman Echinodermata (Echinoidea dan Holothuroidea) di Pulau Bakalan, Banggai Kepulauan, Sulawesi Tengah, Indonesia. *Scripta Biologica*, 5(2), 73–77.
- Setiyo, M. (2017). *Listrik dan Elektronika Dasar Otomotif*. Magelang: UNIMMA Press.
- Simamora, M. S. (2012). Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton, *Jurnal perancangan alat uji prestasi turbin pelton*, 12(3) 1–9.
- Soedjarwanto, N., Arif Muda, M., Komalasari, E., dan Jauhari, V. (2019). Rancang Bangun *Boost converter* Untuk Charging Baterai Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Bertenaga Surya. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 13(3), 89–93.
- Soleh, A. B., Supriyanto, A., dan Surtono, A. (2020). Analisis Potensi Energi Listrik Pikohidro dari Sumber Air Pegunungan serta Upaya Peningkatan Daya Listrik dengan Memanfaatkan Rangkaian Joule Thief. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(3), 91–102.

- Soofi, A. F., Manshadi, S. D., and Saucedo, A. (2022). Farm electrification: A road-map to decarbonize the agriculture sector. *Electricity Journal*, 35(2), 1–8.
- Sudrajat, A., dan Bintoro, C. (2012). Penyempurnaan Pola Aliran Pada Turbin Francis Melalui Penggunaan Material Komposit Pada Komponennya Untuk Meningkatkan Daya. *Industrial Research Workshop and National Seminar*. 3(1). 1-9
- Sultan, A. D., Rizky, R., Hidayat, H., Mulyani, S., and Yusuf, W. A. (2020). Analysis of the Effect of Cross-sectional Area on Water Flow Velocity by Using Venturimeter Tubes. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 94–99.
- Syofiadi, R. (2022). *Listrik Hadir di Sektor Pertanian, Petani dan Peternakan Rasakan Manfaatnya*. Available at: <https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2022/12/listrik-hadir-di-sektor-pertanian-193-058-petani-dan-eternakan-rasakan-manfaatnya>. Diakses pada tanggal 12 Februari 2023, 21.00 WIB
- Taufiqurrahman, A., dan Windarta, J. (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 1(3), 124–132.
- Warsito, Suciati, S. W., and Khoiron, W. (2011). Realisasi dan Analisa Sumber Energi Baru Tebarukan Nanohidro Dari Aliran Air Berdebit Kecil. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 1(1), 15–21.
- Young, H. D., and Freedman, R. A. (2002). *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid I (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Zainuddin, H., Yahaya, M. S., Lazi, J. M., Basar, M. F. M., and Ibrahim, Z. (2009). Design and development of pico-hydro generation system for energy storage using consuming water distributed to houses. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 3(11), 1928–1933.