

RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO (PLTPH) MENGGUNAKAN TURBIN ARCHIMEDES SCREW PADA BEBERAPA VARIASI SUDUT KEMIRINGAN SUMBU TURBIN

Rizaldy Wahyu Haribowo, Rizki Nurilyas Ahmad, S.T., M.T.,
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Pikohipdro (PLTPH) merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang memanfaatkan aliran air berdebit kecil untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohipdro (PLTPH) merupakan teknologi energi terbarukan yang memanfaatkan aliran air berdebit kecil untuk menghasilkan listrik dengan daya kurang dari 5 kW. Sistem ini sesuai diterapkan pada saluran irigasi atau sungai beraliran rendah. Salah satu turbin yang cocok digunakan adalah turbin Archimedes Screw karena mampu beroperasi pada kondisi debit dan tinggi jatuh air (low head) yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja PLTPH menggunakan turbin *Archimedes Screw* pada variasi sudut kemiringan sumbu turbin sebesar 10°, 20°, dan 30°. Penelitian dilakukan di saluran irigasi dengan memanfaatkan aliran air sebagai penggerak turbin. Sistem yang digunakan terdiri atas turbin *Archimedes Screw*, generator magnet permanen, transmisi *pulley* dan *V-belt*, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai. Data yang diamati meliputi tegangan, arus, dan daya listrik pada generator, baterai, dan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan 10° diperoleh rata-rata tegangan generator sebesar 7,31 V, arus 0,78 A, dan daya 5,70 W. Pada sudut kemiringan 20°, rata-rata tegangan meningkat menjadi 8,72 V, arus 0,85 A, dan daya 7,40 W. Sementara itu, pada sudut kemiringan 30° diperoleh hasil terbaik dengan rata-rata tegangan sebesar 10,75 V, arus 0,77 A, dan daya 8,22 W. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut kemiringan turbin, semakin tinggi tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, sudut kemiringan 30° menjadi konfigurasi yang paling optimal pada sistem PLTPH yang dirancang.

Kata kunci: *Archimedes Screw*, energi terbarukan, PLTPH, sudut kemiringan, turbin.

Abstract

A picohydro power plant (PLTPH) is a renewable energy technology that utilizes low-flow water to generate electricity with a power output of less than 5 kW. This system is suitable for implementation in irrigation canals or rivers with low flow rates. The Archimedes screw turbine is a suitable choice for this application, as it can operate effectively under conditions of low flow and low hydraulic head. This study aimed to design and evaluate the performance of a picohydro system using an Archimedes screw turbine at three different shaft inclination angles: 10°, 20°, and 30°. The research was conducted in an irrigation canal, utilizing the water flow to drive the turbine. The system comprised an Archimedes screw turbine, a permanent magnet generator, a pulley and V-belt transmission, a solar charge controller (SCC), a battery. The data collected included voltage, current, and power at the generator, battery, and load. Test results indicated that at an inclination angle of 10°, the average generator output was 7.31 V, 0.78 A, and 5.70 W. At an angle of 20°, the average values increased to 8.72 V, 0.85 A, and 7.40 W. Meanwhile, the best performance was achieved at an angle of 30°, yielding an average voltage of 10.75 V, current of 0.77 A, and power of 8.22 W. Based on these results, it can be concluded that increasing the turbine's inclination angle leads to higher voltage, current, and power output. Therefore, the 30° inclination angle represents the optimal configuration for the designed picohydro system.

Keywords: *Archimedes Screw*, inclination angle, pico hydropower, renewable energy, turbine.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Peningkatan kebutuhan energi tersebut mendorong pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) sebagai sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil (Solikhah et al., 2024). Indonesia memiliki potensi energi air yang cukup besar dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik, baik dalam skala besar maupun skala kecil seperti mikrohidro dan pikohidro (Kementerian ESDM, 2023). Berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), konsumsi listrik nasional meningkat sekitar 6,9% per tahun, sementara ketersediaan energi fosil sebagai sumber utama energi listrik semakin menurun. Pemerintah kemudian mempercepat pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan target kontribusi mencapai 31% pada tahun 2050. Indonesia sendiri memiliki potensi energi hidro yang cukup besar, yaitu sekitar 75.000 MW yang tersebar di berbagai lokasi (Rahayu et al., 2022). Salah satu teknologi yang dapat memanfaatkan sumber daya alam secara optimal adalah pembangkit listrik tenaga air. Pada skala kecil, pembangkit listrik tenaga pikohidro dapat menjadi solusi penyedia energi listrik di daerah yang memiliki aliran air dengan debit rendah dan kondisi *low head* (Amali et al., 2025). Sistem ini umumnya menghasilkan daya kurang dari 5 kW dan dapat diterapkan pada saluran irigasi maupun sungai beraliran rendah. Salah satu turbin yang sesuai untuk kondisi tersebut adalah turbin Archimedes Screw karena mampu beroperasi pada debit air dan tinggi jatuh air yang relatif rendah (Lubis et al., 2023).

Komponen utama pada sistem PLTPH adalah turbin yang berfungsi mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik. Pada penelitian ini digunakan turbin *Archimedes Screw* karena mampu bekerja pada kondisi *low head* dan debit air yang relatif kecil (Gunawan et al., 2024). Secara tidak langsung turbin bekerja pada tekanan air yang lewat melalui bilah-bilah sudut, sehingga turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah turbin maka tekanan air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator (Thakur et al., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Gunawan et al. (2024) dengan judul "*Analisis Unjuk Kerja Turbin Ulir Archimedes Satu Sudu dengan Variasi Head*" menunjukkan bahwa perubahan *head* memengaruhi putaran turbin dan daya listrik yang dihasilkan. Semakin besar *head*, semakin besar energi air yang dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin sehingga daya keluaran meningkat. Selanjutnya didukung oleh penelitian, Anwar et al. (2024) melalui penelitian berjudul "*Experimental Study of the Effect of Inclination Angle Variations of the Turbine Shaft on the Archimedes Screw*

Turbine Efficiency" mengkaji pengaruh variasi sudut kemiringan poros turbin sebesar 10° , 20° , 30° , 40° , dan 50° terhadap efisiensi turbin *Archimedes Screw*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan poros memberikan pengaruh terhadap kinerja turbin, dengan efisiensi tertinggi diperoleh pada sudut 30° . Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemilihan sudut kemiringan poros menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan kinerja turbin *Archimedes Screw*. Penelitian lain yang dilakukan oleh Amali et al. (2025) dengan judul "*Desain dan Implementasi Pembangkit Listrik Skala Picohidro Berbasis Potensi Aliran Sungai di Dusun Bontula*" menunjukkan bahwa perancangan sistem PLTPH harus disesuaikan dengan karakteristik aliran air dan komponen yang digunakan agar pembangkit dapat bekerja secara optimal.

Berdasarkan penelitian terdahulu, kinerja pembangkit listrik tenaga pikohidro (pltpH) dipengaruhi oleh head, karakteristik aliran air, desain sistem, serta sudut kemiringan turbin. anwar et al. (2024) menunjukkan bahwa perubahan sudut kemiringan turbin memengaruhi efisiensi sistem, dengan nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada sudut 30° . berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini menggunakan variasi sudut 10° , 20° , dan 30° sebagai tahapan perubahan sudut untuk menganalisis pengaruh kemiringan sumbu turbin terhadap tegangan, arus, dan daya listrik pada sistem pltpH yang memanfaatkan aliran irigasi. pemilihan ketiga variasi sudut tersebut juga disesuaikan dengan ruang lingkup penelitian sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan sudut terhadap kinerja sistem serta menentukan variasi sudut yang menghasilkan kinerja

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Pada metode studi literatur yang dilakukan dengan cara mengumpulkan dan menganalisis informasi yang berkaitan dari berbagai sumber referensi, seperti jurnal ilmiah, ebook, serta internet dari beberapa sumber *platform* yang berkaitan dengan topik tugas akhir. Pada studi literatur meliputi pembahasan mengenai pemanfaatan turbin *Archimedes Screw* sebagai konverter energi air pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH). Kajian difokuskan pada karakteristik turbin, seperti pengaruh debit aliran air, kecepatan putar turbin, kemiringan turbin pada sudut tertentu untuk menghasilkan perbandingan efisiensi daya yang dihasilkan.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al. (2021) berjudul "*Identifikasi Konsep Dinamika Fluida pada Aliran Dam Sawah Menggunakan Metode Apung (Floating Method)*" membahas pengukuran kecepatan aliran dan debit air menggunakan metode apung (*floating method*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit aliran diperoleh dari hasil perhitungan kecepatan aliran dan luas

penampang saluran. Metode tersebut dapat digunakan untuk mengukur karakteristik aliran pada saluran terbuka sehingga menjadi dasar dalam menentukan potensi energi air.

Penelitian (Tibesso and Aliyi 2025) yang berjudul "*Adaptation and Performance Evaluation of Low-Head Archimedes Screw-Type Turbine for Power Generation*" menguji pengukuran debit air (Q) menggunakan benda apung dari saluran pembawa hingga tepat pada celah turbin (*inlet pitch*) turbin archimedes mengacu pada prosedur pengujian lapangan. Pengukuran pada celah guna memperoleh nilai kecepatan aliran aktual fluida sebelum energi kinetik air terkonversi menjadi rotasi mekanis sudu ulir.

Penelitian Lubis et al. (2023) yang berjudul "*Pengaruh Sistem dan Rasio Pulley terhadap Daya Listrik pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro*" mengkaji pengaruh sistem transmisi pulley terhadap keluaran generator. Pengujian dilakukan menggunakan sistem pulley dua tingkat dan empat tingkat dengan beberapa variasi rasio. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pulley empat tingkat dengan rasio 1:8 menghasilkan putaran generator dan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemilihan sistem transmisi berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan.

Penelitian (Atifoqkymin 2024) yang berjudul "*Tinjauan Literatur: Kinerja Turbin Screw Archimedes Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Pada Aliran Air Dengan Head Rendah*" mengkaji parameter-parameter desain dan integrasi sistem yang memengaruhi kinerja turbin Archimedes Screw pada aplikasi PLTPH head rendah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa optimalisasi geometri sudu serta penambahan komponen pendukung seperti *gearbox* dan sistem kontrol elektronik merupakan faktor kunci dalam meningkatkan efisiensi dan stabilitas kinerja turbin Archimedes Screw.

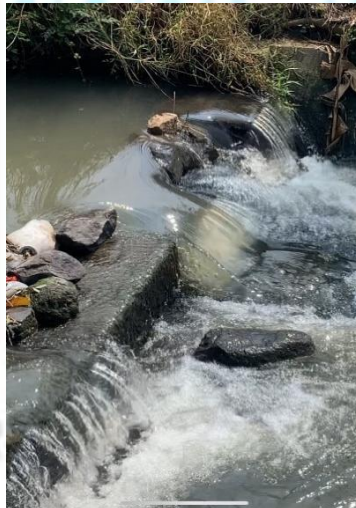
Penelitian Cahyono et al. (2022) yang berjudul "*Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Putaran dan Daya Hidrolisis pada Turbin Archimedes Screw Portable*" menguji pengaruh variasi sudut kemiringan turbin sebesar 20°, 30°, dan 40° terhadap kecepatan putaran turbin dan daya hidrolis pada pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan sudut kemiringan berbanding lurus dengan daya hidrolis yang dihasilkan.

Keempat penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik aliran air, sistem transmisi, head, dan sudut kemiringan turbin merupakan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH). Namun, penelitian-penelitian tersebut masih mengkaji faktor-faktor tersebut secara terpisah. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan pengukuran debit aliran menggunakan metode apung, sistem transmisi pulley, serta variasi sudut kemiringan sumbu turbin Archimedes Screw sebesar 10°, 20°, dan 30° pada sistem PLTPH yang memanfaatkan aliran irigasi. Pengujian dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan terhadap tegangan, arus,

dan daya listrik sehingga dapat ditentukan sudut kemiringan yang memberikan kinerja terbaik.

2.2 Observasi Tempat Pengujian

Pada observasi dilakukan secara langsung pada saluran air irigasi di Gang Salak 10 Dusun I, Gumpang, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo. Observasi ini dilakukan guna mengetahui lokasi dalam pengumpulan data terkait sistem yang akan digunakan dalam pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro dengan turbin Archimedes Screw dengan debit air yang ultra low head dengan kemiringan sudut tertentu. Berdasarkan hasil observasi, lokasi penelitian memiliki lebar penampang saluran sebesar 480 cm, tinggi kedalaman air sebesar 65 cm, serta tinggi terjunan air sebesar 45 cm sebagai sumber energi potensial pada sistem. Pada observasi ini berfokus pada debit air yang mengalir serta kondisi permukaan air yang akan menjadi faktor dalam penentuan efisiensi kinerja turbin dalam berbagai kemiringan. Data yang diperoleh dari observasi seperti gambar 1 ini akan menjadikan dasar awal perhitungan dan analisis awal pada penelitian ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.3 Data Awal Debit Air

Pada awal tahapan sebelum melakukan proses perancangan struktur konstruksi dan sistem kelistrikan yaitu melakukan pengukuran awal pada debit air di lokasi penelitian. Debit air adalah aliran air (berupa volume air) yang melewati suatu penampang sungai per satuan waktu. Pada pengambilan awal data dapat dilakukan dengan menggunakan metode apung (*floating method*) (Kurniawan et al., 2021). Debit aliran dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$Q = A \times V \quad (1)$$

Di mana :

Q = debit aliran

A = luas penampang vertikal

V = kecepatan aliran

Kecepatan aliran dapat ditentukan dengan cara menghanyutkan pelampung pada permukaan air dengan jarak tertentu, apabila pelampung bergerak sejauh L meter dalam waktu t detik, maka kecepatan aliran dapat ditentukan menggunakan persamaan (Khamid et al., 2021). Kecepatan aliran didapatkan melalui Persamaan (2).

$$v = \frac{L}{t} \quad (2)$$

Di mana :

v = kecepatan aliran

L = jarak tempuh benda

t = waktu tempuh

Dengan kecepatan dan debit aliran yang telah didapat, maka semakin pula daya potensial yang didapat semakin besar dengan persamaan berikut (Rahayu et al., 2022). Daya kinetik didapatkan melalui Persamaan (3).

$$P_{\{hp\}} = \rho g h_z Q \quad (3)$$

Di mana:

ρ = massa jenis air (1000 kg/m^3)

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

h_z = tinggi jatuh air (m)

Q = debit air (m^3/s)

Tabel. 1 Data awal debit air

Jarak (L)	Luas Penampang	Waktu	Benda	Debit air (m^3/s)
1m	$3,12\text{m}^2$	22s	Kardus	1,2332
1m	$3,12\text{m}^2$	20s	Kardus	1,0296
Rata-rata	$3,12\text{m}^2$	21s	-	1,0764

Berdasarkan Tabel 1, pengukuran debit air dilakukan pada hari Kamis, 4 Juni 2026 pada pukul 11.26 WIB menggunakan metode apung (*floating method*). Pengukuran dilakukan dengan menghanyutkan benda ringan berupa kardus pada lintasan sepanjang 1 m, kemudian mencatat waktu tempuh benda untuk menentukan kecepatan aliran air. Selanjutnya, kecepatan aliran dihitung menggunakan Persamaan (1) dan dikalikan dengan luas penampang basah saluran sehingga diperoleh nilai debit aliran.

Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata debit air sebesar $1,0764 \text{ m}^3/\text{s}$. Nilai tersebut digunakan sebagai parameter awal dalam proses perancangan dan pengujian sistem Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH), karena debit air merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kinerja turbin dan daya listrik yang dihasilkan.

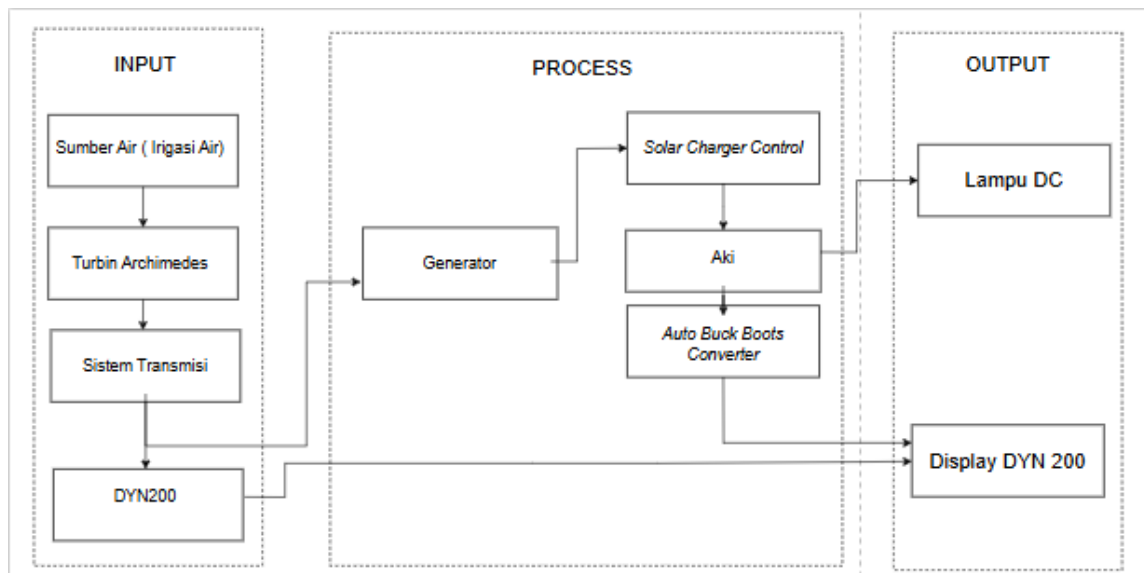
Pada hasil perhitungan melalui persamaan (3) didapatkan daya potensial air pada lokasi penelitian ini dengan hasil daya potensial yang didapatkan dengan rata rata debit $1,0764 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu sekitar 4.746 W . Melalui hasil perhitungan ini serta menurut penelitian terdahulu (Hamdani et al. 2025) dengan judul “*Study and Design of Picohydro Power Plant for Low-Head and Low-Flow Application*” menguji saluran pertanian yang memiliki *head* rendah ($0,8\text{m}$) dan debit air ($0,057 \text{ m}^3/\text{s}$) yang mampu menghasilkan daya potensial sekitar 1.100 W . Temuan tersebut menunjukkan bahwa daya potensial yang memiliki *head* rendah dapat menghasilkan rentang ideal skala piko hidro yaitu kurang dari 5kW .

2.4 Perancangan Sistem PLTPH

Perancangan sistem meliputi beberapa tahap awal, yaitu pembuatan turbin archimedes, perancangan bagian struktur mekanikal turbin dan perancangan sistem elektronika. Tahap awal pembuatan turbin mengenai design turbin yang akan digunakan pada keadaan lokasi yang nantinya diuji dan pemilihan struktur bahan yang akan digunakan untuk sistem. Komponen terpenting pada sistem ini yaitu berupa turbin *archimedes screw* dan generator DC. Dalam sistem perancangan elektronika digunakan untuk monitoring dari hasil keluaran generator DC berupa tegangan, arus dan daya yang nantinya dapat digunakan pada pembebanan.

2.4.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem penelitian terdiri atas tiga bagian, yaitu *input*, *proses*, dan *output*. Pada bagian *input*, aliran air irigasi dimanfaatkan untuk memutar turbin Archimedes Screw. Putaran turbin kemudian diteruskan melalui sistem transmisi untuk menggerakkan generator. Kecepatan putar dan torsi turbin diukur menggunakan *Dynamic Torque Meter (DYN200)*. Pada bagian *proses*, generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian diatur proses pengisian baterainya menggunakan *Solar Charge Controller (SCC)* sebelum disimpan pada aki. Tegangan keluaran aki sebesar 12 V selanjutnya dinaikkan menjadi 24 V menggunakan *Auto Buck Boost Converter* sebagai sumber catu daya untuk DYN200. Pada bagian *output*, lampu DC digunakan sebagai beban pengujian, sedangkan layar pada DYN200 menampilkan nilai kecepatan putar dan torsi turbin selama proses pengujian berlangsung.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

2.4.2 Perancangan Hardware

- Alat dan Bahan

Tabel 5. Perancangan Hardware

Alat dan Bahan	Jumlah
<i>Permanent Magnet Generator</i> Tegangan maksimal 154 V Kecepatan maksimal 3500 rpm	1
Poros Pipa PVC 2inc	1
Ulir Pipa PVC 10inc	1
Rangka Besi	Secukupnya
<i>Bearing</i>	2
<i>V-Belt A35</i>	1
<i>Pully 17,78cm</i>	1
<i>Pully 5cm</i>	1
<i>Solar charger controller 20A</i>	1
<i>Auto buck boost converter</i> 13.8V 5Ah	1
DYN 200	1
Aki 12V (7.5Ah)	1
Kabel NYAF 0.75 mm	Secukupnya
Kabel NYAF 1.5 mm	Secukupnya
Rel MCB	1
MCB DC	2

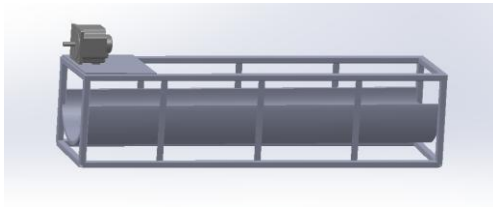
Terminal Block	1
Panel Box	1
Multimeter	1
Tachometer	1
Plat Besi	Secukupnya
Coupling DYN 200	1

Berdasarkan data pada Tabel 5, spesifikasi komponen utama sistem meliputi *Permanent Magnet Generator* (PMG) sebagai unit pembangkit listrik, turbin *Archimedes Screw* berbahan PVC berdiameter 10 inci sebagai penggerak utama, serta sistem transmisi mekanis yang terdiri atas *pulley*, *pillow block bearing*, dan *V-belt*. Pengukuran parameter mekanis didukung oleh penggunaan *torque transducer* DYN200 sebagai instrumen pengukur torsi. Untuk penyimpanan energi, sistem dilengkapi dengan *Solar Charge Controller* (SCC), baterai 12 V 7,5 Ah, dan *Auto Buck-Boost Converter*. Adapun komponen pendukung seperti MCB, rel MCB, *terminal block*, *panel box*, pengkabelan, multimeter, serta tachometer difungsikan untuk mengoptimalkan instalasi dan keandalan proses pengujian sistem.

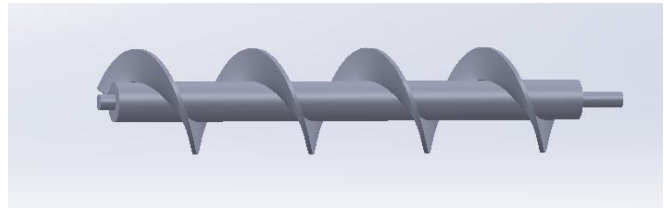
- Rancangan Mekanikal

Perancangan mekanikal dilakukan berdasarkan desain *hardware* yang ditunjukkan pada Gambar 3 agar sistem dapat bekerja secara optimal. Tahap awal diawali dengan pemilihan material yang sesuai untuk pembuatan rangka mekanikal dan turbin *Archimedes Screw*. Pipa PVC berdiameter 2 inci digunakan sebagai poros turbin, sedangkan pipa PVC berdiameter 10 inci digunakan sebagai *blade* turbin. Pipa tersebut dipotong membentuk lingkaran dengan diameter 20 cm, kemudian dibelah pada salah satu sisinya agar dapat dipasang pada poros. Blade turbin disusun menjadi enam ulir dengan jarak antarulir sebesar 10 cm.

Pillow block bearing dipasang pada kedua ujung poros, yaitu pada sisi masuk dan keluar aliran air, untuk menopang poros turbin selama berputar. Plat besi yang dibentuk melengkung ke bawah digunakan sebagai saluran aliran air sehingga air dapat mengalir secara optimal dan memutar turbin. DYN200 dihubungkan dengan poros turbin menggunakan *coupling* berbahan besi dengan diameter poros 18 mm dan 20 mm. Sementara itu, generator dipasang di bagian atas turbin dan dihubungkan menggunakan sistem transmisi *pulley* dan *V-belt*, dengan diameter pulley generator sebesar 5 cm dan pulley turbin sebesar 17,78 cm.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Rancangan Design Rangka dan Motor DC, (b) Rancangan Design Turbin Archimedes Screw

- Rancangan Sistem Elektrikal

Perancangan sistem elektrikal diawali dengan penentuan komponen yang digunakan dalam proses pengukuran dan penyimpanan energi listrik. Komponen utama yang digunakan meliputi *Solar Charge Controller* (SCC), aki, MCB DC, dan *Auto Buck Boost Converter*. Energi listrik yang dihasilkan generator terlebih dahulu dialirkan melalui MCB DC sebagai sistem pengaman rangkaian. Selanjutnya, energi listrik disalurkan ke *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur proses pengisian aki. Tegangan dari aki kemudian diatur menggunakan *Auto Buck Boost Converter* agar sesuai dengan kebutuhan catu daya DYN200 dalam proses pengukuran torsi dan kecepatan putar turbin.



Gambar 4. Wiring Diagram

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Awal Generator

3.1.2 Generator Tanpa Beban DC

Tabel. 2 Data Pengujian Generator Tanpa Beban DC

No	Kecepatan (RPM)	Tegangan (VDC)
1	300	11
2	450	13,6
3	650	23,8
4	1000	36
5	1230	42
6	1408	47
7	1571	52
8	1678	58
9	2000	66

Berdasarkan Tabel 2, pengujian generator tanpa beban (*no-load test*) dilakukan untuk mengetahui karakteristik hubungan antara kecepatan putar generator dan tegangan keluarannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar generator. Pada kecepatan 300 rpm, generator menghasilkan tegangan sebesar 11 VDC, sedangkan pada kecepatan 2.000 rpm tegangan meningkat menjadi 66 VDC.

Peningkatan tegangan tersebut menunjukkan bahwa kecepatan putar generator berbanding lurus dengan tegangan keluaran. Semakin tinggi kecepatan putar generator, semakin besar tegangan yang dihasilkan. Karakteristik ini menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan kecepatan putar generator pada tahap perancangan sistem.

3.1.3 Generator Dengan Beban 30W DC

Tabel. 3 Data Pengujian Generator dengan Beban DC

No	Kecepatan (RPM)	Tegangan (VDC)	Arus (ADC)	Daya (W)
1	122	3,5	0.08	0,28
2	281	7,76	0.55	4,27
3	295	7,9	0.62	4,90
4	360	8.54	0.66	5,64
5	402	9.01	0.72	6,48
6	468	9.70	0.90	8,73

7	524	10.2	1.05	10,71
8	540	10.53	1.07	11,26
9	881	12.50	1.88	23,5

Berdasarkan Tabel 3, pengujian generator dilakukan menggunakan beban lampu 30 W untuk mengetahui karakteristik keluaran generator pada kondisi berbeban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar generator diikuti oleh kenaikan tegangan, arus, dan daya keluaran. Pada kecepatan 122 rpm, generator menghasilkan tegangan sebesar 3,5 VDC, arus 0,08 ADC, dan daya 0,28 W. Ketika kecepatan putar meningkat menjadi 881 rpm, tegangan keluaran bertambah menjadi 12,50 VDC, arus mencapai 1,88 ADC, dan daya meningkat hingga 23,5 W. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecepatan putar generator berpengaruh terhadap besarnya energi listrik yang dihasilkan. Semakin tinggi kecepatan putar generator, semakin besar tegangan, arus, dan daya keluaran yang diperoleh.

Data hasil pengujian ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan rasio transmisi pulley menggunakan Persamaan (4).

$$\text{Rasio} = \frac{\text{RPM Turbin}}{\text{RPM Generator Dengan Beban}} \quad (4)$$

3.1.4 Pengujian Awal Turbin

Tabel 4. Data Pengujian Awal Turbin

No	Kecepatan (RPM)
1	217
2	275
3	310
4	246
5	365
Rata - rata	282,6

Berdasarkan Tabel 4, pengujian awal turbin dilakukan sebanyak lima kali untuk mengetahui karakteristik kecepatan putar turbin pada kondisi aliran air di lokasi penelitian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putar turbin berkisar antara 217 rpm hingga 365 rpm, dengan nilai rata-rata sebesar 282,6 rpm.

Perbedaan kecepatan putar pada setiap pengujian menunjukkan adanya variasi kondisi aliran air selama proses pengukuran. Nilai rata-rata kecepatan putar turbin selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menentukan rasio transmisi pulley, sehingga kecepatan putar generator dapat

disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Dengan demikian, data pada Tabel 4 menjadi dasar dalam perancangan sistem transmisi mekanis sebelum dilakukan pengujian keseluruhan.

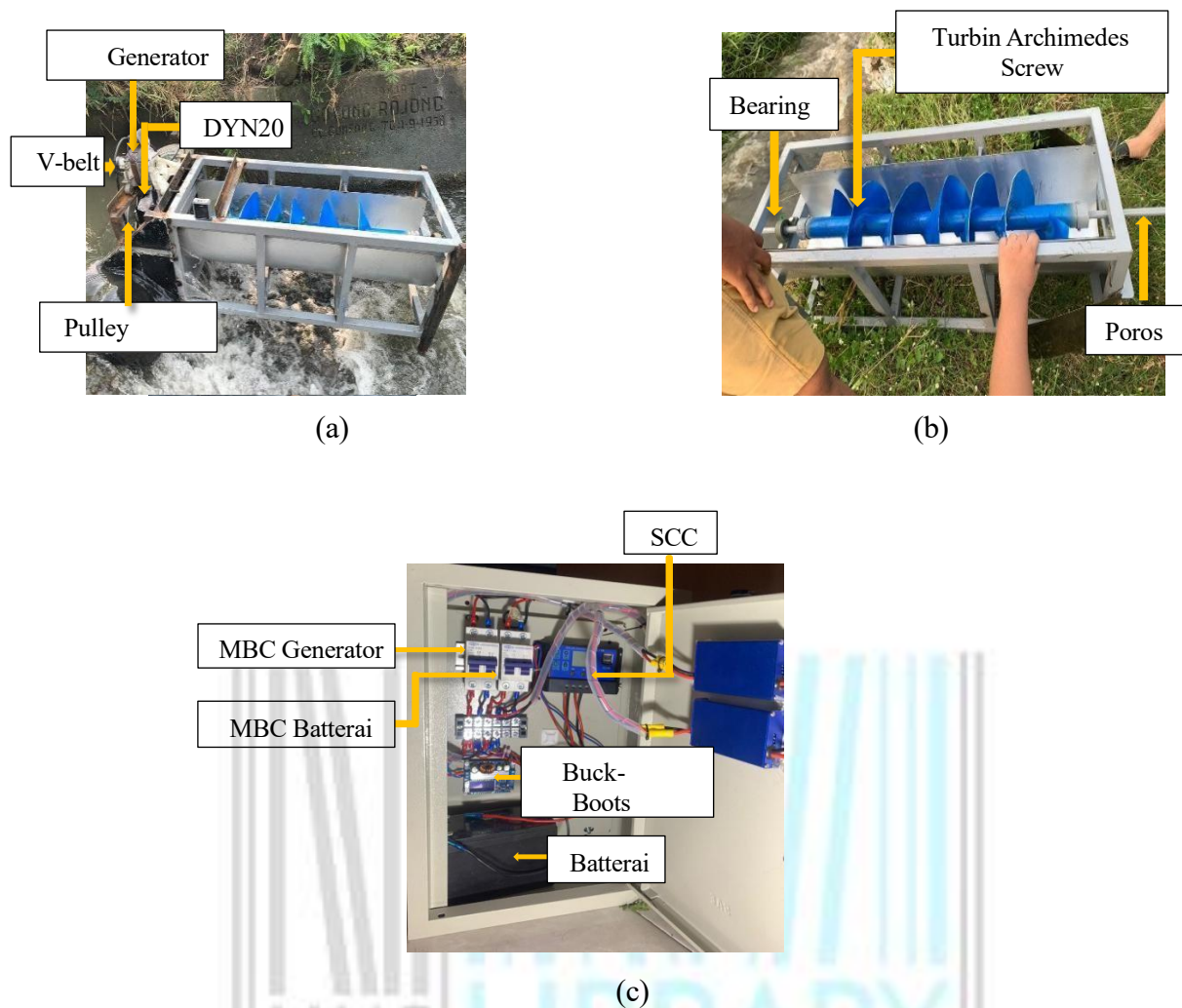
3.2 Hasil Fabrikasi Hardware

Pada hasil fabrikasi hardware telah ditentukan melalui metode yang dilakukan pada pengambilan awal data. Pengujian awal pada generator tanpa beban dilakukan untuk mengetahui karakteristik antara kecepatan putar generator dan tegangan keluarannya. Adapun pengujian awal generator dengan menggunakan beban lampu 30W, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kecepatan putar generator yang akan menghasilkan keluaran yang diperlukan. Hasil dari keluaran nilai kecepatan tertinggi generator ini dapat dijadikan perhitungan awal untuk menentukan rasio *pulley* yang nantinya dipakai dalam konfigurasi mekanikal sistem. Tahap berikutnya melakukan pengujian data awal turbin untuk mengetahui karakteristik kecepatan putar turbin tanpa disambungkan melalui generator. Nilai rata-rata hasil pengujian turbin digunakan dalam penentuan rasio *pulley* dengan nilai keluaran kecepatan tertinggi generator berbeban. Dengan menggunakan rumus persamaan (4), maka

$$Rasio = \frac{881}{282,6} = 3,1$$

Data hasil pengujian ini digunakan sebagai dasar penentuan rasio transmisi *pulley* dengan hasil minimal rasio 1 : 3,1.

Setelah proses perhitungan dan perancangan sistem selesai, turbin Archimedes diimplementasikan dan diuji pada saluran irigasi di Gang Salak 10 Dusun I, Gumpang, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo. Pengujian lapangan dilakukan untuk mengetahui performa turbin pada kondisi operasi sebenarnya. Pada tahap ini dilakukan pengukuran debit air dan kecepatan putar turbin sebagai parameter utama dalam menentukan rasio *pulley* yang digunakan pada sistem transmisi. Pada implementasi sistem mekanik yang terdiri dari turbin archimedes, generator, sistem transmisi menggunakan v-belt A35, *pulley* turbin diameter 17,78cm, *pulley* generator diameter 5cm serta Dynamic Torque Meter (DYN200) yang digunakan dalam mengukur kecepatan putar dan torsi poros turbin. Pada konstruksi turbin Archimedes screw yang terdiri atas poros, sudu turbin dan pillow block bearing sebagai penyangga poros agar turbin tetap stabil selama pengujian. Pada panel kontrol sistem kelistrikan terdapat MCB generator, MCB baterai, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, *Auto Buck-Boost Converter*. Hasil penjelasan sistem fabrikasi hardware ini sesuai dengan gambar 5.



Gambar 5. Implementasi *Hardware* Sistem. (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas dan (c) Tampilan Pada Panel Box

3.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH) menggunakan turbin Archimedes dengan 3 pengujian kemiringan yang berbeda. Pengujian meliputi pengukuran kecepatan putar (RPM) turbin dan generator, torsi, debit air, serta parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan generator pada 3 sudut kemiringan. Selain itu, dilakukan pengujian proses pengisian baterai melalui Solar Charge Controller (SCC) dan pengujian beban menggunakan lampu DC. Data hasil pengujian kemudian digunakan untuk menganalisis kinerja sistem, hubungan antara kecepatan putar terhadap daya keluaran.

3.3.1 Pengujian Sistem Bagian Mekanikal

Tabel 6. Data Pengujian Sistem Bagian Mekanikal Kemiringan 10°

No	Debit air	RPM Turbin	Torsi (Nm) Turbin	RPM Generator
1	0,106	78,3	0,218	279
2	0,108	87	0,222	307
3	0,104	69,9	0,21	247
4	0,105	75,7	0,216	269
5	0,107	82,2	0,219	292
6	0,107	79,8	0,221	286
7	0,104	66,4	0,211	238
8	0,107	84,8	0,223	301
9	0,103	62,8	0,209	225
10	0,105	73,1	0,214	261
Rata - rata	0,105	76	0,226	271

Berdasarkan Tabel 6, pada sudut kemiringan 10° diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,105 m³/s, kecepatan putar turbin 76 rpm, torsi 0,226 Nm, dan kecepatan putar generator 271 rpm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan 10° aliran air yang dimanfaatkan belum mampu menghasilkan putaran turbin yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan energi mekanik yang diteruskan menuju generator masih relatif kecil sehingga kecepatan putar generator yang dihasilkan belum optimal. Kondisi ini menjadi dasar pembandingan terhadap variasi sudut kemiringan lainnya.

Tabel 7. Data Pengujian Sistem Bagian Mekanikal Kemiringan 20°

No	Debit air	RPM Turbin	Torsi (Nm) Turbin	RPM Generator
1	0,112	138	0,254	373
2	0,114	145	0,261	410
3	0,110	134	0,251	343
4	0,111	137	0,253	364
5	0,113	142	0,257	392
6	0,112	140	0,255	381
7	0,110	132	0,249	332
8	0,113	144	0,259	401
9	0,109	130	0,248	318
10	0,111	136	0,252	357

Rata - rata	0,112	138	0,254	367,1
--------------------	--------------	------------	--------------	--------------

Berdasarkan Tabel 7, pada sudut kemiringan 20° diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,112 m³/s, kecepatan putar turbin 138 rpm, torsi 0,254 Nm, dan kecepatan putar generator 367,1 rpm. Dibandingkan dengan sudut kemiringan 10°, seluruh parameter mekanikal mengalami peningkatan. Bertambahnya sudut kemiringan menyebabkan aliran air lebih efektif mengenai permukaan sudu turbin sehingga putaran turbin meningkat. Peningkatan putaran tersebut diikuti oleh kenaikan nilai torsi dan kecepatan putar generator karena energi mekanik yang diteruskan melalui sistem transmisi menjadi lebih besar.

Tabel 8. Data Pengujian Sistem Bagian Mekanikal Kemiringan 30°

No	Debit air	RPM Turbin	Torsi (Nm) Turbin	RPM Generator
1	0,119	169	0,290	604
2	0,117	158	0,282	566
3	0,116	155	0,280	553
4	0,119	172	0,292	613
5	0,118	163	0,286	583
6	0,118	166	0,288	592
7	0,120	175	0,294	621
8	0,117	160	0,284	574
9	0,115	150	0,276	528
10	0,116	152	0,278	541
Rata - rata	0,118	162	0,285	578

Berdasarkan Tabel 8, pada sudut kemiringan 30° diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,118 m³/s, kecepatan putar turbin 162 rpm, torsi 0,285 Nm, dan kecepatan putar generator 578 rpm. Nilai tersebut merupakan yang tertinggi dibandingkan variasi sudut kemiringan 10° dan 20°. Semakin besar sudut kemiringan turbin, semakin efektif aliran air memutar sudu turbin sehingga kecepatan putar dan torsi yang dihasilkan semakin meningkat. Peningkatan tersebut menyebabkan energi mekanik yang diteruskan ke generator menjadi lebih besar, sehingga generator mampu berputar lebih cepat dibandingkan pada variasi sudut kemiringan lainnya.

3.3.2 Pengujian Sistem Bagian Elektrikal

Tabel 9. Data Pengujian Sistem Bagian Elektrikal Kemiringan 10°

Debit (m ³ /s)	RPM Generator	Generator			Baterai			Beban		
		V(V)	I(A)	P(W)	V(V)	I(A)	P(W)	V(V)	I(A)	P(W)
0,103	225	6,8	0,78	5,3	6,9	0,94	6,49	6,88	1,61	11,08
0,104	238	7	0,79	5,53	6,97	0,93	6,48	6,95	1,6	11,12
0,104	247	7,1	0,77	5,47	7,05	0,95	6,7	7,02	1,6	11,23
0,105	261	7,2	0,78	5,62	7,12	0,95	6,76	7,08	1,59	11,26
0,105	269	7,3	0,79	5,77	7,2	0,94	6,77	7,15	1,58	11,3
0,106	279	7,4	0,78	5,77	7,25	0,94	6,82	7,2	1,58	11,38
0,106	286	7,5	0,77	5,78	7,3	0,94	6,86	7,28	1,56	11,36
0,107	292	7,5	0,78	5,85	7,34	0,94	6,9	7,32	1,54	11,27
0,107	301	7,6	0,77	5,85	7,4	0,94	6,96	7,38	1,55	11,44
0,108	307	7,7	0,78	6,01	7,45	0,95	7,08	7,42	1,56	11,58
0,105	271	7,31	0,78	5,70	7,20	0,94	6,78	7,17	1,58	11,30

Berdasarkan Tabel 9, pada sudut kemiringan 10° diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,105 m³/s dengan kecepatan putar generator 271 rpm. Pada kondisi tersebut, generator menghasilkan tegangan rata-rata 7,31 V, arus 0,78 A, dan daya 5,70 W. Proses pengisian baterai menghasilkan tegangan rata-rata 7,20 V, arus 0,94 A, dan daya 6,78 W, sedangkan pada sisi beban diperoleh tegangan 7,17 V, arus 1,58 A, dan daya 11,30 W. Nilai keluaran listrik pada sudut kemiringan ini merupakan yang terendah dibandingkan variasi sudut kemiringan lainnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh kecepatan putar generator yang masih relatif rendah sehingga energi listrik yang dihasilkan belum maksimal.

Tabel 10. Data Pengujian Sistem Bagian Elektrikal Kemiringan 20°

Debit (m ³ /s)	RPM Generator	Generator			Baterai			Beban		
		V(V)	I(A)	P(W)	V(V)	I(A)	P(W)	V(V)	I(A)	P(W)
0,109	318	8,00	0,86	6,88	7,90	1,10	8,69	7,85	1,84	14,44
0,11	332	8,20	0,85	6,97	8,10	1,09	8,83	8,05	1,84	14,81
0,11	343	8,35	0,85	7,10	8,25	1,09	8,99	8,20	1,82	14,92
0,111	357	8,50	0,84	7,14	8,40	1,08	9,07	8,35	1,78	14,86
0,111	364	8,65	0,84	7,27	8,55	1,07	9,15	8,50	1,74	14,79
0,112	373	8,80	0,84	7,39	8,70	1,06	9,22	8,65	1,70	14,71
0,112	381	8,95	0,85	7,61	8,85	1,05	9,29	8,80	1,66	14,61
0,113	392	9,10	0,85	7,74	9,00	1,05	9,45	8,95	1,61	14,41
0,113	401	9,25	0,85	7,86	9,15	1,04	9,52	9,10	1,56	14,20
0,114	410	9,40	0,86	8,08	9,30	1,04	9,67	9,25	1,54	14,25
0,112	367.1	8,72	0,85	7,40	8,62	1,07	9,19	8,57	1,71	14,60

Berdasarkan Tabel 10, pada sudut kemiringan 20° diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,112 m³/s dengan kecepatan putar generator 367,1 rpm. Generator menghasilkan tegangan rata-rata 8,72 V, arus 0,85 A, dan daya 7,40 W. Pada proses pengisian baterai diperoleh tegangan rata-rata 8,62 V, arus 1,07 A, dan daya 9,19 W, sedangkan pada sisi beban diperoleh tegangan 8,57 V, arus 1,71 A, dan daya 14,60 W. Dibandingkan dengan sudut kemiringan 10°, peningkatan kecepatan putar generator diikuti oleh kenaikan tegangan dan daya listrik yang dihasilkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemiringan memberikan pengaruh terhadap peningkatan proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

Tabel 11. Data Pengujian Sistem Bagian Elektrikal Kemiringan 30°

Debit (m ³ /s)	RPM Generator	Generator			Baterai			Beban		
		V(V)	I(A)	P(W)	V(V)	I(A)	P(W)	V(V)	I(A)	P(W)
0,115	528	10,1	0,75	7,58	11,1	0,77	8,55	10,95	1,38	15,11
0,116	541	10,25	0,75	7,69	11,18	0,77	8,61	11,05	1,39	15,35
0,116	553	10,4	0,76	7,9	11,24	0,77	8,65	11,12	1,4	15,56
0,117	566	10,55	0,76	8,02	11,3	0,77	8,7	11,18	1,39	15,54
0,117	574	10,7	0,76	8,13	11,36	0,77	8,75	11,25	1,38	15,52
0,118	583	10,85	0,77	8,35	11,42	0,77	8,79	11,32	1,38	15,62
0,118	592	11	0,77	8,47	11,46	0,77	8,82	11,38	1,39	15,81
0,119	604	11,1	0,77	8,55	11,5	0,78	8,97	11,44	1,38	15,78
0,119	613	11,2	0,78	8,74	11,56	0,78	9,02	11,5	1,39	15,98
0,120	621	11,3	0,78	8,81	11,6	0,78	9,05	11,56	1,39	16,06
0,118	578	10,75	0,77	8,22	11,37	0,77	8,79	11,28	1,39	15,63

Berdasarkan Tabel 11, pada sudut kemiringan 30° diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,118 m³/s dengan kecepatan putar generator 578 rpm. Generator menghasilkan tegangan rata-rata 10,75 V, arus 0,77 A, dan daya 8,22 W. Pada proses pengisian baterai diperoleh tegangan rata-rata 11,37 V, arus 0,77 A, dan daya 8,79 W, sedangkan pada sisi beban diperoleh tegangan 11,28 V, arus 1,39 A, dan daya 15,63 W. Seluruh parameter elektrikal pada sudut kemiringan 30° menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan variasi sudut kemiringan 10° dan 20°. Semakin besar sudut kemiringan turbin, semakin tinggi kecepatan putar generator yang dihasilkan sehingga tegangan dan daya listrik yang diperoleh juga meningkat. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, sudut kemiringan 30° memberikan kinerja sistem terbaik pada penelitian ini.

3.3.3 Analisis Hasil Pengujian

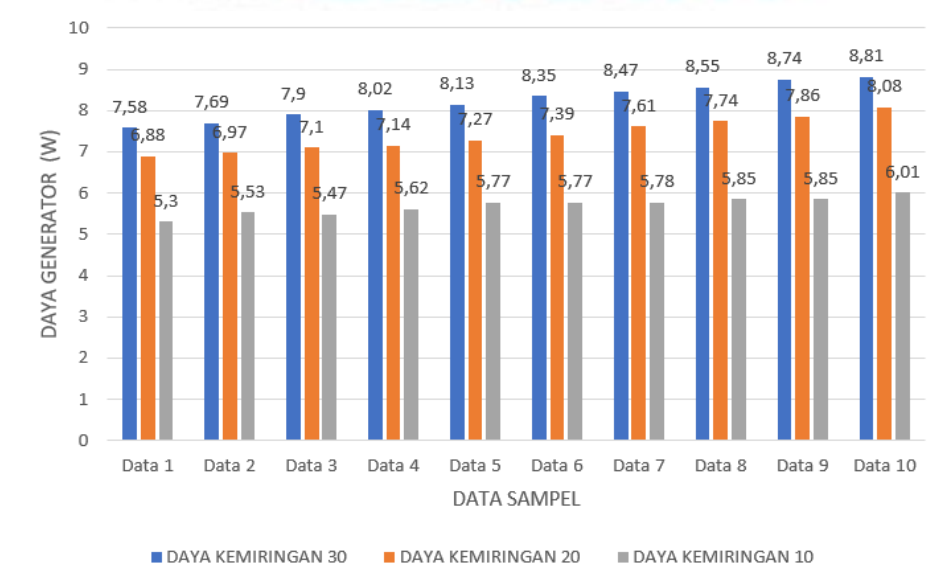
Berdasarkan hasil pengujian pada tiga variasi sudut kemiringan yang disajikan pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11, diketahui bahwa variasi sudut kemiringan turbin memengaruhi kinerja sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro. Perubahan sudut kemiringan menyebabkan perubahan kecepatan putar turbin dan generator, yang selanjutnya memengaruhi daya listrik yang dihasilkan.

Pada sudut kemiringan 10° , diperoleh daya rata-rata generator sebesar 5,70 W, daya pengisian baterai sebesar 6,78 W, dan daya pada beban sebesar 11,30 W. Ketika sudut kemiringan ditingkatkan menjadi 20° , daya rata-rata generator meningkat menjadi 7,40 W, daya pengisian baterai menjadi 9,19 W, dan daya pada beban mencapai 14,60 W. Selanjutnya, pada sudut kemiringan 30° , generator menghasilkan daya rata-rata tertinggi sebesar 8,22 W, dengan daya pengisian baterai sebesar 8,79 W dan daya pada beban sebesar 15,63 W.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan turbin, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkan. Peningkatan sudut kemiringan memungkinkan aliran air bekerja lebih efektif dalam memutar turbin sehingga kecepatan putar generator meningkat. Bertambahnya kecepatan putar generator menyebabkan proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik berlangsung lebih baik. Berdasarkan hasil pengujian, sudut kemiringan 30° memberikan kinerja sistem terbaik dibandingkan dengan sudut kemiringan 10° dan 20° .

3.4 Perbandingan Kemiringan Sudut Terhadap Kinerja Turbin

3.4.1 Grafik Perbandingan Daya Generator yang dihasilkan



Gambar 6. Grafik Perbandingan Daya Generator Dengan Kemiringan

Berdasarkan Gambar 6, daya generator yang dihasilkan menunjukkan perbedaan pada setiap variasi sudut kemiringan turbin. Pada sudut kemiringan 30° , daya generator berada pada kisaran 7,58 W hingga 8,81 W, sehingga merupakan nilai tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Pada sudut kemiringan 20° , daya generator berada pada kisaran 6,88 W hingga 8,08 W, sedangkan pada sudut kemiringan 10° diperoleh daya generator terendah, yaitu berkisar antara 5,30 W hingga 6,01 W.

Perbedaan daya yang dihasilkan menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemiringan turbin berpengaruh terhadap kinerja generator. Semakin besar sudut kemiringan, semakin efektif aliran air memutar turbin sehingga kecepatan putar generator meningkat. Peningkatan kecepatan putar tersebut diikuti dengan kenaikan daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian, sudut kemiringan 30° menghasilkan daya generator paling tinggi sehingga memberikan kinerja sistem yang lebih baik dibandingkan sudut kemiringan 10° dan 20° .

PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) menggunakan turbin *Archimedes* dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Sistem mampu mengubah energi aliran air pada saluran irigasi menjadi energi listrik yang digunakan untuk mengisi baterai dan menyuplai beban DC. Komponen pendukung seperti generator, Solar Charge Controller (SCC), baterai, Auto Buck Boost Converter, dan watt meter juga dapat bekerja dengan baik dalam mendukung proses pembangkitan dan pemantauan parameter kelistrikan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi sudut kemiringan turbin berpengaruh terhadap kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi sudut kemiringan turbin berpengaruh terhadap kinerja sistem. Pada kemiringan 30° , sistem menghasilkan performa terbaik dengan rata-rata tegangan generator sebesar 10,75 V, arus generator sebesar 0,77 A, dan daya generator sebesar 8,22 W. Pada kemiringan 20° , diperoleh rata-rata tegangan generator sebesar 8,72 V, arus generator sebesar 0,85 A, dan daya generator sebesar 7,4 W. Sedangkan pada kemiringan 10° , rata-rata tegangan generator sebesar 7,31 V, arus generator sebesar 0,78 A, dan daya generator sebesar 5,70 W.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan turbin, maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Selain itu, hasil pengujian pada baterai dan beban menunjukkan pola yang serupa, di mana kemiringan 30° menghasilkan nilai rata-rata tegangan, arus, dan daya yang lebih tinggi dibandingkan kemiringan 20° dan 10° . Meskipun terdapat beberapa titik data pada kemiringan 20° yang lebih tinggi dibandingkan kemiringan 30° , namun secara keseluruhan nilai rata-rata menunjukkan bahwa kemiringan 30° menghasilkan daya listrik terbaik. Hal ini menunjukkan bahwa kemiringan turbin mempengaruhi kecepatan putar turbin dan generator sehingga

berdampak langsung pada kemampuan sistem dalam mengisi baterai serta menyuplai daya ke beban. Dengan demikian, kemiringan 30° merupakan konfigurasi yang paling optimal pada penelitian ini untuk menghasilkan daya listrik yang lebih besar dan stabil.

PERSANTUNAN

Puji uji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah publikasi yang berjudul "*Rancang Bangun dan Uji Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH) Menggunakan Turbin Archimedes Screw pada Beberapa Variasi Sudut Kemiringan Sumbu Turbin*" dengan baik. Naskah publikasi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dalam proses penyusunan naskah publikasi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penelitian dan penyusunan laporan tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan, kekuatan, dan kelancaran dalam setiap tahapan penelitian, tidak lupa ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Sudadiyono dan Ibu Prapti, atas doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang tiada henti, tak lupa kepada Mbak Diany Wahyu Mahesty, Mas Arka Dian Putra, Adek Iqbal Wahyu Ghazalli, Adek Raissa Bella Andiara, dan Imelda Puspanuri Anti yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama proses penelitian. Serta ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Rizki Nurilyas Ahmad, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama penelitian dan penyusunan naskah publikasi. Selain itu penulis mengucapkan kepada teman-teman Teknik Elektro angkatan 2022, keluarga besar KMTE, sahabat-sahabat Muhammad Aisyul Falah, Restianto Angga Putra Pambudi, Azzam Reza Ahmad Mujahid, Muhammad Rifqi Maulana, Buyung Arya P.J, Gilang Rifaldi, Nanda Budiyanto, Deka Rois Mustaqin, Arafı Adi Musalin, Alfin Muhammad Nugroho dan teman teman grup cacicu serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, dan semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A., & Choifin, M. (2024). Analisis pengaruh kemiringan sudut blade Archimedes screw terhadap output yang dihasilkan pada pembangkit listrik tenaga pico hydro (PLTPH). *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 11(2), 120–128.
- Amali, M., Ismail, M., & Hasan, A. (2025). *Performance analysis of a single-blade Archimedes screw turbine for low-head micro hydro applications*. *Jurnal Polimesin*, 23(1), 12–20.
- Anwar, Z., Dzaky, M. I., Rifa'i, A. I., Hidayati, B., & Sunarso, E. (2024). *Experimental study of the effect of inclination angle variations of the turbine shaft on the Archimedes screw turbine*

efficiency. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 13(2).
<https://doi.org/10.24127/trb.v13i2.3692>

- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. (2023). *Statistik energi baru terbarukan Indonesia 2023*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Gunawan, G., Kimana, C. M., Suanggana, D., & Djafar, A. (2024). Analisis unjuk kerja turbin ulir Archimedes satu sudu dengan variasi head. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), 1193–1202. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i2.4218>
- Khamid, A., Santoso, B., & Widodo, E. (2021). Analisis kecepatan aliran menggunakan metode pelampung pada saluran irigasi. *Jurnal Rekayasa Sumber Daya Air*, 7(1), 25–31.
- Kurniawan, A., Rahman, F., & Nugraha, D. (2021). Identifikasi konsep dinamika fluida pada aliran dam sawah menggunakan metode apung (*floating method*). *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 7(3), 145–152.
- Lubis, M. R., Harahap, R., & Siregar, A. (2023). Pengaruh sistem dan rasio pulley terhadap daya listrik pada generator pembangkit listrik tenaga pikohidro. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi*, 15(2), 89–97.
- Rahayu, S., & Windarta, J. (2022). Potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga air sebagai energi terbarukan di Indonesia. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(2), 85–94.
- Solikhah, A. A., & Bramastia, B. (2024). Systematic literature review: Kajian potensi dan pemanfaatan sumber daya energi baru dan terbarukan di Indonesia. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(1), 27–43. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>
- Thakur, P., Sharma, R., & Singh, V. (2024). Potential of the Archimedes screw to generate sustainable green energy for mini, micro, and pico hydro turbine power stations: An extensive analysis. *Environmental Advances*, 16, 100525.
- Udin, U. (2021). *Optimasi debit air saluran irigasi pada Bendung Sungapan Kecamatan Pemalang Kabupaten Pemalang (Studi kasus saluran induk Semangu)* (Tugas Akhir). Universitas Pancasakti Tegal.
- Atifoqkymin, Bambang. 2024. “Tinjauan Literatur: Kinerja Turbin Screw Archimedes Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Pada Aliran Air Dengan Head Rendah.” *Al Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 9(2):102–13. doi:10.31602/al-jazari.v9i2.15853.
- HAMDANI, DENY, and MUGNI LABIB EDYPOERWA. 2025. “Study and Design of Picohydro Power Plant for Low-Head and Low-Flow Application.” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 13(2):200. doi:10.26760/elkomika.v13i2.200.
- Tibesso, Adem, and Abduselam Aliyi. 2025. “Adaptation and Performance Evaluation of Low-Head Archimedes Screw-Type Turbine for Power Generation.” *Irish Interdisciplinary Journal of Science & Research* 09(03):84–94. doi:10.46759/ijjsr.2025.9309.