

RANCANG BANGUN DAN ANALISIS KINERJA PLTPH MENGGUNAKAN TURBIN ARCHIMEDES SCREW PADA SALURAN IRIGASI DI KLATEN

Gilang Rifaldi, Rizki Nurilyas Ahmad

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Indonesia memiliki potensi sumber daya air yang besar dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) menggunakan turbin *Archimedes Screw* yang memanfaatkan aliran saluran irigasi sebagai sumber energi terbarukan. Sistem yang dirancang terdiri dari turbin *Archimedes Screw*, sistem transmisi *pulley*, generator DC, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai 12 V, *inverter*, dan beban AC. Sistem dibangun pada saluran irigasi dengan debit air rata-rata sekitar 0,05 m³/s dan *head* sebesar 0,5 m. Pengujian dilakukan selama 24 jam untuk mengevaluasi pengaruh debit air terhadap putaran turbin, putaran generator, torsi, serta daya listrik yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata debit air pada siang hari sebesar 0,0498 m³/s dengan putaran generator 411,68 RPM dan torsi 1,279 Nm, sedangkan pada malam hari rata-rata debit air sebesar 0,0507 m³/s dengan putaran generator 410,22 RPM dan torsi 1,271 Nm. Pengujian sistem dengan beban menghasilkan daya generator rata-rata sebesar 12,07 W pada siang hari dan 10,71 W pada malam hari. Daya beban yang dikonsumsi masing-masing sebesar 34,22 W dan 35,50 W, sementara baterai berfungsi sebagai penyimpan energi sekaligus sumber daya tambahan untuk menjaga kontinuitas suplai listrik ketika daya generator belum mampu memenuhi kebutuhan beban secara penuh. Secara keseluruhan, sistem PLTPH yang dirancang mampu beroperasi dengan stabil dan menghasilkan energi listrik secara berkelanjutan pada saluran irigasi. Namun, efisiensi *inverter* yang masih berada pada kisaran 67,68–72,12% menyebabkan rugi-rugi daya yang cukup besar sehingga diperlukan optimasi pada sistem konversi daya untuk meningkatkan kinerja dan pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan.

Kata kunci : energi terbarukan, generator DC, PLTPH, saluran irigasi, turbin *Archimedes Screw*.

Abstract

Indonesia has abundant water resources that can be utilized as a source of renewable energy through a Pico Hydropower Plant (PHP). This study aims to design and analyze the performance of a Pico Hydropower Plant (PHP) using an *Archimedes Screw* turbine that utilizes irrigation canal flow as a renewable energy source. The proposed system consists of an *Archimedes Screw* turbine, a pulley transmission system, a DC generator, a *Solar Charge Controller* (SCC), a 12 V battery, an *inverter*, and AC loads. The system was installed in an irrigation canal with an average water discharge of approximately 0.05 m³/s and a head of 0.5 m. Performance testing was conducted over a 24-hour period to evaluate the effects of water discharge on turbine speed, generator speed, torque, and electrical power output. The results showed that the average water discharge during the daytime was 0.0498 m³/s, producing an average generator speed of 411.68 RPM and a torque of 1.279 Nm, while the nighttime average water discharge was 0.0507 m³/s, with an average generator speed of 410.22 RPM and a torque of 1.271 Nm. Under load conditions, the generator produced an average electrical power of 12.07 W during the daytime and 10.71 W at night. The average load power consumption was 34.22 W and 35.50 W, respectively. The battery functioned as both an energy storage device and an auxiliary power source to ensure continuous electricity supply when the generator output was insufficient to fully meet the load demand. Overall, the designed PHP system operated stably and was capable of generating electrical energy continuously from the irrigation canal. However, the *inverter* efficiency, which remained in the range of 67.68–72.12%, resulted in significant power losses. Therefore, further optimization of the power conversion system is required to improve overall system performance and maximize the utilization of the generated electrical energy.

Keywords: renewable energy, DC generator, pico hydropower plant (PHP), irrigation canal, *Archimedes Screw* turbine.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang besar, khususnya dari sumber daya air, yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat serta mendukung ketahanan energi nasional (Sinaga et al., 2025). Pemanfaatan infrastruktur sumber daya air yang telah tersedia, seperti bendungan, waduk, dan saluran irigasi, menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghasilkan energi listrik secara berkelanjutan (Wedanta et al., 2021).

Salah satu pengembangan energi yang menggunakan potensi sumber daya air yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yaitu suatu alat pembangkit listrik yang berkonsep dengan menggunakan turbin yang digerakkan oleh air yang mengalir (Basori et al., 2016). Salah satu jenis pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yaitu pembangkit listrik tenaga Picohidro (PLTPH) yang merupakan alat pembangkit listrik yang termasuk dalam klarifikasi daya $<5\text{kW}$ yang dapat dioperasikan pada *head* rendah (Pangkung et al., 2025).

Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) dapat menggunakan berbagai jenis turbin sebagai penggerak generator, salah satunya adalah turbin *Archimedes Screw* (Jabar et al., 2020). Turbin ini merupakan pengembangan dari pompa *Archimedes* yang bekerja dengan memanfaatkan aliran air untuk memutar poros turbin, kemudian meneruskan putaran tersebut ke generator sehingga menghasilkan energi listrik (Borromeus et al., 2025). Karakteristiknya yang mampu beroperasi pada kondisi *head* rendah dan debit air yang relatif stabil menjadikan turbin *Archimedes Screw* sesuai diterapkan pada saluran irigasi sebagai sumber energi terbarukan (Setiawan et al., 2021).

Kabupaten Klaten merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi sumber daya air yang melimpah, terutama dari saluran irigasi dan berbagai sumber mata air (umbul) (Anggraheny et al., 2020). Potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi listrik, khususnya untuk mendukung kebutuhan penerangan dan perangkat listrik skala kecil di sekitar lokasi (Al Bawani & Sudarti, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) berbasis turbin *Archimedes Screw* pada saluran irigasi di Kabupaten Klaten. Analisis dilakukan terhadap parameter debit air, putaran turbin, putaran generator, torsi, serta daya listrik yang dihasilkan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan pemanfaatan energi air skala kecil yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan.

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Studi ini mencakup pembahasan mengenai turbin *Archimedes Screw* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH), meliputi pengaruh sudut kemiringan pemasangan turbin terhadap

kinerja sistem. Selain itu, penelitian juga mengkaji pengaruh jumlah *blade* dan sudut kemiringan *blade* pada turbin *Archimedes Screw* terhadap efisiensi konversi energi air menjadi energi mekanik. Kinerja sistem dievaluasi menggunakan generator DC dengan memantau parameter tegangan, arus, putaran (RPM), dan daya listrik yang dihasilkan secara langsung.

2.1.1 Kinerja PLTPH Menggunakan Turbin *Archimedes Screw*

Penelitian (Choifin et al., 2024) mendapatkan kesimpulan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) menggunakan turbin *Archimedes Screw* dengan variasi *head* sebesar 30 cm, 45 cm, dan 60 cm. Pengujian dilakukan secara langsung pada aliran sungai untuk menganalisis pengaruh variasi *head* terhadap debit air dan daya keluaran generator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *head* berpengaruh terhadap performa sistem, dengan kondisi optimum diperoleh pada *head* 45 cm yang menghasilkan tegangan 12,408 V, arus 0,0239 A, dan daya sebesar 0,296 W. Penelitian tersebut berfokus pada pengaruh variasi *head* terhadap keluaran daya dan debit air.

Penelitian (Apriani et al., 2024) mendapatkan hasil pengembangan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) menggunakan *Archimedes Screw* untuk memanfaatkan energi aliran air. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh debit air terhadap putaran turbin dan putaran generator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada debit air rata-rata 0,46 m³/s diperoleh putaran turbin sebesar 112,2 RPM dan putaran generator sebesar 758,4 RPM. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa peningkatan debit air berpengaruh terhadap peningkatan kecepatan putaran turbin dan generator sehingga dapat meningkatkan kinerja sistem PLTPH.

2.2 Observasi Tempat Pengujian

Lokasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan saluran irigasi Jl Basin-Karangnongko, Kecamatan Kebonarum, Kabupaten Klaten. Pada lokasi tersebut dilakukan observasi lapangan sebagai tahap awal pengumpulan data dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) berbasis turbin *Archimedes Screw*. Pengamatan meliputi kondisi fisik saluran, karakteristik aliran air, lebar dan kedalaman saluran, serta kecepatan aliran. Fokus utama diarahkan pada pengukuran debit dan tinggi jatuh air (*head*) sebagai parameter utama dalam menentukan potensi daya dan kinerja sistem. Selain itu, dilakukan peninjauan terhadap kestabilan aliran dan kondisi lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi pemasangan turbin. Data yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan dan analisis teknis dalam perancangan sistem PLTPH sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.



Gambar 1. Tempat Pengujian

2.2.1 Data Awal Debit Air

Tabel 1. Data Debit Air

Uji Ke -	Waktu (s)	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit Air (m^3/s)
1	6,75	0,741	0,0538
2	6,52	0,767	0,0557
3	6,74	0,742	0,0539
4	6,62	0,755	0,0548
5	6,98	0,716	0,0520
Rata-rata	6,72	0,744	0,0540

Berdasarkan Tabel 1 pengukuran debit air dilakukan menggunakan metode kecepatan aliran dengan panjang lintasan pengukuran sebesar 5 m. kecepatan aliran diperoleh dari perbandingan antara jarak tempuh pelampung dan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut. Selain itu, luas penampang aliran yang digunakan dalam perhitungan adalah sebesar $0,0726 \text{ m}^2$. berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kecepatan aliran air berkisar antara $0,716 \text{ m/s}$ hingga $0,767 \text{ m/s}$ dengan nilai rata-rata sebesar $0,744 \text{ m/s}$. Dari nilai kecepatan tersebut diperoleh debit air antara $0,0520 \text{ m}^3/\text{s}$ hingga $0,0557 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan rata-rata sebesar $0,0540 \text{ m}^3/\text{s}$. nilai debit tertinggi terjadi pada pengujian ke-2, sedangkan debit terendah terjadi dipengujian ke-5. Perbedaan nilai debit pada setiap pengujian disebabkan karena perubahan aliran air. Semakin besar kecepatan aliran, semakin besar pula debit yang dihasilkan. Namun, perbedaan debit yang diperoleh relatif kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi aliran air selama pengujian cukup stabil. Nilai debit rata-rata sebesar $0,0540 \text{ m}^3/\text{s}$ kemudian digunakan sebagai acuan dalam analisis kinerja turbin *Archimedes Screw* dan generator pada sistem PLTPH.

2.2.2 Data Awal Pengujian Turbin

Tabel 2. Pengujian Turbin

Uji Ke -	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Turbin (RPM)
1	0,741	0,0538	166,5
2	0,767	0,0557	174
3	0,742	0,0539	168,8
4	0,755	0,0548	171
5	0,716	0,0520	162,8
Rata-rata	0,744	0,0540	168,62

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh rata-rata kecepatan aliran sebesar 0,744 m/s, debit air 0,0540 m³/s dan kecepatan putaran turbin 168,62 RPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran turbin cenderung meningkat ketika kecepatan aliran dan debit air bertambah. Hal ini terlihat pada pengujian ke-2 yang menghasilkan kecepatan aliran tertinggi (0,767 m/s) dan debit terbesar (0,0557 m³/s), sehingga menghasilkan putaran turbin tertinggi yaitu 174 RPM. Sebaliknya, pada pengujian ke-5, kecepatan aliran dan debit air paling rendah, sehingga putaran turbin juga menjadi yang terendah yaitu 162,8 RPM. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin bekerja dengan cukup stabil. Semakin besar aliran dan debit air yang masuk ke turbin, maka semakin tinggi pula putaran turbin yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa energi aliran air dapat dikonversi dengan baik menjadi energi mekanik berupa putaran turbin.

2.2.3 Data Awal Pengujian Generator

Tabel 3. Pengujian Generator Tanpa Beban

Uji Ke -	Kecepatan Generator (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	895	41,5	0,00
2	1000	48,7	0,00
3	1125	54	0,00
4	1213	57,1	0,00
5	1310	61,1	0,00
Rata-rata	1108,6 RPM	52,48 V	0,00 A

Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan keluaran generator meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar generator. Pada kecepatan 895 RPM, generator menghasilkan tegangan sebesar 41,5 V, sedangkan pada 1310 RPM tegangan meningkat menjadi 61,1 V. Hasil ini menunjukkan hubungan

berbanding lurus antara kecepatan putar dan tegangan keluaran generator. Arus yang terukur sebesar 0 A pada seluruh pengujian karena generator diuji dalam kondisi tanpa beban. Rata-rata kecepatan putar generator yang diperoleh adalah 1108,6 RPM dengan rata-rata tegangan keluaran sebesar 52,48 V. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar generator berpengaruh terhadap kenaikan tegangan yang dihasilkan.

Tabel 4. Pengujian Generator Menggunakan Beban

Uji Ke -	Kecepatan Generator (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	398	11	0,89	9,86
2	477	11,76	1,14	13,51
3	693	12,14	1,69	20,55
4	865	13,74	1,91	26,29
5	970	14,85	2,23	33,18
Rata-rata	674,6 RPM	12,69 V	1,57 A	20,67 W

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian generator pada kondisi berbeban. Berdasarkan data yang diperoleh, peningkatan kecepatan putar generator diikuti oleh kenaikan tegangan, arus, dan daya keluaran. Pada kecepatan 398 RPM, generator menghasilkan tegangan 11 V, arus 0,89 A, dan daya 9,86 W. Ketika kecepatan putar meningkat hingga 970 RPM, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan juga meningkat menjadi 14,85 V, 2,23 A, dan 33,18 W. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putar generator berpengaruh terhadap kemampuan generator dalam menghasilkan energi listrik. Selama pengujian, diperoleh nilai rata-rata kecepatan putar sebesar 674,6 RPM dengan tegangan rata-rata 12,69 V, arus 1,57 A, dan daya 20,67 W. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran generator, maka semakin besar daya listrik yang dapat dihasilkan. Daya listrik tersebut dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$P = V \times I \quad (1)$$

Di mana :

P = daya listrik (Watt)

V = tegangan listrik (Volt)

I = arus listrik (Ampere)

Rasio *pulley* ditentukan berdasarkan perbandingan antara putaran generator dan turbin, sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan (2).

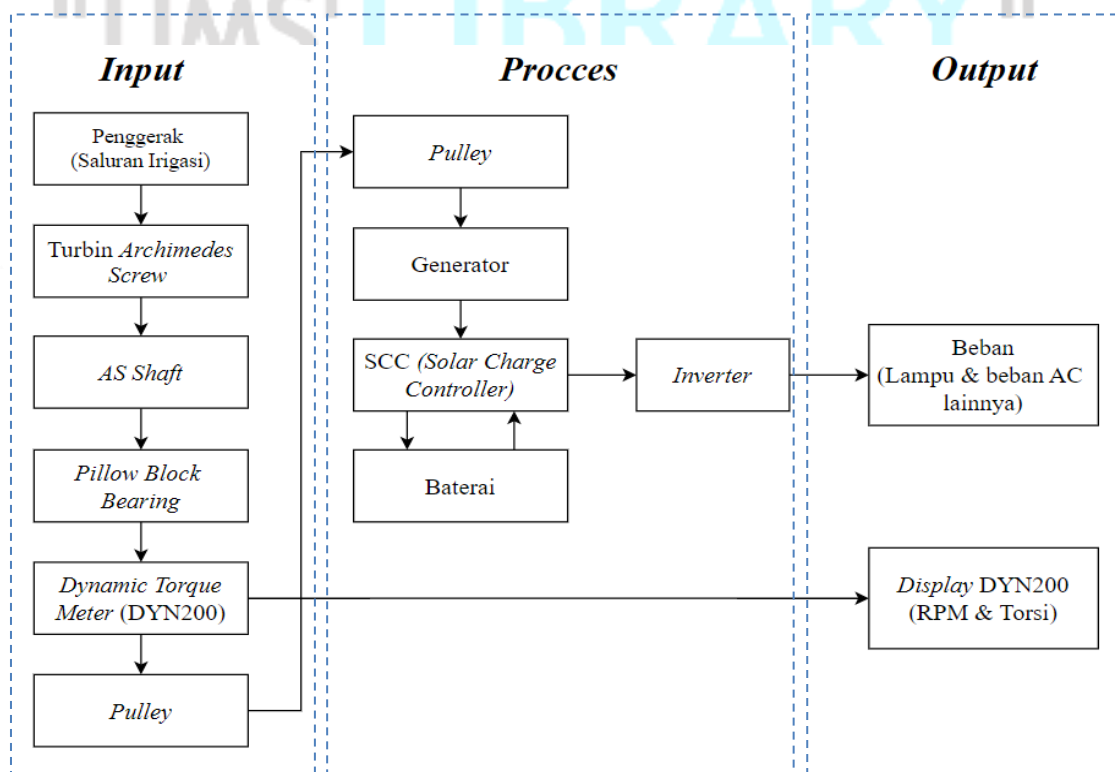
$$\text{Rasio Pulley} = \frac{\text{RPM Generator Load}}{\text{RPM Turbin}} \quad (2)$$

2.3 Perancangan Sistem PLTPH

Tahap awal penelitian dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem PLTPH. Setelah dirancang dan dirakit sesuai dengan skema yang telah dibuat, dengan turbin *Archimedes Screw* sebagai penggerak utama yang mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut kemudian diteruskan ke generator DC untuk menghasilkan energi listrik. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan pengujian sistem untuk memperoleh data tegangan, arus, daya, torsi dan kecepatan putaran turbin melalui pengukuran secara manual. Data hasil pengujian selanjutnya digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja sistem PLTPH yang telah dirancang.

2.3.1. Diagram Blok Sistem

Gambar 2 menunjukkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) yang memanfaatkan energi aliran air sebagai sumber energi utama. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu turbin *Archimedes Screw*, poros (*shaft*), *pillow block bearing*, kopling turbin, *Dynamic Torque Meter* (DYN200), *pulley*, dan generator. Putaran turbin yang dihasilkan oleh aliran air diteruskan ke generator melalui sistem transmisi sehingga menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian diatur oleh *Solar Charge Controller* (SCC) sebelum disimpan pada baterai dan digunakan untuk menyuplai beban. Pengukuran tegangan, arus, dan daya pada sisi DC dilakukan menggunakan *clamp meter*, sedangkan pengukuran pada sisi AC menggunakan wattmeter. Selain itu, nilai torsi dan putaran turbin dapat diamati secara langsung melalui tampilan DYN200.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

2.3.2 Perancangan *Hardware*

a) Alat dan Bahan

Tabel 5. Perancangan *Hardware*

Alat	Jumlah
Generator DC 12V 50W	1
<i>Solar Charge Controller</i>	1
<i>Buck-Boost Converter</i>	1
<i>Inverter</i> 1000 W	1
MCB DC 6A	2
MCB AC 4A	1
Kabel NYAF 1.5mm ²	Secukupnya
<i>AS Shaft</i>	1
<i>Pillow Block Bearing</i>	2
<i>Pulley</i>	2
PVC	1
Pipa PVC" 120cm	1
<i>Coupling</i> DYN200	1
Panel Box	1
<i>Dynamic Torque Meter</i> DYN200	1
Pipa Besi	1
Plat Besi	Secukupnya

b) Perancangan Mekanik

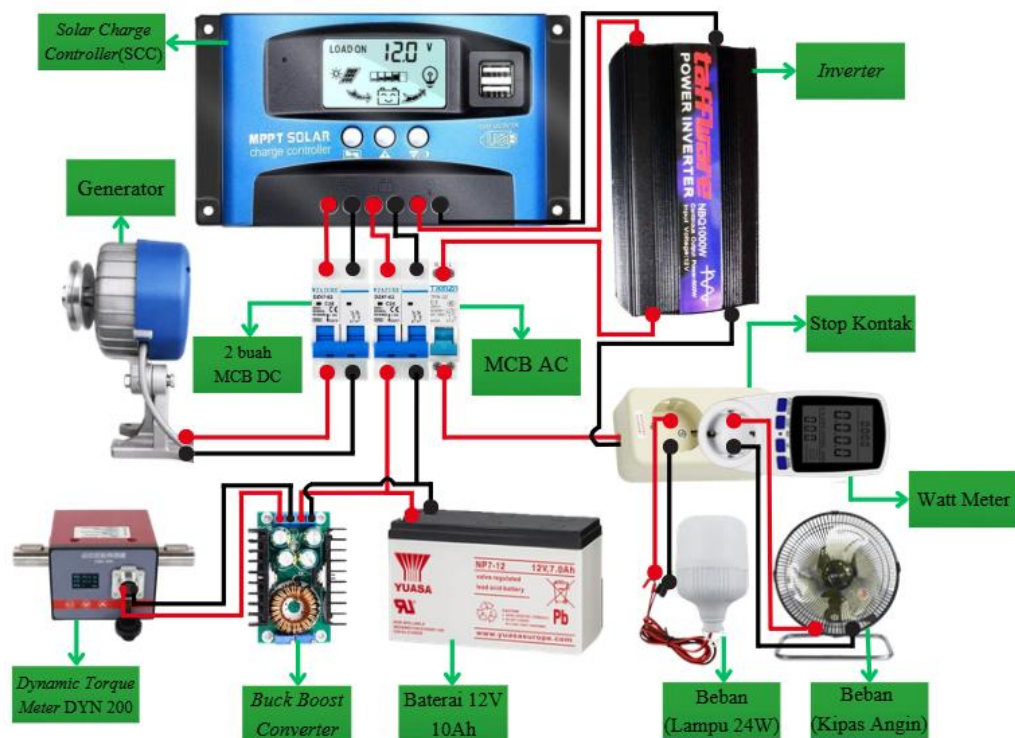
Gambar 3 menunjukkan proses perancangan mekanik yang diawali dengan pembuatan turbin *Archimedes Screw* menggunakan bilah dari material PVC yang dipasang pada pipa PVC dan dihubungkan dengan poros (*shaft*). Poros kemudian dipasang pada *pillow block bearing* yang terletak pada rangka agar putaran turbin dapat berlangsung dengan stabil. Selanjutnya, komponen pendukung seperti *bearing*, poros, dan *Dynamic Torque Meter* (DYN200) dipasang sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Setelah seluruh komponen terpasang, sistem dirakit menjadi satu kesatuan untuk memastikan proses penyaluran energi dari turbin ke generator dapat berjalan dengan baik serta memungkinkan pengukuran torsi dan putaran dilakukan secara akurat.



Gambar 3. Perancangan Mekanik

c) Wiring Sistem

Gambar 4 menunjukkan *wiring* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) yang menghubungkan seluruh komponen pembangkit. Generator DC mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik DC, kemudian tegangan keluaran diatur oleh *Solar Charge Controller* (SCC) sebelum digunakan untuk mengisi baterai. Untuk melindungi sistem dari arus berlebih, dipasang MCB DC 6 A pada jalur generator SCC dan SCC baterai. Energi listrik selanjutnya dialirkan ke *inverter* untuk diubah menjadi listrik AC yang dapat digunakan oleh beban, dengan MCB AC 4 A sebagai pengaman pada sisi keluaran *inverter*. Pengukuran tegangan, arus dan daya pada sisi DC dilakukan menggunakan *clamp meter*, sedangkan pada sisi AC menggunakan wattmeter. Selain itu *Dynamic Torque Meter* (DYN200) digunakan untuk mengukur kecepatan putar dan torsi turbin selama pengujian.



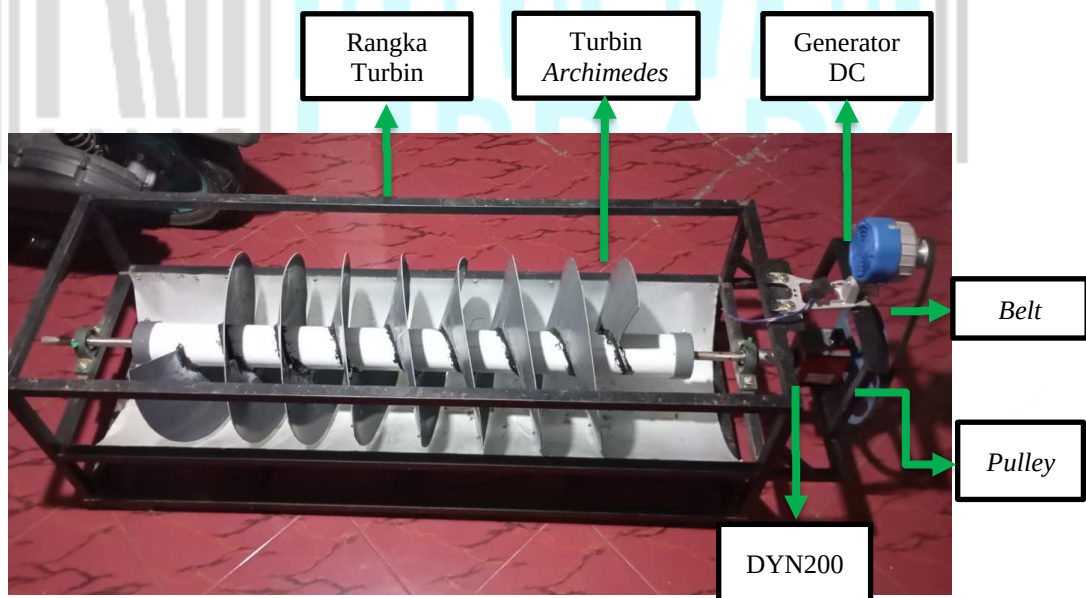
Gambar 4. Wiring Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi *Hardware*

Implementasi *hardware* dilakukan dengan memasang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) secara langsung pada saluran irigasi yang berada di Jl. Basin-Karangnongko, Kecamatan Kebonarum, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Setelah seluruh komponen terpasang, sistem diuji untuk mengetahui kinerjanya terhadap aliran air yang tersedia di lokasi penelitian. Pengujian awal dilakukan dengan mengukur kecepatan putaran turbin (RPM) yang dihasilkan dari debit air pada saluran irigasi. Data RPM tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan rasio *pulley* antara turbin dan generator sehingga generator dapat beroperasi pada kecepatan yang sesuai untuk menghasilkan tegangan keluaran yang optimal.

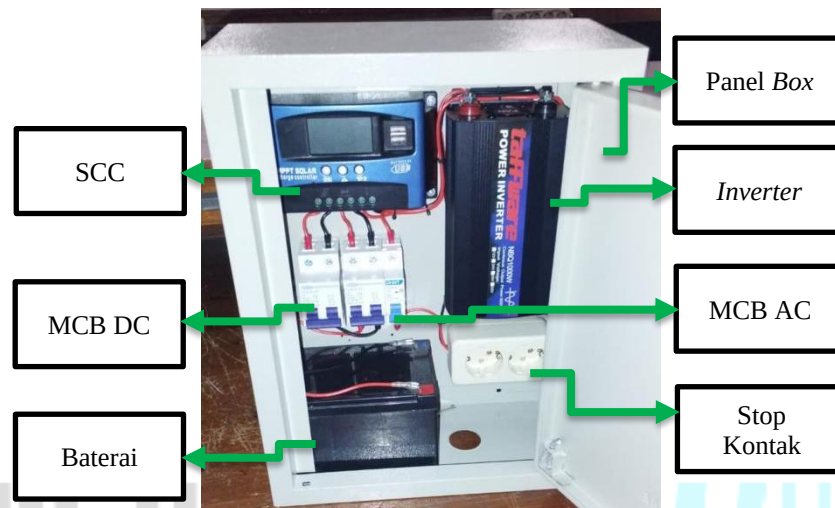
Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) berbasis turbin *Archimedes Screw* pada penelitian ini memerlukan perancangan sistem perangkat keras (*hardware*) yang terdiri atas komponen mekanik dan kelistrikan. Komponen mekanik meliputi rangka turbin, turbin *Archimedes screw*, generator DC, *belt*, *pulley* serta DYN200 yang berfungsi untuk pengukuran dan torsi turbin. Seluruh komponen mekanik tersebut dirancang dan diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Hardware* Sistem PLTPH

Selain komponen mekanik, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) juga dilengkapi dengan rangkaian kelistrikan. Rangkaian kelistrikan tersebut terdiri atas *Solar Charge Contoller* (SCC), MCB DC, baterai, *inverter*, MCB AC, stop kontak, dan *panel box* sebagai tempat instalasi komponen kelistrikan. Seluruh komponen tersebut bekerja secara terintegrasi untuk

mengatur, menyimpan, dan menyalurkan energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTPH. Rangkaian kelistrikan tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Kelistrikan Sistem PLTPH

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menganalisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) yang memanfaatkan turbin *Archimedes Screw* sebagai penggerak utama generator. Sistem dirancang pada saluran irigasi dengan *head* sebesar 0,5 m untuk mengonversi energi potensial dan energi kinetik aliran air menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Energi mekanik tersebut diteruskan ke generator DC untuk dikonversi menjadi energi listrik. Karakteristik mekanik turbin dianalisis melalui pengukuran torsi dan kecepatan putar (RPM) menggunakan *Dynamic Torque Meter* DYN200 yang dipasang pada poros transmisi.

Energi listrik yang dihasilkan generator selanjutnya dialirkan ke *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur proses pengisian baterai 12 V sehingga penyimpanan energi berlangsung secara aman dan stabil serta melindungi baterai dari kondisi *overcharging* maupun *overdischarging*. Energi yang tersimpan pada baterai kemudian disalurkan ke *inverter* untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yang digunakan untuk menyuplai beban berupa *charger handphone*, lampu dan kipas angin. Pengujian dilakukan pada kondisi siang dan malam hari untuk mengevaluasi kinerja sistem PLTPH pada kondisi operasional yang berbeda, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Sistem PLTPH pada kondisi Siang dan Malam Hari

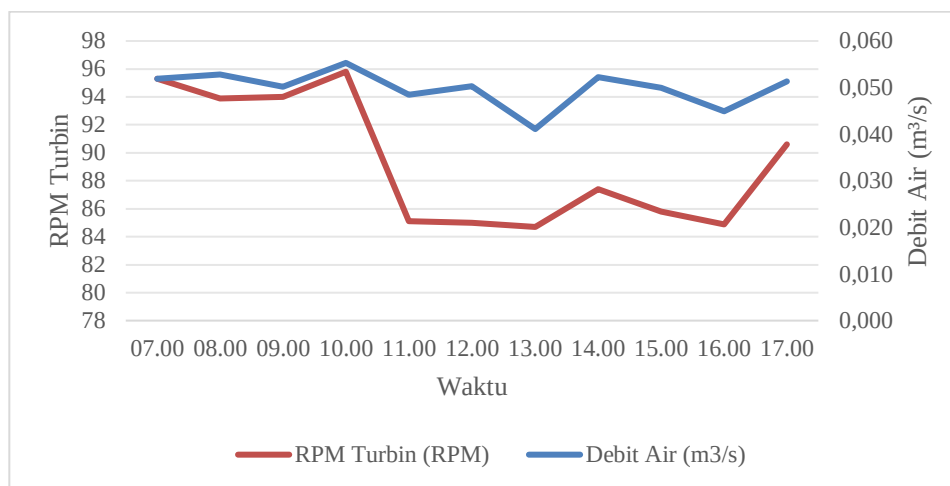
3.2.1. Data Pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro

3.2.1.1. Pengujian Siang Hari

Pengujian pada siang hari dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem PLTPH dalam menyuplai beban listrik yang umum digunakan pada siang hari. Pada pengujian ini, beban yang digunakan berupa kipas angin dan *charger handphone*. Pengujian meliputi pengukuran parameter mekanik turbin dan generator, seperti torsi dan kecepatan putar (RPM) menggunakan *Dynamic Torque Meter DYN200*, serta pengujian kinerja sistem PLTPH saat menyuplai beban. Data hasil pengujian tersebut digunakan untuk menganalisis performa sistem dan disajikan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 6. Pengujian Turbin dan Generator menggunakan *Dynamic Torque Meter DYN200*

Waktu	Debit Air (m ³ /s)	RPM Turbin (RPM)	RPM Generator (RPM)	Torsi (Nm)
07.00	0,0519	95,3	420	1,261
08.00	0,0528	93,9	402	1,256
09.00	0,0502	94	408	1,426
10.00	0,0553	95,8	418,4	1,328
11.00	0,0485	85,1	406,6	1,253
12.00	0,0503	85	410	1,314
13.00	0,0411	84,7	406,3	1,287
14.00	0,0522	87,4	411,5	1,295
15.00	0,0499	85,8	415	1,403
16.00	0,0449	84,9	407,5	1,11
17.00	0,0513	90,6	423,2	1,137
Rata-rata	0,0498	89,32	411,68	1,279



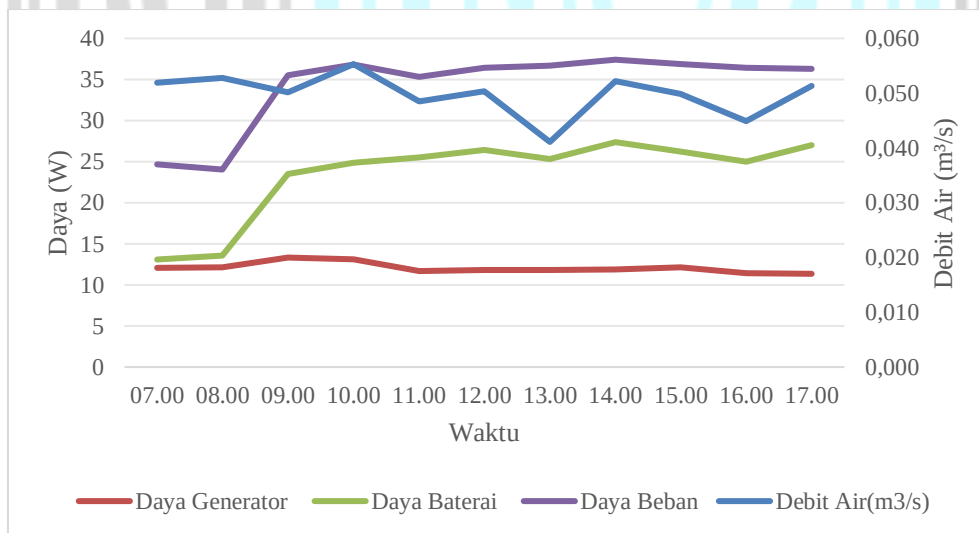
Gambar 8. Grafik RPM Turbin terhadap Perubahan Debit Air

Tabel menunjukkan 6 debit air selama pengujian berkisar antara 0,0411-0,0553 m³/s dengan rata-rata 0,0498 m³/s. Pada kondisi tersebut, turbin menghasilkan putaran rata-rata 89,32 RPM, sedangkan generator mencapai 411,68 RPM dengan torsi 1,279 Nm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan debit air cenderung meningkatkan putaran turbin dan generator. Debit air tertinggi sebesar 0,0553 m³/s pada pukul 10.00 menghasilkan putaran turbin 95,8 RPM dan putaran turbin 84,7 RPM dan putaran generator 406,3 RPM. Nilai torsi yang diperoleh berada pada rentang 1,11-1,426 Nm, dengan nilai tertinggi pada pukul 09.00. Putaran generator yang lebih tinggi dibandingkan putaran turbin menunjukkan bahwa sistem transmisi mampu meningkatkan kecepatan putar sebelum diteruskan ke generator. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin *Archimedes Screw* mampu bekerja secara stabil dan efektif dalam mengkonversi energi aliran air menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator.

Gambar Grafik 8 menunjukkan debit air dan putaran turbin menunjukkan pola yang relatif searah selama pengujian. Ketika debit air meningkat, putaran turbin juga cenderung meningkat, sedangkan saat debit air menurun, putaran turbin ikut mengalami penurunan. Putaran turbin berada pada kisaran 84,7–95,8 RPM, sementara debit air berkisar antara 0,0411–0,0553 m³/s. Hal ini menunjukkan bahwa debit air berpengaruh terhadap putaran turbin, di mana semakin besar debit air yang mengalir maka putaran turbin cenderung semakin tinggi.

Tabel 7. Pengujian Sistem PLTPH dengan Beban

Waktu	Debit Air (m ³ /s)	Generator			Baterai			Beban Sisi DC			Beban Sisi AC			
		V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	PF	P (W)
07.00	0,0519	11,85	1,02	12,09	11,9	1,1	13,09	11,75	2,1	24,68	228,5	0,118	0,46	12,40
08.00	0,0528	12,15	1	12,15	12,32	1,1	13,55	12,02	2	24,04	228,6	0,114	0,47	12,25
09.00	0,0502	12,01	1,11	13,33	12,1	1,94	23,47	12,04	2,95	35,52	228,5	0,115	0,95	24,96
10.00	0,0553	11,83	1,11	13,13	11,85	2,1	24,89	11,69	3,15	36,82	227,7	0,118	0,95	25,53
11.00	0,0485	11,83	0,99	11,71	11,87	2,15	25,52	11,65	3,03	35,30	227,8	0,117	0,95	25,32
12.00	0,0503	11,7	1,01	11,82	11,84	2,23	26,40	11,67	3,12	36,41	227,8	0,116	0,95	25,10
13.00	0,0411	11,8	1	11,80	11,9	2,13	25,35	11,75	3,12	36,66	227,8	0,117	0,96	25,59
14.00	0,0522	11,85	1	11,85	11,9	2,3	27,37	11,8	3,17	37,41	227,8	0,117	0,95	25,32
15.00	0,0499	11,9	1,02	12,14	11,92	2,2	26,22	11,78	3,13	36,87	227,8	0,118	0,96	25,81
16.00	0,0449	11,8	0,97	11,45	11,9	2,1	24,99	11,7	3,11	36,39	227,9	0,118	0,96	25,82
17.00	0,0513	11,95	0,95	11,35	12	2,25	27,00	11,82	3,07	36,29	227,6	0,118	0,96	25,78
Rata-rata	0,0498	11,88	1,02	12,07	11,95	1,96	23,44	11,79	2,90	34,22	227,9	0,116	0,86	23,08



Gambar 9. Grafik Debit Air dan Daya Pada Generator, Baterai dan Beban saat Siang Hari

Tabel 7 menunjukkan bahwa simbol V menyatakan tegangan (Volt), I menyatakan arus (Ampere), P menyatakan daya (Watt), dan PF menyatakan faktor daya (*Power Factor*), yang menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan daya pada sisi AC. Hasil pengujian sistem PLTPH dengan beban menunjukkan debit air berkisar antara 0,0411 m³/s hingga 0,0553 m³/s dengan rata-rata 0,0498 m³/s. Pada kondisi tersebut, generator menghasilkan tegangan rata-rata 11,88 V, arus 1,02 A, dan daya 12,07 W. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mengisi baterai dengan tegangan rata-rata 11,95 V, arus 1,96 A, dan daya pengisian 23,44 W. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi listrik secara stabil meskipun terjadi variasi debit air selama pengujian. Pada sisi

beban DC diperoleh tegangan rata-rata 11,79 V, arus 2,90 A, dan daya 34,22 W. Pengujian menggunakan charger handphone sebagai beban pada pengujian jam 07.00 dan 08.00, sedangkan pengujian jam 09.00 hingga 17.00 menggunakan kipas angin sebagai beban utama. Sementara itu, *inverter* menghasilkan tegangan AC rata-rata 227,9 V, arus 0,116 A, faktor daya 0,86, dan daya keluaran 23,08 W. Secara keseluruhan, sistem PLTPH mampu menyalurkan energi listrik dengan baik pada beban DC maupun AC, sehingga berpotensi digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik skala kecil seperti penerangan dan peralatan elektronik berdaya rendah.

Gambar Grafik 9 menunjukkan debit air selama pengujian siang hari berfluktuasi pada kisaran 0,0449–0,0557 m³/s. Fluktuasi tersebut diikuti oleh perubahan daya generator, baterai, dan beban, namun nilainya tetap relatif stabil. Daya generator berada pada kisaran 11,45–13,33 W, daya baterai 13,09–27,37 W, dan daya beban 24,04–37,41 W. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem PLTPH berbasis turbin *Archimedes Screw* mampu menghasilkan, menyimpan, dan menyalurkan energi listrik secara stabil meskipun terjadi variasi debit air selama pengujian.

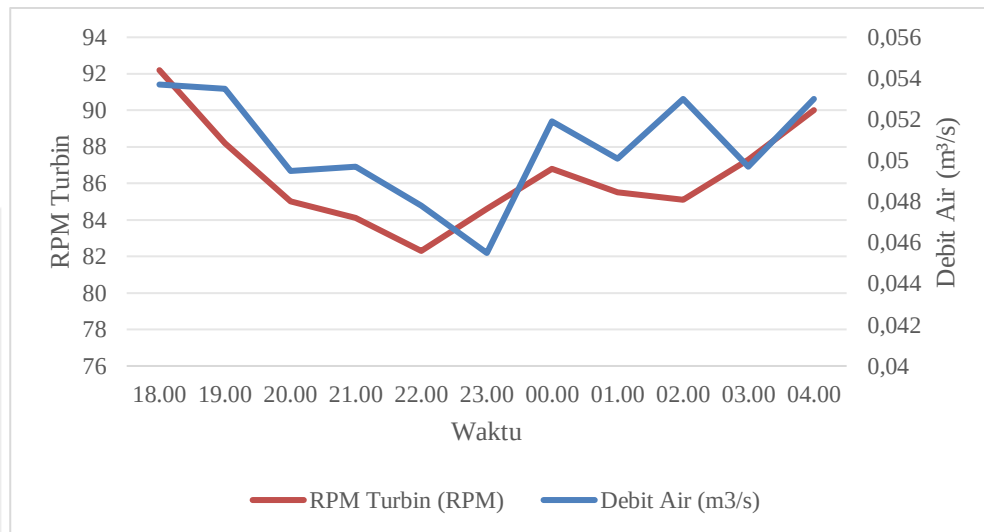
3.2.1.2. Pengujian Malam Hari

Pengujian pada malam hari dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem PLTPH dalam menyuplai kebutuhan energi listrik untuk penerangan. Pada pengujian ini beban yang digunakan berupa lampu. Pengujian meliputi pengukuran parameter mekanik turbin dan generator, seperti torsi dan kecepatan putar (RPM) menggunakan *Dynamic Torque Meter* DYN200, serta pengujian kinerja sistem PLTPH saat menyuplai beban lampu. Data hasil pengujian tersebut digunakan untuk menganalisis performa sistem dan kemampuan PLTPH dalam memenuhi kebutuhan energi listrik pada malam hari, yang selanjutnya disajikan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 8. Pengujian Turbin dan Generator menggunakan *Dynamic Torque Meter* DYN200

Waktu	Debit Air (m ³ /s)	RPM Turbin (RPM)	RPM Generator (RPM)	Torsi (Nm)
18.00	0,0537	92,2	423,2	1,191
19.00	0,0535	88,2	420	1,245
20.00	0,0495	85	410	1,292
21.00	0,0497	84,1	407	1,306
22.00	0,0478	82,3	410,3	1,334
23.00	0,0455	84,6	401	1,297
00.00	0,0519	86,8	409,7	1,265
01.00	0,0501	85,5	404,5	1,285

Waktu	Debit Air (m ³ /s)	RPM Turbin (RPM)	RPM Generator (RPM)	Torsi (Nm)
02.00	0,0530	85,1	402,7	1,291
03.00	0,0497	87,3	408	1,258
04.00	0,0530	90	416	1,22
Rata-rata	0,0507	86,46	410,22	1,271



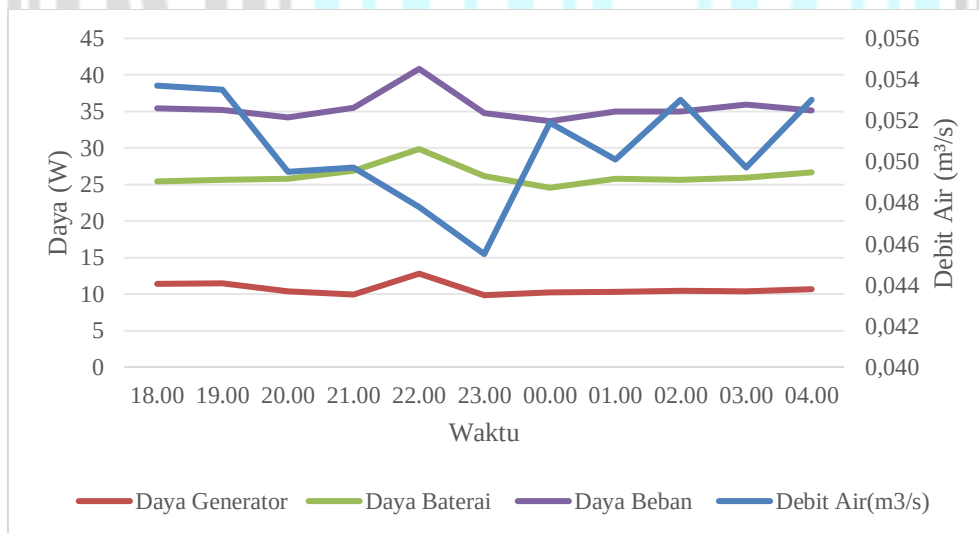
Gambar 10. Grafik RPM Turbin terhadap Perubahan Debit Air

Tabel 8 menunjukkan rata-rata debit air selama pengujian malam hari sebesar 0,0507 m³/s, menghasilkan putaran turbin 86,46 RPM, putaran generator 410,22 RPM, dan torsi 1,271 Nm. Debit air tertinggi sebesar 0,0537 m³/s menghasilkan putaran turbin 92,2 RPM dan putaran generator 423,2 RPM, sedangkan debit terendah sebesar 0,0455 m³/s menghasilkan putaran turbin 84,6 RPM dan putaran generator 401 RPM. Meskipun terjadi fluktuasi debit air, putaran generator tetap berada pada kisaran 401–423,2 RPM dan torsi pada rentang 1,191–1,334 Nm. Hal ini menunjukkan bahwa turbin *Archimedes Screw* mampu bekerja secara stabil dalam mengonversi energi aliran air menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator.

Gambar Grafik 10 menunjukkan debit air dan putaran turbin menunjukkan pola yang relatif searah. Penurunan debit air dari 0,0537 m³/s menjadi 0,0455 m³/s diikuti oleh penurunan putaran turbin dari 92,2 RPM menjadi 84,6 RPM. Sebaliknya, ketika debit air meningkat kembali, putaran turbin juga mengalami peningkatan hingga mencapai 90 RPM pada pukul 04.00. Hal ini menunjukkan bahwa debit air berpengaruh terhadap putaran turbin, di mana semakin besar debit air maka putaran turbin cenderung meningkat.

Tabel 9. Pengujian Sistem PLTPH dengan Beban

Waktu	Debit Air (m ³ /s)	Generator			Baterai			Beban Sisi DC			Beban Sisi AC			
		V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	PF	P (W)
18.00	0,0537	12,02	0,95	11,42	11,98	2,12	25,40	11,8	3	35,40	228,1	0,193	0,57	25,09
19.00	0,0535	11,5	1	11,50	11,4	2,25	25,65	11,36	3,1	35,22	228,2	0,193	0,56	24,66
20.00	0,0495	10,93	0,95	10,38	10,97	2,35	25,78	10,74	3,18	34,15	226,7	0,194	0,56	24,63
21.00	0,0497	11,69	0,85	9,94	11,7	2,3	26,91	11,38	3,12	35,51	228,2	0,195	0,56	24,92
22.00	0,0478	11,73	1,09	12,79	11,75	2,54	29,85	11,5	3,55	40,83	228,2	0,194	0,56	24,79
23.00	0,0455	11,71	0,84	9,84	11,72	2,23	26,14	11,52	3,02	34,79	228	0,192	0,56	24,51
00.00	0,0519	11,75	0,87	10,22	11,69	2,1	24,55	11,61	2,9	33,67	227,9	0,193	0,56	24,63
01.00	0,0501	11,82	0,87	10,28	11,72	2,2	25,78	11,65	3	34,95	228,1	0,193	0,57	25,09
02.00	0,0530	11,85	0,88	10,43	11,76	2,18	25,64	11,69	2,99	34,95	227,9	0,194	0,57	25,20
03.00	0,0497	11,9	0,87	10,35	11,8	2,2	25,96	11,77	3,05	35,90	228	0,193	0,57	25,08
04.00	0,0530	11,95	0,89	10,64	11,85	2,25	26,66	11,8	2,98	35,16	227,9	0,193	0,56	24,63
Rata-rata	0,0507	11,71	0,91	10,71	11,67	2,25	26,21	11,53	3,08	35,50	227,9	0,193	0,56	24,84



Gambar 11. Grafik Debit Air dan Daya Pada Generator, Baterai dan Beban saat Malam Hari

Tabel 9 menunjukkan bahwa simbol V menyatakan tegangan (Volt), I menyatakan arus (Ampere), P menyatakan daya (Watt), dan PF menyatakan faktor daya (*Power Factor*), yang menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan daya pada sisi AC. Hasil pengujian sistem PLTPH dengan beban menunjukkan debit air berkisar antara 0,0455 m³/s hingga 0,0537 m³/s dengan rata-rata 0,0507 m³/s. Pada kondisi tersebut, generator menghasilkan tegangan rata-rata 11,71 V, arus 0,91 A, dan daya 10,71 W. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mengisi baterai dengan tegangan rata-rata 11,67 V, arus 2,25 A, dan daya pengisian 26,21 W. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi listrik secara stabil meskipun terjadi perubahan debit air selama pengujian. Pada

sisi beban DC diperoleh tegangan rata-rata 11,53 V, arus 3,08 A, dan daya 35,50 W. Pengujian menggunakan lampu sebagai beban pada seluruh pengujian. Sementara itu, *inverter* menghasilkan tegangan AC rata-rata 227,9 V, arus 0,193 A, faktor daya (PF) 0,56, dan daya keluaran rata-rata 24,84 W. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem PLTPH mampu menyuplai beban DC dan AC secara stabil, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik skala kecil seperti penerangan dan peralatan elektronik berdaya rendah.

Gambar Grafik 11 menunjukkan debit air selama pengujian malam hari berfluktuasi pada kisaran 0,0455–0,0537 m³/s. Perubahan debit air diikuti oleh perubahan daya generator, daya baterai, dan daya beban, meskipun fluktuasinya tidak terlalu besar. Daya generator berada pada kisaran 9,84–12,79 W, daya baterai 24,55–29,85 W, sedangkan daya beban berkisar 33,67–40,83 W. Daya beban cenderung lebih tinggi karena selain memanfaatkan daya yang dihasilkan generator, sistem juga memperoleh suplai energi dari baterai. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa sistem PLTPH berbasis turbin *Archimedes Screw* mampu menghasilkan, menyimpan, dan menyalurkan energi listrik secara stabil selama pengujian malam hari meskipun terjadi perubahan debit air.

3.2.1.3. Efisiensi Konversi Daya pada *Inverter*

Tabel 10. Daya Hasil Pengujian Konversi Daya pada *Inverter*

Waktu	Daya Masukan Sisi DC (W)	Daya Keluaran Sisi AC (W)	Efisiensi (%)
09.00	35,52	24,96	70,27
10.00	36,82	25,53	69,34
11.00	35,30	25,32	71,73
12.00	36,41	25,10	68,94
13.00	36,66	25,59	69,80
14.00	37,41	25,32	67,68
15.00	36,87	25,81	69,99
16.00	36,39	25,82	70,95
17.00	36,29	25,78	71,04
18.00	35,40	25,09	70,88
19.00	35,22	24,66	70,02
20.00	34,15	24,63	72,12
21.00	35,51	24,92	70,18
Rata-rata	35,84	25,20	70,31

Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian konversi daya pada *inverter* dengan membandingkan daya masukan pada sisi DC terhadap daya keluaran pada sisi AC. Efisiensi *inverter* dihitung berdasarkan perbandingan antara daya keluaran AC dan daya masukan DC menggunakan Persamaan (3).

$$\eta_{inv} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

η_{inv} = efisiensi *inverter* (%)

P_{AC} = daya keluaran *inverter* pada sisi AC (Watt)

P_{DC} = daya masukan *inverter* pada sisi DC (Watt)

Efisiensi *inverter* dihitung berdasarkan perbandingan antara daya keluaran sisi AC terhadap daya masukan sisi DC menggunakan persamaan (3). Tabel 10 menunjukkan daya masukan *inverter* berada pada kisaran 34,15–37,41 W, sedangkan daya keluaran berada pada kisaran 24,63–25,82 W, sehingga diperoleh efisiensi sebesar 67,68–72,12% dengan rata-rata 70,31%. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan bahwa selama proses konversi energi listrik dari DC ke AC terjadi rugi-rugi daya yang disebabkan oleh rugi-rugi konduksi dan *switching* pada komponen *inverter* serta konsumsi daya rangkaian internal. Selain itu, *inverter* yang digunakan memiliki kapasitas 1000 W, sedangkan beban yang dilayani hanya sekitar 25 W, sehingga *inverter* bekerja jauh di bawah kapasitas nominalnya (*underloaded*) dan menyebabkan efisiensi konversi menjadi lebih rendah. Meskipun demikian, *inverter* tetap mampu menghasilkan keluaran AC yang relatif stabil, sehingga sistem PLTPH dapat menyuplai beban AC secara kontinu dan berpotensi dimanfaatkan untuk kebutuhan listrik skala kecil.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) menggunakan turbin *Archimedes Screw* mampu mengonversi energi aliran air menjadi energi listrik dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa debit air berpengaruh terhadap putaran turbin dan generator, di mana semakin besar debit air yang mengalir maka putaran yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada pengujian siang hari diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,0498 m³/s dengan putaran generator 411,68 RPM dan torsi 1,276 Nm, sedangkan pada pengujian malam hari diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,0507 m³/s dengan putaran generator 410,22 RPM dan torsi 1,271 Nm. Sistem juga mampu menghasilkan daya rata-rata generator sebesar 12,07 W pada siang hari dan 10,71 W pada malam hari. Selain itu, penggunaan baterai dan *Solar Charge Controller* (SCC) mampu menjaga kestabilan suplai energi sehingga beban tetap dapat beroperasi meskipun terjadi fluktuasi debit air selama pengujian.

Meskipun sistem telah bekerja dengan baik, masih terdapat kekurangan pada tahap konversi daya menggunakan *inverter*. Berdasarkan hasil pengujian, efisiensi konversi daya *inverter* hanya berada

pada kisaran 67,68–72,12%, sehingga masih terjadi rugi-rugi daya yang cukup besar saat proses perubahan energi listrik DC menjadi AC. Kondisi ini menyebabkan tidak seluruh daya yang tersedia sebelum *inverter* dapat dimanfaatkan oleh beban. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan *inverter* dengan efisiensi yang lebih tinggi serta optimasi pada sistem konversi daya agar performa PLTPH dapat ditingkatkan dan energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih maksimal.

PERSANTUNAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah berjudul "Rancang Bangun dan Analisis Kinerja PLTPH menggunakan Turbin *Archimedes Screw* pada Saluran Irigasi di Klaten" ini dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada bapak, ibu dan keluarga tercinta atas doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti. Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada Bapak Ir. Rizki Nurilyas Ahmad, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, atas waktu, bimbingan, dan arahan yang sangat berharga. Kepada Saudari Annisa Ayu Puspita Mayori, S.P., saya ucapkan terima kasih atas dukungan, motivasi, dan perhatian yang terus menguatkan selama proses ini. Penghargaan khusus juga saya berikan kepada rekan-rekan seperjuangan: Tegar Maulana Akmal, Alfin Muhammad Nugroho, Roma Febrian, Buyung Arya Putranda Jaya, Muhammad Aisyul Falah, Alvian Trio Saputro, Hasby Asshodiq, Azzam Reza Ahmad Mujahid dan Rizaldy Wahyu H, atas kebersamaan, semangat, serta bantuan yang telah membuat perjalanan ini lebih bermakna. Saya juga menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta atas fasilitas dan lingkungan yang mendukung, serta para asisten laboratorium angkatan 2021, 2022, dan 2023 yang telah berbagi ilmu dan pengalaman. Semoga segala bentuk bantuan, dukungan, dan kebaikan yang diberikan menjadi amal jariyah dan mendapat balasan terbaik dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Bawani, A. M., & Sudarti. (2022). *Analisis Kelemahan Dan Kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik*. 5(2), 99–104. <https://doi.org/10.33369/jkf.5.2.99-104>
- Anggraheny, K. R., Aristin, N. F., & Kartika, N. Y. (2020). *Pemetaan Sebaran Dan Deskripsi Potensi Obyek Wisata Umbul*. 5(2), 79–91. <https://doi.org/10.17977/um022v5i22020p79>
- Apriani, Y., Saleh, Z., & Kamilah, B. M. (2024). *Optimasi dan Uji Coba Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro dengan Turbin Archimedes Optimization and Testing of a Pico Hydro Power Plant Prototype with Archimedes Turbine*. 9(2), 124–132. <https://doi.org/10.31851/ampere.v9i2.16877>
- Basori, Wismanto Setyadi, & Ferdiana, R. (2016). *Analisis Unjuk Kerja Turbin Air Pada Pusat Listrik Tenaga Air (Plta) Dengan Kapasitas 70 Mw. Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 3(3), 131–134. <https://doi.org/10.21009/jkem.3.3.3>

- Borromeus, C., Sampurno, K., Budianti, S. I., & Hermanto, O. (2025). *Pengujian Eksperimental Turbin Archimedes Screw Menggunakan Pengarah Aliran Untuk Aplikasi Energi Air*. *Jurnal Teknik Mesin*, 11 (2)(2), 1–5. <https://doi.org/10.53494/jtm.v11i2.1156>
- Choifin, M., Pratian Samsul Putra, A., & Nur Afifah, Y. (2024). *Pengujian Alat Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (Pltph) Terhadap Keluaran Daya Dan Debit Air Yang Dihasilkan Dengan Variasi Ketinggian Head*. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, 7(1), 6–14. <https://doi.org/10.51804/mmej.v7i1.16689>
- Jabar, M. A., Golwa, G. V., Prasetyo, C. B., & Kusuma, T. I. (2020). *Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Sistem Pembangkit Tenaga Pico Hydro Dengan Menggunakan Turbin Jenis Archimedes Screw*. *Mechanical*, 11(2), 36–43. <https://doi.org/10.23960/mech.v11i2.1412>
- Pangkung, A., Klistafani, Y., Setiawan, A., & Lengke' Batara, W. (2025). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Menggunakan Turbin Double Archimedes Screw*. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 22(2), 218–225. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v22i2.5352>
- Setiawan, Y., Wijianti, E. S., Saporin, Wibowo, B. S., & Prayitnadi, P. (2021). *Kinerja Putaran Rotor Turbin Air Screw Archimedes Dengan Variasi Kemiringan Sudut Turbin*. *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik , Universitas Bangka Belitung Set.* 7(2), 42–46. <https://doi.org/10.33019/jm.v7i2.2780>
- Sinaga, R., Roza, I., & Yanie, A. (2025). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Micro Hydro Power Plant (PLTMH) Design and Construction*. 8(2), 246–253. <https://doi.org/10.31289/jesce.v6i2.12864>
- Wedanta, I. P. W. I., Wijaya, W. A., & Jasa, L. (2021). *Analisa Pengaruh Kemiringan Head dan Variasi Sudut Blade Trubin Ulir Terhadap Kinerja PLTMH*. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 73–84.

