

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PANEL SURYA DAN MIKROHIDRO UNTUK PENERANGAN JALAN DESA PONGGOK KABUPATEN KLATEN

Verlyn Resvia Dhena, Rizki Nurilyas Ahmad

**Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Surakarta**

Abstrak

Desa Ponggok merupakan suatu desa yang berada di Kabupaten Klaten. Desa ini memiliki potensi air yang sangat melimpah, maka dari itu desa ini dikembangkan sebagai desa wisata air. Selain digunakan untuk tempat wisata harapannya sumber air yang melimpah ini bisa dimanfaatkan untuk hal lainnya seperti penerangan jalan. Saat ini kebutuhan energi listrik sangat meningkat seiring berjalannya waktu dengan berjumlahnya penduduk di Indonesia. Maka dari itu untuk menghemat pengeluaran listrik diperlukan adanya energi terbarukan sebagai pengganti energi fosil. Energi terbarukan sendiri merupakan energi yang berasal dari sumber daya alam yang digunakan secara terus menerus dan tidak akan habis. Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk memanfaatkan energi terbarukan yang ada di Desa Ponggok Kabupaten Klaten ini secara maksimal untuk penerangan jalan desa yang masih kurang memadai. Sumber daya alam yang dipakai pada penelitian ini meliputi air dan matahari yang bisa digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH). PLTH disini menggunakan gabungan dari mikrohidro (PLTmH) dan juga matahari atau yang bisa disebut dengan panel surya atau *photovoltaic* (PLTS). Parameter pembandingan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mengukur secara manual menggunakan alat ukur dan secara otomatis menggunakan sensor. Tingkat rata-rata *error* dari pengukuran manual menggunakan alat ukur dan pengukuran otomatis menggunakan sensor tidak berbeda jauh, yaitu sekitar 6%, sehingga tingkat akurasi juga tinggi mencapai 94%.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, PLTH, PLTmH, PLTS

Abstract

Ponggok Village is a village in Klaten Regency. This village has abundant water potential, therefore this village is being developed as a water tourism village. Apart from being used as a tourist spot, this abundant water source is hoped to be used for other things such as street lighting. At present, the need for electrical energy is greatly increasing over time with the number of people in Indonesia. Therefore, to save electricity expenditure, it is necessary to have renewable energy as a substitute for fossil energy. Renewable energy itself is energy that comes from natural resources that are used continuously and will not run out. The research objective of this final project is to make the most of the renewable energy available in Ponggok Village, Klaten Regency to the fullest for village street lighting which is still inadequate. The natural resources used in this study include water and sun which can be used as a Hybrid Power Plant (PLTH). PLTH here uses a combination of micro-hydro (PLTmH) and

also the sun or what can be called solar panels or photovoltaic (PLTS). The comparison parameters used in this study are measured manually using a measuring instrument and automatically using a sensor. The average error rate for manual measurements using measuring devices and automatic measurements using sensors is not much different, which is around 6%, so the accuracy rate is also high, reaching 94%.

Keywords: Renewable Energy, PLTH, PLTmH, PLTS

1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat dengan seiring perkembangan teknologi dan pertumbuhan populasi. Namun, kebutuhan energi tersebut tidak sejalan dengan ketersediaan sumber daya energi yang terbatas dan semakin terancamnya lingkungan akibat penggunaan energi fosil yang berlebihan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengembangkan sistem pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Ointu et al., 2020)

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa, maka dari itu di Indonesia memiliki iklim tropis. Negara kepulauan dengan sebagian besar perairan membuat negara ini mempunyai keunggulan dalam bidang energi terbarukan. Suatu alternatif yang menarik yaitu penggunaan energi terbarukan berupa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTmH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bisa membuat Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk mengembangkan energi terbarukan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH). Kombinasi kedua sumber energi ini dapat memberikan keuntungan dalam hal keberlanjutan, efisiensi, dan ketersediaan energi listrik (Liman et al., 2020).

Cahaya sangat penting untuk keberlangsungan hidup sehari-hari mulai dari hewan, tumbuhan, manusia, dan ilmu teknologipun tidak luput oleh pencahayaan. Cahaya alami berasal dari matahari yang hanya ada pada pagi sampai sore hari. Sedangkan untuk malam hari biasanya menggunakan cahaya dari lampu. Cahaya dari matahari sendiri bisa digunakan sebagai sumber daya energi terbarukan, sehingga bisa bermanfaat sebagai pencahayaan di malam hari, yaitu dengan cara menggunakan *photovoltaic* atau biasa disebut PV (Ao et al., 2013).

Energi matahari siap untuk menjadi kontributor utama kebutuhan energi masa depan. Energi matahari berlimpah, bersih, dan terbarukan. Panas matahari memberikan potensi mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK) yang relatif lebih baik

(Bensebaa, 2011). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang berdiri sendiri yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik dan energi yang ramah lingkungan dan menjanjikan pembangkitannya. Energi listrik dapat dihasilkan dengan mengubah radiasi matahari melalui proses yang disebut *photovoltaic* (PV).

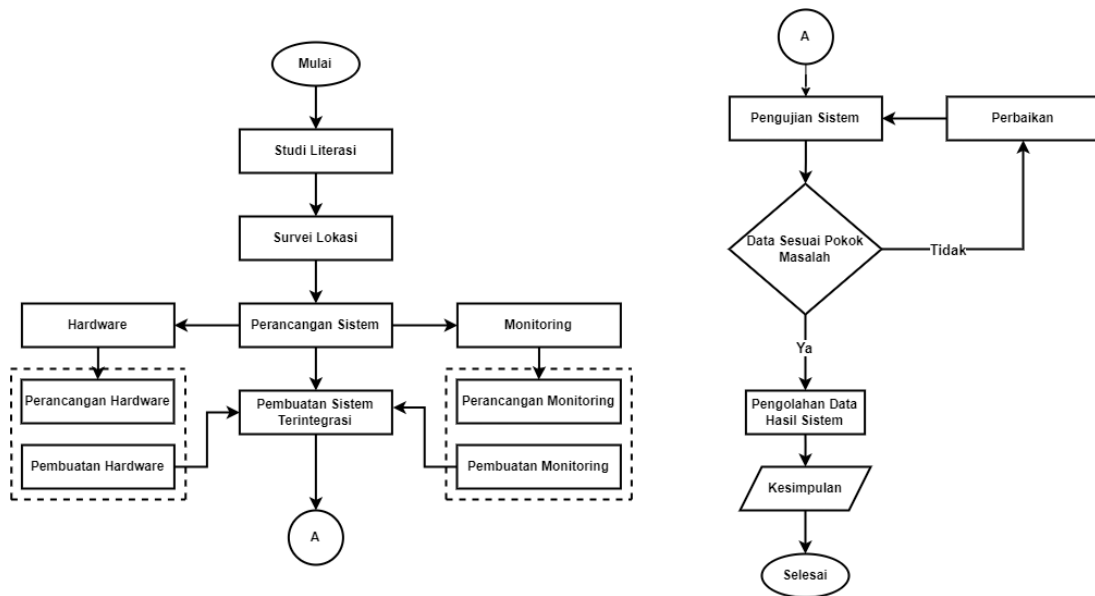
Pembangkit listrik tenaga *hybrid* atau PLTH adalah pembangkit yang memadukan dua sumber energi yang saling mendukung satu sama lain. Pembangkit jenis ini biasa digunakan sebagai *isolated grid*, sehingga memperoleh sinergi yang saling memberikan keuntungan ekonomis dan teknis bagi masing-masing pembangkit (Halasa & Asumadu, 2009). *Archimedes screw* atau turbin ulir merupakan turbin yang umumnya dapat digunakan pada aliran air yang memiliki ketinggian atau *head* rendah tetapi, jenis turbin ini memiliki kelemahan dimana hanya bisa untuk aliran air yang memiliki debit konstan (Ahmad et al., 2022).

Mitra penelitian ini berada di Desa wisata Ponggok yang berada di Kecamatan Polanharjo, Kabupaten Klaten. Desa ini memiliki potensi alam berupa sumber daya mata air jernih, segar dan melimpah dengan Umbul Ponggok sebagai objek wisata andalan. Sumber daya sendiri adalah aset yang harus dikelola dan digunakan sebaik mungkin untuk kepentingan masyarakat bersama. Desa ini memiliki masalah kurang terfungsikannya secara maksimal sumber daya alam yang ada. Sumber daya yang dimaksud adalah air dan matahari. Desa Ponggok merupakan desa wisata air, maka banyak mata air yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Selain untuk kebutuhan umbul sebagai tempat wisata, penerangan di desa tersebut pada malam hari juga masih terbatas di beberapa titik. Untuk jalanan desa masih menggunakan penerangan dari pantulan cahaya rumah warga desa setempat.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mengamati secara langsung keluaran dari panel surya PLTS dan generator PLTmH menggunakan alat ukur dan juga sensor. Beberapa parameter yang diamati yaitu tegangan dan arus dari PLTS, PLTmH, dan PLTH, kapasitas baterai, intensitas cahaya, dan rpm dari PLTmH. Pengambilan data dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran secara

manual menggunakan alat ukur dan secara otomatis menggunakan sensor. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1. bagan alur penelitian.



Gambar 1. Bagan alur penelitian

2.1. Studi Pustaka

Studi Pustaka merupakan tahap mencari referensi-referensi menurut standar yang diinginkan dan digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan. Sumber dari studi pustaka bisa dari buku, penelitian sebelumnya, jurnal ilmiah, maupun *thesis* yang sudah dibuat dan berkaitan dengan penelitian kita. Dalam studi pustaka penulis melakukan penelusuran dan meninjau ulang gagasan melalui sumber-sumber yang sudah ada sebelumnya dan akan dijadikan referensi dalam penelitian bertemakan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH).

2.2. Survei Lokasi

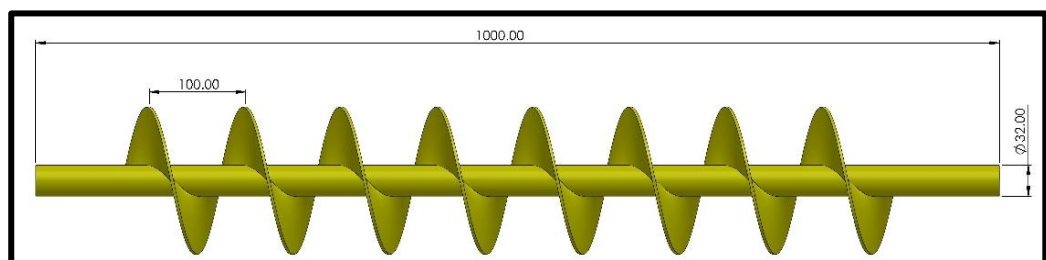
Tahapan berikutnya menentukan tempat yang cocok untuk dilakukannya pembuatan tugas akhir ini. Maka dari itu diharuskan untuk survei lokasi agar mengetahui bagaimana keadaan nyata lokasi yang akan digunakan untuk penelitian tugas akhir ini. Dapat dilihat gambar 2. lokasi penelitian menggunakan sluran pembuangan air yang berada di Desa Ponggok, Kabupaten Klaten.



Gambar 2. Lokasi penelitian

2.3. Perancangan Desain

Tahapan perancangan desain dilakukan untuk merancang atau mendesain *hardware* dari penelitian tugas akhir sesuai dengan hasil survei lokasi yang sudah dilakukan sebelumnya. Dapat dilihat pada gambar 3. desain Turbin *Archimedes* yang didesain menggunakan *software* desain *solidworks* sebagai alat bantu untuk mendesain *hardware* Turbin *Archimedes* yang akan digunakan pada penelitian ini.

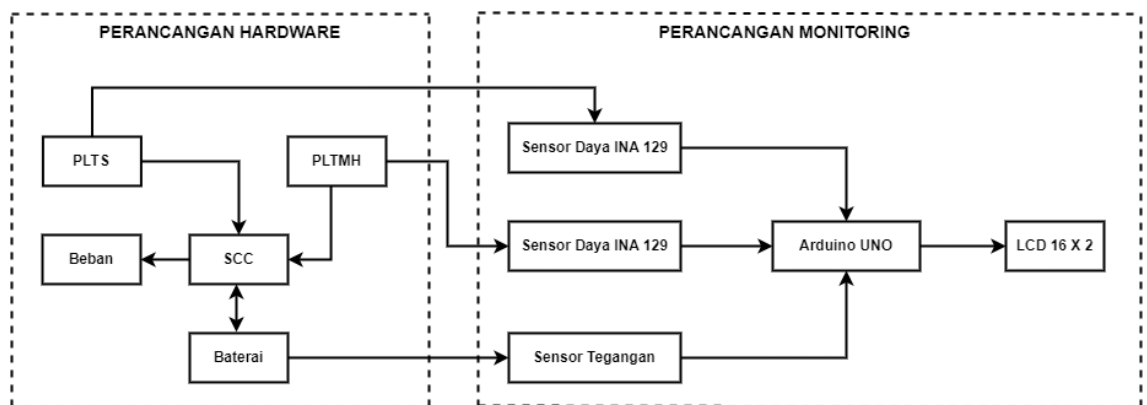


Gambar 3. Desain Turbin *Archimedes*

2.4. Pembuatan Sistem

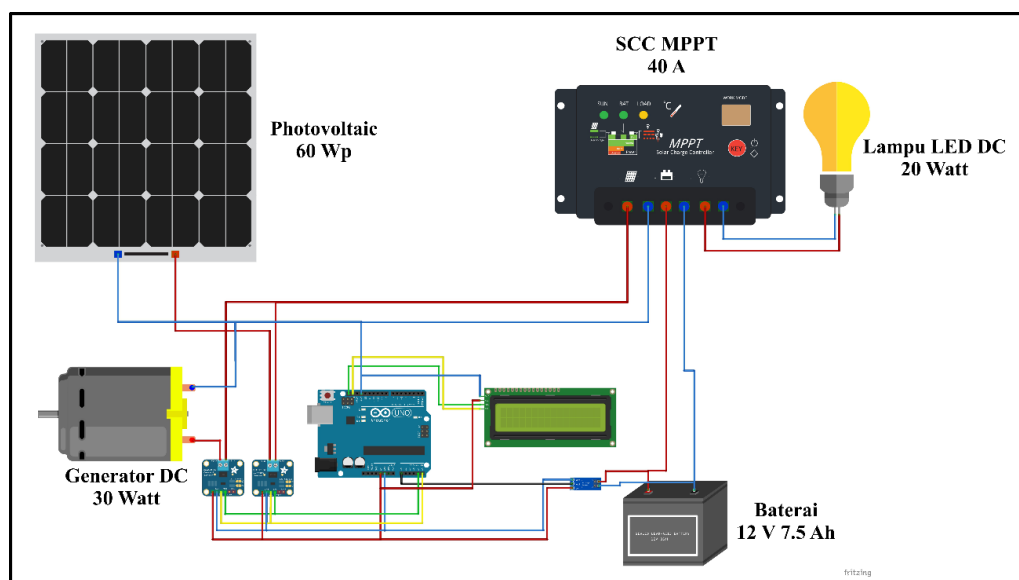
Tahapan ini menentukan hasil akhir dari pembuatan penelitian tugas akhir. Tahap ini juga merupakan realisasi dari perancangan desain pada *hardware* yang sudah dilakukan sebelumnya. Dapat dilihat gambar 4. blok diagram Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) ini merupakan gabungan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTmH), dimana untuk penyimpanan disini menggunakan baterai serta menggunakan *charge controller* yang

berjenis *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk mengontrol sistem *charging* ke baterai. MPPT merupakan sebuah rangkaian sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah PV sehingga dapat menghasilkan *power* maksimal, karena MPPT lebih efisien 90% lebih tinggi daripada SCC biasa. Parameter keluarannya dibaca oleh beberapa sensor, seperti sensor INA 219 untuk membaca parameter keluaran dari PLTS dan PLTMH, sensor tegangan untuk membaca tegangan baterai. Selanjutnya hasil pembacaan dari sensor INA 219 dan sensor tegangan akan diolah oleh *Arduino UNO* yang nantinya hasil monitoring akan ditampilkan melalui LCD 16 X 2.



Gambar 4. Blok diagram Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Implementasi rangkaian hardware dari pembuatan sistem dapat dilihat pada gambar 5. rangkaian listrik sistem monitoring dihubungkan sesuai dengan desain rangkaian yang sudah dibuat menggunakan software fritzing.



Gambar 5. Wiring diagram sistem

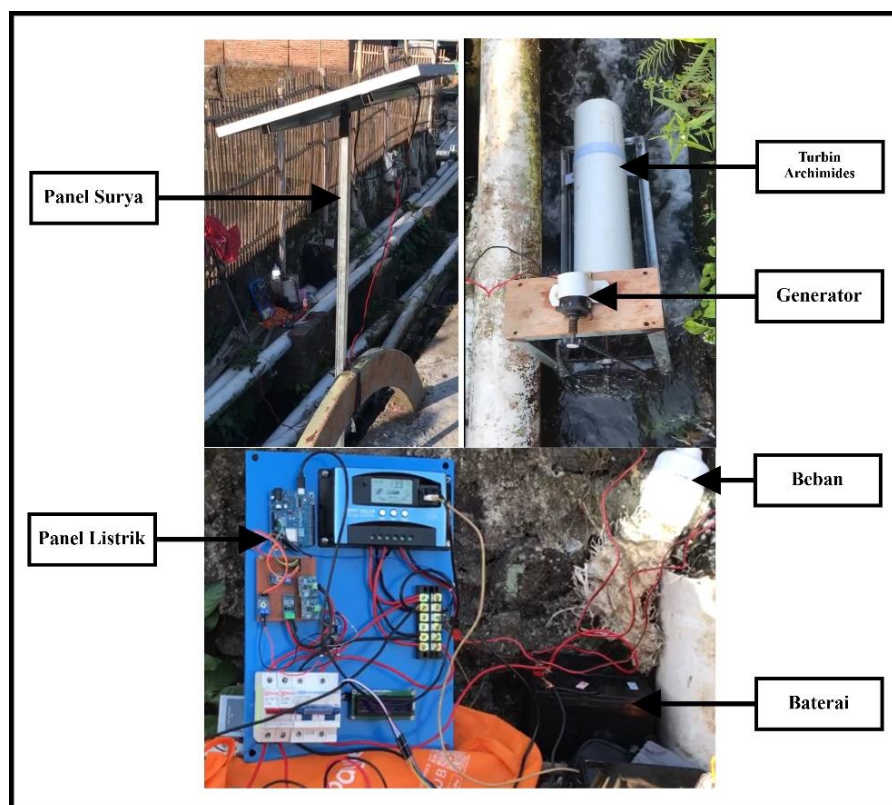
2.5. Penyusunan Laporan Hasil

Tahap pembuatan laporan ini penulis mulai menyusun laporan tugas akhir sebagai hasil dari penelitian yang dilakukan. Hasil yang sudah didapatkan akan dianalisis dan disimpulkan performa dari pembangkit yang diteliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Realisasi Alat

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* disini merupakan gabungan dari Panel surya dan mikrohidro dimana untuk mikrohidro sendiri menggunakan Turbin *Archimedes* dan generator DC 30 watt *high rpm*. Keluaran dari keduanya nanti akan dibaca oleh sensor INA 219 dan diolah oleh *Arduino UNO*. Selanjutnya sensor tegangan juga digunakan untuk mengetahui voltase baterai. Sistem ini juga menggunakan *charger controller* untuk mengontrol sistem *charging* ke baterai. Selanjutnya sistem ini dapat dimonitor secara manual dengan LCD 16 x 2 dan dapat dilihat pada Gambar 6. realisasi alat.



Gambar 6. Realisasi alat

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya 60 WP

Parameter Spesifikasi	Keterangan
<i>Model</i>	MS60M-72
<i>Maximum Power Max</i>	60 W
<i>Tolerance</i>	0~ + 5 %
<i>Voltage at Maximum Power (Vmp)</i>	18.2V
<i>Current at Maximum Power (Imp)</i>	3.34A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	21.51V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	3.59 A
<i>Normal Operating Cell Temp (NOCT)</i>	47±2°C
<i>Maximum System Voltage</i>	1000V DC
<i>Maximum Series Fuse Rating</i>	10A
<i>Operational Temperature</i>	-40 to + 85 ° C
<i>Application Class</i>	Class A
<i>Fire Safety Class</i>	Class C
<i>Cell Technology</i>	Mono –Si
<i>Weight</i>	3.89kg
<i>Dimensions (mm)</i>	540*680*30

Penelitian tugas akhir ini menggunakan panel surya bertipe *Monocrystalline*. Perbedaan jenis panel surya *Monocrystalline* dengan *Polycrystalline*, ialah efisiensi yang dihasilkan *Monocrystalline* lebih tinggi dari jenis *Polycrystalline* yang bermodel MS60M-72 manufaktur dari Maysun Solar dengan rating 60 Wp (Pagan et al., 2018). Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan ketika terbebani berkisar 12 V – 18,2 V dengan rating arus 3,34 A pada kondisi rata-rata puncak terik matahari atau *Peak Sun Hours* (PSH).

Tabel 2. Spesifikasi Generator

Parameter Spesifikasi	Keterangan
<i>Type</i>	DC Generator
Model	ZYT3424
Rating Daya	30 watt
Rating Tegangan	24 volt
Rating Arus	1.5 ampere
Rating Kecepatan	500 Rpm
<i>Shaft</i> /Poros	8 mm

Generator yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini bertipe DC generator (*High rpm*) dengan model ZYT3424, yang dimana tegangan rata-rata yang dihasilkan memiliki range 24 V – 30 V dengan rating arus 1.5 A ketika mencapai *high rpm*.

Tabel 3. Spesifikasi Turbin

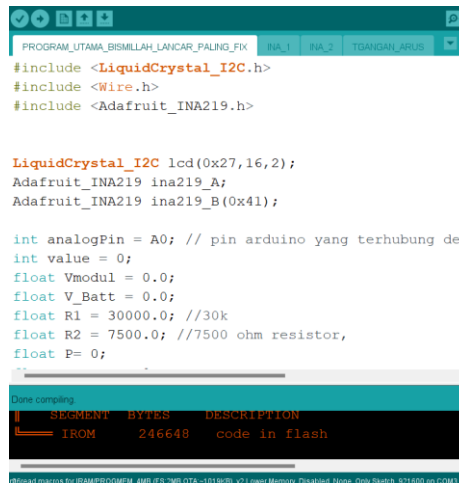
Parameter Spesifikasi	Keterangan
Jenis Turbin	<i>Archimides Screw</i>
Panjang Turbin	80 cm
Diameter Poros	12 mm
<i>Blade</i>	11 cycle / ulir
Lebar <i>Blade</i>	6 inch (15.24 cm)

Archimides screw ialah jenis turbin yang digunakan pada penelitian ini dikarenakan cocok dengan kondisi lokasi, yang dimana memiliki keunggulan yakni tidak memerlukan *head* yang terlalu tinggi < 1 meter akan tetapi untuk aliran debit harus konstan. Turbin yang digunakan memiliki Panjang 80 cm, diameter lingkaran turbin 6 inch, diameter poros 12 mm dan jumlah *blade* 11.

3.2. Sistem Monitoring

Monitoring digunakan untuk mengetahui pembangkitan daya dari *hardware* yang telah diuji yang berbasis *Arduino UNO* yang diprogram menggunakan *software Arduino IDE*. Script program ini menggabungkan 2 buah program sensor. Sensor INA

INA 219 pertama digunakan untuk membaca pembangkitan daya dari PLTS dan sensor INA 219 kedua untuk membaca pembangkitan daya PLTmH, kemudian hasil pembacaan kedua sensor INA 219 digabungkan untuk membaca pembangkitan daya PLTH dan sensor tegangan digunakan untuk membaca voltase kapasitas baterai dengan *library* sensor dan rumus untuk menghasilkan data secara akurat.



Gambar 7. Script program monitoring

3.3. Hasil Pengukuran Rata-rata 3 Hari PLTH

Pada proses penelitian ini menggunakan alat ukur multimeter dan sistem monitoring yang dimana akan dibandingkan keakuratan pengukuran secara manual dan dari sensor. Rumus untuk menentukan nilai akurasi sebagai berikut (Rozaq & Setyaningsih, 2018).

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Nilai error} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana nilai *error* didapatkan dari rumus berikut:

$$\text{Nilai error} = \frac{\text{Nilai acuan} - \text{Nilai terukur}}{\text{Nilai acuan}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 4. Hasil pengujian *output* secara manual menggunakan alat ukur

Waktu	PLTS				PLTmH				PLTH			Battery
	V	A	W	Lux	V	mA	mW	Rpm	V	A	W	V
11.15	14.16	3.03	42.85	858.67	13.99	24.23	339.02	522.00	14.07	3.05	42.94	13.61
11.30	14.28	2.99	42.75	854.33	14.23	20.13	286.56	559.00	14.26	3.01	42.97	13.61
11.45	14.48	2.92	42.23	788.33	14.49	15.77	228.51	506.33	14.49	2.93	42.48	13.82
11.50	14.60	2.96	43.25	828.33	14.86	23.47	348.64	509.00	14.73	2.99	43.99	14.02

12.15	14.67	2.82	41.43	804.00	14.73	19.67	289.62	511.67	14.70	2.84	41.79	14.16
12.30	14.86	2.82	41.95	807.67	15.29	24.33	372.14	532.67	15.08	2.85	42.93	14.41
12.45	15.21	2.75	41.89	821.00	15.08	21.70	327.31	511.33	15.15	2.78	42.04	14.52
13.00	15.29	2.63	40.15	771.67	15.11	20.80	314.36	491.00	15.20	2.65	40.24	14.40
13.15	16.81	2.37	39.90	774.67	13.90	15.47	214.94	433.33	15.35	2.39	36.68	14.62
13.30	17.26	2.32	39.98	706.67	15.38	26.10	401.42	473.33	16.32	2.34	38.23	15.28
13.45	17.72	2.40	42.46	786.00	14.64	18.77	274.74	456.33	16.18	2.42	39.08	15.53
14.00	17.94	2.29	41.02	776.33	15.98	32.60	521.06	493.67	16.96	2.32	39.33	15.97
14.15	17.14	2.32	39.76	799.67	13.82	31.57	436.15	460.33	15.48	2.35	36.40	14.92
14.30	16.97	2.11	35.86	736.67	14.25	21.03	299.80	446.67	15.61	2.13	33.32	15.23
14.45	17.31	1.93	33.36	667.67	14.86	15.40	228.84	446.00	16.09	1.94	31.24	15.29
15.00	16.97	1.76	29.82	654.33	14.94	22.03	329.10	470.00	15.96	1.78	28.38	15.33
15.15	14.63	1.45	21.27	601.33	15.47	28.00	433.16	479.67	15.05	1.48	22.30	14.58
15.30	14.48	1.30	18.78	541.67	13.22	19.90	263.01	460.00	13.85	1.32	18.23	14.03
15.45	14.14	1.26	17.86	549.00	14.24	16.78	238.84	456.67	14.19	1.28	18.16	14.08
16.00	14.01	0.89	12.47	472.00	14.18	21.80	309.20	467.33	14.10	0.91	12.85	13.68
16.15	13.63	0.58	7.88	390.67	14.55	18.30	266.27	483.67	14.09	0.60	8.41	13.54

Tabel 4. merupakan hasil pengukuran rata-rata selama 3 hari secara manual dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTmH), Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) dan Baterai menggunakan alat ukur *Clamp Meter* untuk mengukur tegangan dan arus, lalu *Lux Meter* untuk mengukur intensitas cahaya, serta *Tachometer* untuk mengukur rpm dari generator. Daya yang dihasilkan didapat dari perkalian antara tegangan dan arus. Puncak tertinggi tegangan berada pada pukul 14.00 WIB dimana mendapat tegangan 16.96 volt, dan baterai sebesar 15.97 volt. Lalu arus tertinggi PLTH berada pada pukul 11.15 WIB sebesar 3.05 ampere. Untuk intensitas cahaya dari PLTS puncaknya berada pada pukul 11.15 WIB sebesar 858.67 lux, dan rpm terbesar berada pada pukul 11.30 WIB sebesar 559 rpm.

Tabel 5. Hasil pengujian *output* secara otomatis menggunakan sensor

Waktu	PLTS				PLTmH			PLTH			Baterai
	V	A	W	Lux	V	mA	mW	V	A	W	V
11.15	13.40	2.76	36.99	787.81	13.34	12.93	172.53	2.82	38.91	8.68	13.47
11.30	13.44	2.89	38.84	788.70	16.72	20.63	344.92	2.95	41.29	18.83	13.45
11.45	13.64	2.92	39.82	815.00	15.86	18.30	290.30	2.92	41.24	25.70	13.70
11.50	13.77	2.89	39.79	865.64	19.10	22.42	428.16	2.92	41.57	32.91	13.74
12.15	13.99	2.86	40.07	887.83	19.49	24.10	469.79	2.88	41.49	40.42	13.83
12.30	14.12	2.83	39.96	770.65	19.51	22.97	448.16	2.83	40.95	46.70	14.05

12.45	14.23	2.78	39.62	761.94	19.88	22.27	442.74	2.77	40.98	55.10	14.15
13.00	14.71	2.70	39.66	737.51	20.40	24.12	492.06	2.72	40.51	61.10	14.58
13.15	15.06	2.64	39.70	777.25	20.41	20.98	428.34	2.51	39.66	67.22	14.71
13.30	15.41	2.34	36.07	781.94	24.02	23.47	563.75	2.30	36.83	67.78	15.27
13.45	15.99	2.23	35.70	766.66	24.86	21.63	537.73	2.23	35.33	72.85	15.67
14.00	16.25	2.11	34.34	742.19	27.61	26.17	722.37	2.10	34.82	75.78	15.73
14.15	15.70	2.07	32.51	716.32	22.26	15.62	347.68	2.07	33.40	77.41	15.26
14.30	15.64	1.98	30.97	700.70	22.15	18.83	417.10	1.95	31.01	78.98	15.33
14.45	15.14	1.88	28.41	733.18	22.71	20.28	460.70	1.84	28.58	77.06	14.96
15.00	15.29	1.67	25.48	689.19	22.38	16.87	377.42	1.61	24.81	73.21	15.33
15.15	14.78	1.51	22.27	597.16	21.40	17.97	384.49	1.38	20.10	35.93	13.88
15.30	14.21	1.26	17.86	588.03	20.02	17.48	350.02	1.19	17.14	34.78	14.75
15.45	13.88	1.05	14.62	567.07	19.19	16.23	311.52	1.05	14.90	31.61	13.80
16.00	13.76	0.88	12.11	459.27	19.71	20.65	406.94	0.87	12.23	24.03	13.71
16.15	13.45	0.62	8.34	373.98	18.12	18.23	330.45	0.60	8.25	20.32	13.73

Tabel 5. merupakan hasil pengukuran rata-rata selama 3 hari menggunakan 2 buah sensor INA 219 dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTmH), yang mana nanti akan digabungkan dalam *Arduino UNO* menjadi *outputan* dari Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH). Puncak tegangan PLTH tertinggi dari hasil pengukuran rata-rata 3 hari menggunakan sensor berada pada pukul 11.30 WIB sebesar 2.95 volt, lalu untuk arus puncak tertinggi pada pukul 11.50 WIB sebesar 41.57 ampere. Daya didapat dari perkalian antara tegangan dan juga arus, sedangkan baterai disini menggunakan sensor tegangan agar dapat mengetahui voltase baterai dan nilai tertingginya berada pada pukul 14.00 WIB sebesar 15.73 volt. Intensitas cahaya matahari tertinggi berada pada pukul 12.15 WIB sebesar 887.85 lux.

Tabel 6. Hasil pengujian beban

Waktu	Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
11.15	13.37	0.77	10.25
11.30	13.48	0.70	9.43
11.45	13.73	0.67	9.20
11.50	13.80	0.70	9.66
12.15	14.00	0.63	8.78
12.30	14.34	0.62	8.94
12.45	14.38	0.69	9.92
13.00	14.45	0.76	11.03

13.15	14.76	0.70	10.38
13.30	14.82	0.74	11.02
13.45	14.76	0.79	11.71
14.00	14.75	0.65	9.54
14.15	14.79	0.71	10.50
14.30	14.72	0.71	10.50
14.45	14.58	0.61	8.94
15.00	14.50	0.62	8.94
15.15	14.30	0.79	11.34
15.30	14.21	0.76	10.75
15.45	13.97	0.67	9.36
16.00	13.68	0.85	11.67
16.15	13.35	0.66	8.77

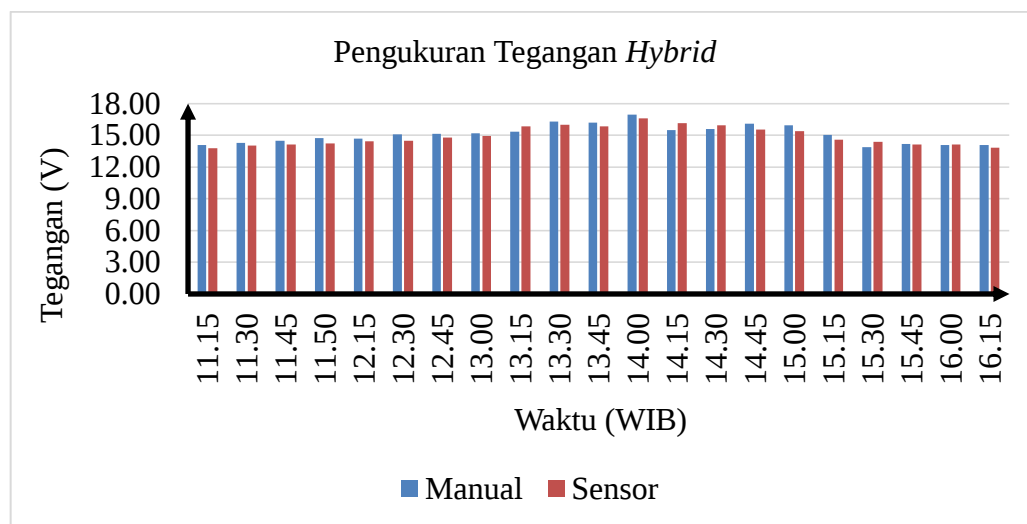
Tabel 6. merupakan hasil rata-rata selama 3 hari untuk beban yang diukur secara manual menggunakan alat ukur *clamp meter* untuk mengetahui tegangan dan arus dimana puncak tertinggi tegangan berada pada pukul 13.30 WIB sebesar 14.82 volt dan arus pada pukul 16.00 WIB sebesar 0.85 ampere. Sedangkan daya dapat dihitung dari perkalian tegangan dan juga arus. Kapasitas beban disini diukur untuk mengetahui berapa lama baterai mampu bertahan.

Tabel 7. Hasil perbandingan hasil alat ukur dan sensor

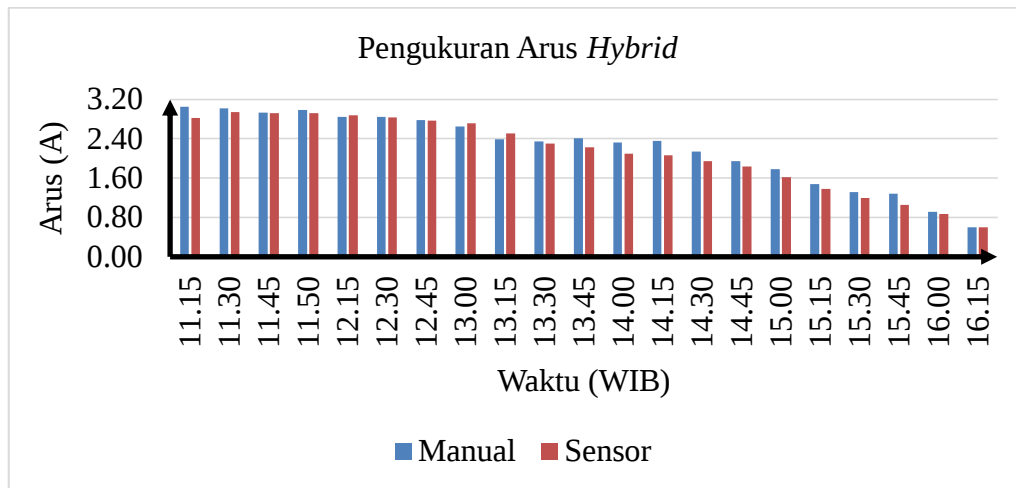
Tegangan Hybrid			Arus Hybrid			Tegangan Baterai			Lux		
Manual	Sensor	Error	Manual	Sensor	Error	Manual	Sensor	Error	Manual	Sensor	Error
14.07	13.78	2.06	3.05	2.82	7.54	13.61	13.47	1.03	858.67	787.81	8.22
14.26	14.01	1.75	3.01	2.95	1.99	13.61	13.45	1.18	854.33	788.70	7.66
14.49	14.12	2.55	2.93	2.92	0.34	13.82	13.70	0.87	788.33	815.00	3.33
14.73	14.22	3.46	2.99	2.92	2.34	14.02	13.74	2.00	828.33	865.64	4.56
14.70	14.42	1.90	2.84	2.88	1.41	14.16	13.83	2.33	804.00	887.83	10.42
15.08	14.47	4.05	2.85	2.83	0.70	14.41	14.05	2.50	807.67	770.65	4.56
15.15	14.79	2.38	2.78	2.77	0.36	14.52	14.15	2.55	821.00	761.94	7.11
15.20	14.91	1.91	2.65	2.72	2.64	14.40	14.58	1.25	771.67	737.51	4.44
15.35	15.82	3.06	2.39	2.51	5.02	14.62	14.71	0.62	774.67	777.25	0.22
16.32	16.01	1.90	2.34	2.30	1.71	15.28	15.27	0.07	706.67	781.94	10.42
16.18	15.87	1.92	2.42	2.23	7.85	15.53	15.67	0.90	786.00	766.66	2.22
16.96	16.58	2.24	2.32	2.10	9.48	15.97	15.73	1.50	776.33	742.19	4.44
15.48	16.16	4.39	2.35	2.07	11.91	14.92	15.26	2.28	799.67	716.32	10.42
15.61	15.93	2.05	2.13	1.95	8.45	15.23	15.33	0.66	736.67	700.70	4.44
16.09	15.53	3.48	1.94	1.84	5.15	15.29	14.96	2.16	667.67	733.18	9.44
15.96	15.38	3.63	1.78	1.61	9.55	15.33	15.33	0.00	654.33	689.19	5.44
15.05	14.57	3.19	1.48	1.38	6.76	14.58	13.88	4.80	601.33	597.16	0.22

13.85	14.37	3.75	1.32	1.19	9.85	14.03	14.75	5.13	541.67	588.03	8
14.19	14.15	0.28	1.28	1.05	17.97	14.08	13.80	1.99	549.00	567.07	3
14.10	14.11	0.07	0.91	0.87	4.40	13.68	13.71	0.22	472.00	459.27	2
14.09	13.83	1.85	0.60	0.60	0.00	13.54	13.73	1.40	390.67	373.98	4
Rata-rata error%		2.47	5.50				1.69				5
Akurasi%		97.53	94.50				98.31				94

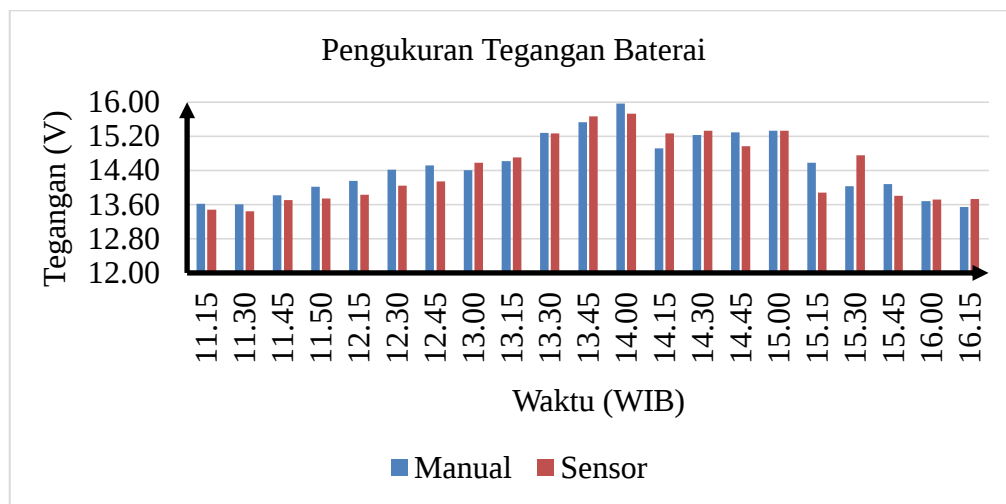
Tabel 7. merupakan hasil perbandingan dari pengukuran secara manual menggunakan alat ukur dan secara otomatis menggunakan sensor. Untuk rata-rata *error* pada tegangan PLTH sebesar 0.02 dengan tingkat akurasi sebesar 99.98%. Selanjutnya pada arus PLTH rata-rata *error* sebesar 0.05% dengan tingkat akurasi sebesar 99.95%. Baterai sendiri memiliki rata-rata *error* sebesar 0.017% dengan tingkat akurasi sebesar 99.98%, dan intensitas cahaya memiliki rata-rata *error* sebesar 0.06% dengan tingkat akurasi 99.94%



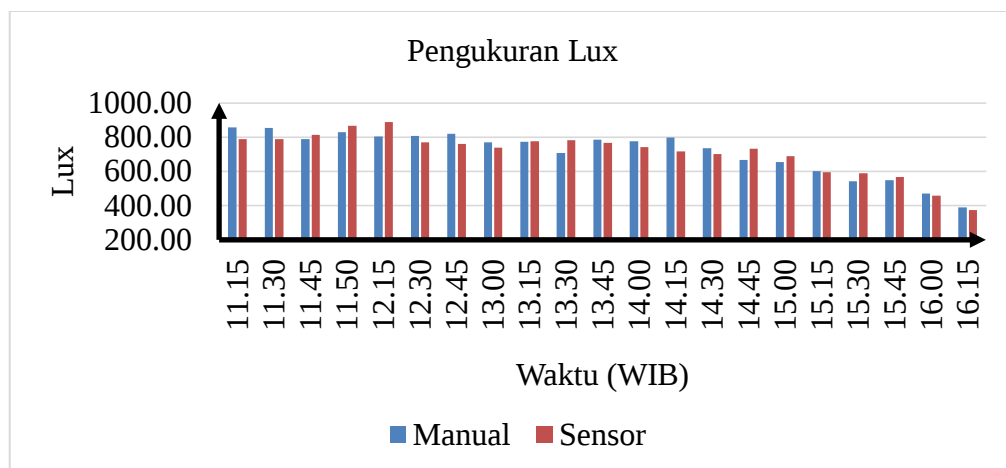
(a) Tegangan *Hybrid*



(b) Arus Hybrid



(c) Tegangan Baterai



(d) Lux

Gambar 8. Grafik perbandingan manual dan sensor (a) Tegangan Hybrid, (b) Arus Hybrid, (c) Tegangan Baterai, dan (d) Lux

Gambar 8. menunjukkan grafik perbandingan tegangan *hybrid*, arus *hybrid*, tegangan baterai dan juga lux dari hasil pengukuran manual dan juga sensor. Dapat diketahui dari grafik yang sudah ada bahwa hasil dari pengukuran manual menggunakan alat ukur hasil yang didapat lebih tinggi daripada hasil dari sensor.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan data yang disajikan pada pembahasan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Potensi energi terbarukan air dan matahari masih sangat banyak sebagai pengganti dari bahan fosil. Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) sangat berpotensi untuk mensuplai pasokan listrik untuk penerangan jalan.

Tingkat rata-rata *error* dari pengukuran manual menggunakan alat ukur dan pengukuran otomatis menggunakan sensor tidak berbeda jauh. Hasil dari tegangan *hybrid* dan tegangan baterai memiliki tingkat rata-rata *error* kurang dari 3%, jadi tingkat akurasi juga cukup tinggi mencapai 97%. Tingkat rata-rata *error* pada arus dan juga Lux sendiri hamper mencapai 6%, sehingga tingkat akurasi sekitar 94%.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa untuk daya yang dibangkitkan PLTH lebih kecil dibanding daya yang dibangkitkan PLTS karena dipengaruhi aliran debit yang mengalir.

4.2. Saran

Pemilihan generator yang akan dipakai sangat berpengaruh untuk daya yang dibangkitkan sesuai dengan aliran debit air.

Perhitungan sistem mekanika penggerak generator yang harus diperhitungkan dengan baik dan benar. Misalkan memakai *coupling* generator dengan turbin menggunakan *gear box* atau *v-belt*.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, R. N., Hardianto, D. L., Abimanyu, A., & Rahmawati, L. E. (2022). Screw Turbine in In-pipe Hydroelectric Power Generation. *E3S Web of Conferences*, 359, 0–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235901003>

- Ao, O., Aa, A., Od, F., Ilmu, D., & Teknologi, U. (2013). *Issn: 2277-9655*. 2(9).
- Bensebaa, F. (2011). Solar based large scale power plants: What is the best option? *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 19(2), 240–246. <https://doi.org/10.1002/pip.998>
- Halasa, G., & Asumadu, J. A. (2009). Wind-Solar Hybrid Electrical Power Production to Support National Grid: Case Study - Jordan. *Energy and Power Engineering*, 01(02), 72–80. <https://doi.org/10.4236/epe.2009.12011>
- Liman, J., Djohan, N., Harsono, B., Karnadi, I., & Tanra, I. (2020). *Perbaikan , Pemeliharaan Dan Perawatan Pembangkit*. 53–58. <https://doi.org/10.24853/jpmt.2.2.53-58>
- Ointu, S., Surusa, F. E. P., & Zainuddin, M. (2020). Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), 30–38. <https://doi.org/10.37905/jjee.v2i2.4618>
- Pagan, S. E. P., Sara, D. I., & Hasan, H. (2018). Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 3(4), 19–23.
- Rozaq, I. A., & Setyaningsih, Y. N. D. (2018). Karakterisasi dan kalibrasi sensor ph menggunakan arduino uno 12,. *Prosiding SENDI_U*, 244–247.