

RANCANG BANGUN SISTEM KOMBINASI PADA AQUAPONIK DENGAN MEMANFAATKAN SOLAR CELL DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO YANG BERBASIS IOT

Muhammad Abdul Hadi¹, Salsabilla², Maharani Putri³

Teknik Listrik^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

muhammadabdulhadi@students.polmed.ac.id¹, salsabilla@students.polmed.ac.id²,

maharaniputri@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Seiring berkembangnya zaman, perkembangan infrastruktur juga turut mengalami peningkatan, yang menyebabkan penyusutan berbagai lahan pertanian di perkotaan. Hal ini membuat pengembangan lahan pertanian menjadi semakin sulit, dan lahan untuk perikanan juga semakin berkurang. Oleh karena itu, diperlukan berbagai upaya untuk tetap dapat melakukan kegiatan pertanian dan perikanan, salah satunya adalah dengan menggunakan media aquaponik yang memanfaatkan energi terbarukan seperti panel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada penelitian ini, digunakan panel surya 130WP yang dikombinasikan dengan mikrohidro sebagai sumber pengubah energi. Solar charge controller digunakan untuk menampilkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Energi yang dihasilkan disimpan dalam baterai 12V 20Ah, yang kemudian menyalurkannya ke berbagai komponen sistem. Inverter digunakan untuk mengubah arus DC menjadi AC, yang diperlukan untuk mengoperasikan pompa air. Penelitian ini menggunakan pompa air untuk menyalurkan air dalam sistem aquaponik. Untuk pemantauan dan pengendalian energi, digunakan IoT Kwh Meter yang mendeteksi tegangan, arus, dan frekuensi, serta menampilkan informasi tersebut melalui aplikasi Telegram dengan dukungan NodeMCU, PZEM, dan LCD display 16x2. NodeMCU berfungsi sebagai platform Internet of Things yang mengontrol proses kerja dari Kwh Meter energi. Proses utama dalam sistem ini melibatkan pengubahan cahaya matahari menjadi energi listrik oleh panel surya 12VDC, yang kemudian diterima dan disimpan oleh baterai. Sistem ini dikombinasikan dengan mikrohidro untuk meningkatkan efisiensi kerja pompa air, sehingga pompa air dapat beroperasi terus menerus dan menjaga kualitas sistem aquaponik. Inverter mengubah tegangan 12VDC menjadi 220VAC untuk menghidupkan pompa air.

Kata Kunci : Panel Surya, Turbin Mikrohidro, *IOT System*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, infrastruktur di negara ini juga semakin berkembang. Namun, pertumbuhan infrastruktur yang pesat tersebut berimbas pada semakin menyusutnya lahan pertanian. Hal ini menimbulkan potensi berkurangnya sumber air di wilayah-wilayah yang memang sudah mengalami kesulitan air. Karena latar belakang inilah, banyak petani mulai menerapkan sistem pertanian yang lebih modern dan efisien, seperti sistem aquaponik. Sistem aquaponik ini tidak hanya meningkatkan produksi hasil pertanian, tetapi juga produksi perikanan, sehingga menghasilkan keuntungan ganda. Selain itu, pemanfaatan energi terbarukan juga mengalami perkembangan yang signifikan. Dengan kemajuan teknologi energi terbarukan, pemanfaatan listrik untuk kebutuhan sehari-hari menjadi lebih maksimal, sekaligus mengurangi ketergantungan pada listrik yang disuplai oleh PLN. Salah satu bentuk energi terbarukan yang semakin banyak dimanfaatkan adalah energi yang berasal dari cahaya matahari. Teknologi ini memungkinkan konversi sinar matahari menjadi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan rumah tangga maupun industri, sehingga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan penghematan biaya energi.

Aquaponik merupakan pemanfaatan secara terus menerus air dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan sebaliknya dari tanaman ke kolam ikan. Dalam artian yang luas dengan luasan lahan yang sama maka akan dapat dihasilkan dua komoditas yang berbeda yaitu sayuran dan ikan dengan penyediaan air yang optimal untuk masing-masing dua komoditas tersebut dengan memanfaatkan sistem resirkulasi. Semakin banyaknya penggunaan bahan bakar fosil dan bahan bakar batu bara yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik, lahan akibat pengerukan kedua bahan tersebut semakin lama akan semakin berkurang atau bahkan menghilang. Oleh karena itu, saat ini sering berkembang suatu energi terbarukan untuk mengurangi penggunaan kedua bahan bakar tersebut. Salah satu dari banyaknya

energi terbarukan adalah cahaya matahari. Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan bantuan sel surya (solar cell).

Adapun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dapat di fungsikan sebagai pembangkit listrik skala kecil (Secara umum bangunan PLTMH terdiri atas bangunan ambil air (intake weir), bak pengendap (settling basin), saluran atas (headrace/channel), bak penenang (forebay tank), pipa pesat (penstock), power house (turbin air dan generator), dan saluran pembuangan (tailrace). Prinsip kerja PLTMH adalah memanfaatkan beda tinggi dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran atau sungai. Air yang mengalir melalui intake dan diteruskan oleh saluran pembawa hingga penstock akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin air akan memutar generator dan menghasilkan listrik. Sistem PLTMH secara umum sama dengan PLTA pada umumnya. Namun, yang membedakan adalah daerah kerja sistem pembangkit listrik tersebut. PLTMH dapat memanfaatkan sumber air yang tidak terlalu besar. Tidak seperti PLTA, dengan atau tanpa reservoir pun PLTMH dapat beroperasi, karena dapat memanfaatkan potensi air yang kecil. Akibat dari penyempitan lahan pertanian dan untuk memanfaatkan suatu energi terbarukan seperti Solar Cell dan Mikrohidro, maka berdasarkan pada hal tersebut penyusun akan merancang tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kombinasi Pada Aquaponik Dengan Memanfaatkan Solar Cell Dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Yang Berbasis IoT”.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini meliputi tinjauan pustak antara lain:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau disingkat menjadi PLTS adalah suatu pembangkit yang mempunyai sumber energi terbarukan yaitu sumber energi matahari yang sifatnya berkesinambungan yang akan menghasilkan arus listrik searah (DC) melalui komponen sel surya (sel photovoltaic) dengan proses efek foto listrik. Sel photovoltaic pada panel surya melakukan konversi dari energi foton menjadi energi listrik. Sel photovoltaic merupakan lapisan tipis dari silicon (Si) murni atau bahan semikonduktor, sehingga apabila bahan tersebut mendapat energi foton akan mengeksitasi electron dari ikatan atomnya menjadi electron yang bergerak bebas dan pada akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah (Buresh, 1983).

2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (head). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi Listrik.

3. Turbin Air

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula dimana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya berupa air, uap dan gas. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air (Kusnadi, 2018).

4. Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltai, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltai (Photovoltaic cell – disingkat PV)). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya

sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri (Purwoto, 2018).

5. Solar charge controller

Solar charge controller adalah perangkat elektronik yang mengatur arus pengisian baterai dari panel surya untuk menghindari overcharge dan overdischarge, serta mengoptimalkan efisiensi pengisian. Peran utamanya adalah untuk mengontrol aliran energi dari panel surya ke baterai dan kemudian ke beban listrik, memastikan bahwa baterai diisi dengan tepat dan terlindungi dari kerusakan.

6. Baterai

Baterai tipe Aki adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Contoh-contoh aki adalah baterai dan kapasitor. Pada umumnya di Indonesia, kata akumulator (sebagai aki atau accu) hanya dimengerti sebagai "aki" mobil. Sedangkan di bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, kompulsator, dll. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi arus searah. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (back up), yang biasanya dipergunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang disimpan pada baterai adalah ampere hour (Ah), yang diartikan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam.

7. Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronika yang dapat digunakan untuk mengubah arus DC (Direct Current) dari baterai menjadi arus AC (Alternative Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain.

8. Panel box

Panel box adalah sebuah benda atau perangkat yang berbentuk kubus dengan berbagai ukuran atau bervariasi yang terbuat dari beberapa bahan material, seperti besi atau aluminium sesuai dengan kebutuhan yang dimana fungsinya sebagai tempat meletakkan komponen-komponen listrik yang dapat menjadi pendukung kerapian instalasi listrik dan sebagai pengaman dari komponen-komponen yang ada didalamnya dari berbagai gangguan, seperti pengaruh lingkungan (hujan atau panas), hewan, dan sebagainya.

9. Pompa Air Aquarium (Water Pump)

Pompa merupakan sebuah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu lokasi ke lokasi lainnya melalui jaringan perpipaan, dengan cara memberikan tambahan energi pada fluida yang dialirkan sehingga proses perpindahan dapat berlangsung secara kontinu. Operasional pompa didasarkan pada prinsip perbedaan tekanan antara sisi masuk (suction) dan sisi keluar (discharge), di mana energi ini berfungsi untuk menggerakkan fluida serta mengatasi berbagai hambatan yang mungkin timbul sepanjang aliran.

10. Turbin Goso

Turbin memiliki peranan penting pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro serta kecepatan dan tipe turbin yang dipakai harus sesuai dengan standar lokasi yang digunakan agar dapat mengoptimalkan prinsip kerja alat tersebut (Ainurrahman, 2022).

11. Internet of Things (Iot)
Internet of Things memiliki sebuah arti bahwa di mana Internet meluas ke dunia nyata, yang meliputi benda sehari-hari. Sebuah benda tidak akan lagi terputus dari dunia maya, tetapi dapat dikontrol dari jarak jauh dan dapat bertindak sebagai titik akses ke layanan Internet. Internet of Things membuat pengolahan data pada komputer benar-benar ada di mana-mana, awalnya konsep ini dikemukakan oleh Mark Weiser pada awal 1990-an.
12. NodeMCU
menghadirkan solusi Wi-Fi SoC yang sangat terintegrasi untuk memenuhi permintaan terus menerus pengguna akan penggunaan daya yang efisien, desain yang ringkas dan kinerja yang andal di industri Internet of Things.
13. Sensor PZEM-004T adalah sebuah sensor elektronik yang berfungsi untuk mengukur bermacam besaran listrik yaitu : Tegangan (volt), Arus (current), Daya (power); Frekuensi, Energi dan Power Faktor. Dengan kelengkapan fungsi / feature ini, maka modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan sebagai project maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah jaringan listrik seperti rumah atau gedung.
14. LCD 16x2 LCD merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan suatu ukuran besaran atau angka, sehingga dapat dilihat dan ketahui melalui tampilan layar kristalnya. Dimana penggunaan LCD dalam logger suhu ini menggunakan LCD dengan 16x2 karakter (2 baris 16 karakter). LCD 16x2 memiliki 16 nomor pin, dimana masing-masing pin memiliki tanda simbol dan juga fungsi-fungsinya. LCD 16x2 ini beroperasi pada power supply +5V, tetapi juga dapat beroperasi pada power supply +3V (Setiyo Budiyanto, 2012).

METODE PENELITIAN

Sebelum pembuatan alat terlebih dahulu membuat desain perencanaan dan dikembangkan dalam bentuk desain, setelah itu pembuatan alat tersebut. Dalam pembuatan tersebut dilakukan dalam berbagai tahap. Meliputi pembuatan tempat untuk panel surya, pembuatan sistem aquaponik, pembuatan sistem mikrohidro, pembuatan box control dan terakhir perakitan sistem panel surya, yakni:

Fokus Penelitian



Gambar 1. ALur Penelitian

Dalam tahap ini, penelitian difokuskan pada pengujian dan evaluasi kinerja alat yang telah dirancang. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian Fungsi : Setiap komponen dari sistem kombinasi aquaponik, termasuk solar cell dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro, diuji secara individual untuk memastikan fungsinya berjalan sesuai spesifikasi.
2. Pengujian Integrasi: Setelah pengujian individual, sistem diuji secara keseluruhan untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja secara sinergis dalam satu sistem terpadu.

3. Evaluasi Kinerja : Dilakukan evaluasi kinerja dari aspek efisiensi energi, stabilitas sistem, dan kemampuan untuk mempertahankan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman dan ikan dalam sistem aquaponik.
4. Analisis Data Kinerja : Data yang diperoleh dari pengujian dikumpulkan dan dianalisis untuk menentukan kekuatan, kelemahan, dan potensi perbaikan sistem.

Pengumpulan dan Analisa Data untuk Hasil Akhir

Tahap ini melibatkan proses pengumpulan data dan analisis untuk mendapatkan hasil akhir yang komprehensif mengenai sistem yang telah dirancang. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

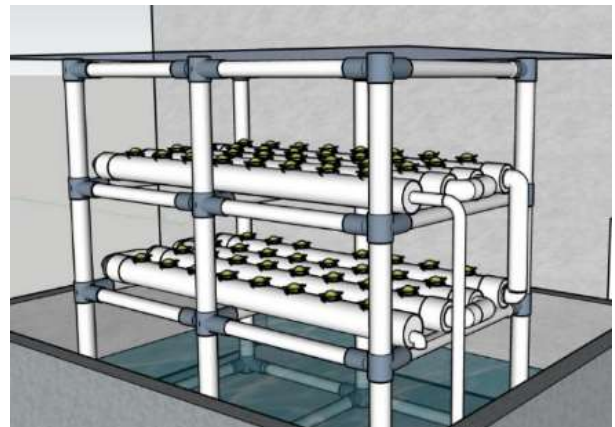
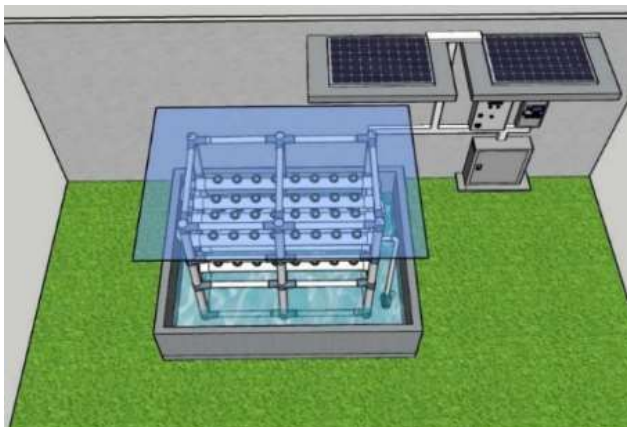
1. Pengumpulan Data : Data yang dikumpulkan mencakup berbagai parameter, seperti produksi energi dari solar cell dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro, kondisi lingkungan sistem aquaponik, dan hasil panen tanaman serta ikan.
2. Pengolahan Data : Data yang telah dikumpulkan diproses menggunakan metode statistik untuk memastikan akurasi dan konsistensi data.
3. Analisis Data : Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi korelasi antara kinerja sistem energi dan kondisi aquaponik, serta untuk mengevaluasi efektivitas sistem berbasis IoT dalam mengelola dan memantau kondisi sistem.
4. Interpretasi Hasil: Hasil analisis data diinterpretasikan untuk memberikan kesimpulan yang valid mengenai kinerja dan manfaat dari sistem kombinasi pada aquaponik ini.
5. Rekomendasi: Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut disusun untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem di masa depan.

Metode penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas dan mendetail tentang bagaimana sistem kombinasi pada aquaponik dengan memanfaatkan solar cell dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang berbasis IoT dapat beroperasi dan dioptimalkan.

Perakitan Sistem

Perakitan sistem terdiri dari perakitan pada sistem panel surya, mikrokontroler NodeMCU dan pada sistem aquaponik sendiri. Panel surya tersebut merupakan inputan energi listrik yang di kombinasi dengan mikro hdro. Adapun output dari panel surya dan mikrohidro akan disambungkan dengan solar charge controller. Seperti pada gambar untuk penyusunan output tegangan dari panel surya ke solar charge controller yang nantinya akan tersambung pada baterai. Baterai akan disambungkan pada inverter. Pada output dari inverter akan disambungkan dengan stopkontak untuk digunakan sebagai input pada pompa air dan power supply. Power supply digunakan sebagai inputan pada mikrokontroler NodeMCU akan tetapi input NodeMCU sendiri berkisar pada 5-12VDC sehingga membutuhkan DC-DC converter untuk menurunkan tegangan, maka penggunaan Adaptor digunakan sebagai penurun tegangan dan sebagai input tegangan pada Mikokontroler NodeMCU untuk menampilkan energy meter.

Desain Alat Perancangan



Tampak Atas

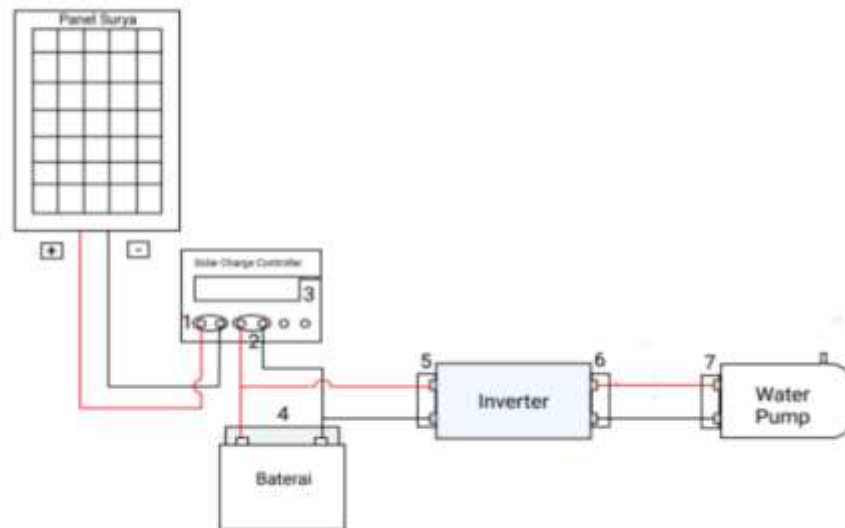
Tampak Samping



Gambar 2. Perancangan alat

Rangkaian Panel Surya

Rangkaian pertama yang melakukan pengukuran adalah rangkaian panel surya. Rangkaian panel surya merupakan inti dari tegangan listrik dapat mengalir dan menjalankan alat tersebut. Dalam rangkaian ini mengalir tegangan DC sebesar 12 VDC, pengukuran dilakukan pada saat panel surya berbeban, berikut yang dihasilkan oleh panel surya tersebut.



Gambar 3. Rangkaian Panel Surya

Metode Kalibrasi Sensor PZEM

Kalibrasi sensor PZEM-004T dapat dilakukan dengan Regulator AC yang bertujuan untuk mengetahui seberapa tingkat ketelitian akurasi dan persentase error dalam pembacaan pengukuran (Siska Ludfi Zaen , 2021). Perbandingan Hasil pengujian kalibrasi sensor PZEM-004T dengan regulator AC dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian kalibrasi sensor PZEM-004T dengan regulator AC

Input AC	PZEM-004T (V)	Multitester (V)	Error%	Akurasi%
85	79,5	79,3	0,25	99,75
100	93,3	93,5	0,21	99,79
115	107,6	107,8	0,1	99,9
130	121,5	121,6	0,08	99,92
145	136,3	136,4	0,07	99,93
160	149,2	148,9	0,2	99,8
175	162,7	162,5	0,1	99,9
190	178,1	177,7	0,22	99,78
205	193,7	193,3	0,2	99,8
220	206,5	206,1	0,19	99,81
Rata-rata			0,16	99,84

IoT Smart Energy Meter

dengan Telegram Kalau pada proyek sebelumnya kita memakai Blynk IoT maka pada proyek ini kita akan memakai aplikasi perpesanan Telegram. Fungsinya untuk memonitor hail pembacaan sensor PZEM-004T V3 yang dikirim ke Telegram dengan beberapa kebutuhan Software, yaitu:

- Arduino IDE.
- Telegram (Aplikasi di HP) Kebutuhan Jaringan Internet Siapkan sebuah WiFi (hotspot) dengan nama WiFi (ssid) dan password. Anda dapat membuatnya melalui hotspot dari internet HP (tethering).
- Nama jaringan WiFi/Hotspot.
- Password.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor PZEM-004T Menggunakan Beban Listrik Dalam Pengujian Sensor PZEM-004T Menggunakan Beban Listrik mempunyai maksud untuk mengetahui hasil pengukuran nilai arus dan daya. Pada tahap ini dilakukan 2 kali data percobaan dengan menggunakan beban listrik berupa, pompa air dan solder. Proses kalibrasi sensor PZEM-004T menggunakan perbandingan dua pembacaan pengukuran antara sensor PZEM-004T dengan alat ukur multimeter digital. Alat tersebut terbagi menjadi dua yaitu wattmeter dan clamp meter. Hasil uji kalibrasi sensor PZEM-004T menggunakan beban listrik ditunjukkan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil uji kalibrasi sensor PZEM-004T menggunakan beban listrik

Beban Listrik	PZEM-004T (W)	Watt Meter (W)	PZEM-004T (A)	Clamp Meter (A)
Pompa Air 55Watt	13,30	13	0,11	0,105
Solder 60 Watt	14,60	14	0,12	0,112
Rata Rata		= 1.30%		= 1.12 %
%Error				
Akurasi		= 98.2 %		= 99,20 %

Hasil Pengambilan Data Pembacaan Sensor PZEM-004T Dengan Alat Ukur

Pembacaan sensor PZEM-004T dan tahap pengambilan data alat ukur merupakan salah satu tahap akhir dari proses pengumpulan data penelitian. Dalam memperoleh data pengukuran, dibutuhkan rentang waktu 3 hari untuk mendapatkan tegangan, arus, daya, frekuensi, dan energi sensor PZEM-004T.

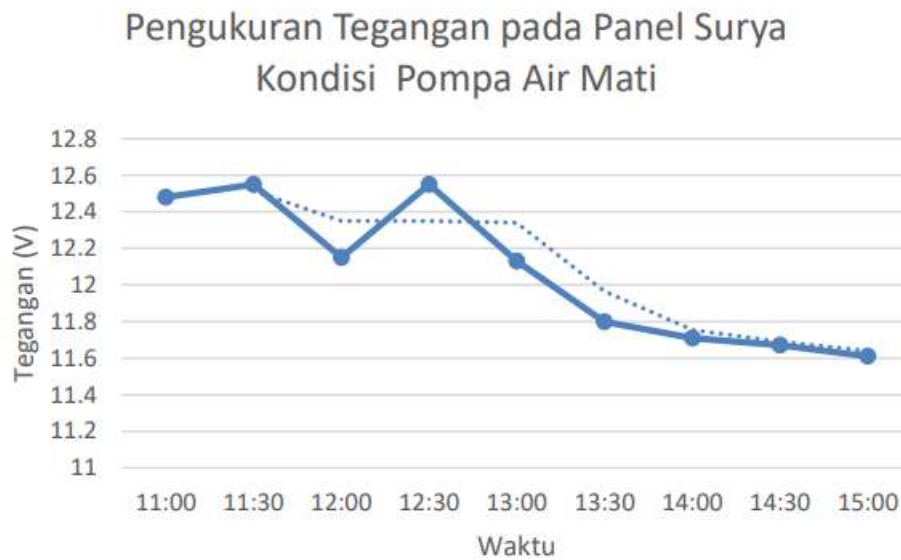
Tabel 3. Hasil Pengambilan Data Pembacaan Sensor PZEM-004T Dengan Alat Ukur

Waktu	PZEM-004T (V)	Multimeter Digital (volt)	Error %	Sensor Daya Watt	Sensor Energi (kWh)
2024-07-03 16:53 Wib	232.10 V	235 V	0,3	12.30 W	1.23 kWh
2024-07-04 17:03 Wib	237.30 V	237.30 V	0	12.60 W	1.30 kWh
2024-07-05 06:06 Wib	239.90 V	239.80 V	0,05	14.70 W	1.49 kWh
	Rata Rata % Error Akurasi		= 0,11 % = 99,89%		

Tabel 4. Hasil Pengukuran Panel Surya

No	Waktu	Panel Surya		Baterai		Suhu	Intensitas (Lux)
		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)		
1	08:30	12.53	0.6	12.46	9.42	25	49892
2	09:00	12.36	0.20	12.33	0.23	25	41119
3	09:30	12.40	0.27	12.33	0.24	25	42331
4	10:00	12.51	0.43	12.45	0.44	29	48765
5	10:30	12.93	1.75	12.86	1.12	29	50678
6	11:00	13.05	1.52	13.03	1.33	29	64352
7	11:30	13.40	1.98	13.37	1.69	30	65284
8	12:00	13.63	2.30	13.56	2.12	30	70892
9	12:30	13.55	1.94	13.48	2.09	31	67967

Pengujian Baterai dengan panel surya tanpa beban



Gambar 4. Grafik Pengukuran Tegangan pada Panel Surya Kondisi Pompa Air Mati

Berdasarkan grafik diatas tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dengan beban hidup jam 08:30 pada awal yaitu 12,53 V, pada baterai dimulai dengan 12,46 V yang tidak terhubung ke pompa air. Pada selanjutnya tegangan panel yang diterima oleh baterai mengalami kenaikan, sehingga ketersediaan energi pada baterai dapat terpenuhi dengan penyaluran energi dari solar panel. Penggunaan baterai untuk digunakan pada pompa air nantinya juga mengalami kestabilan setelah pukul 12:30 dan dapat digunakan. Sebelumnya pada pukul 08:30 sampai 12:30 dimungkinkan apabila baterai terlebih dahulu mengisi kapasitas energi listrik sebelum dilanjutkan pada pompa air.

Tabel 5. Pengujian baterai dengan beban menggunakan panel surya

No	Waktu	Panel		Baterai		Inverter		Intensitas Cahaya	Suhu
		V	I	V	I	V	I		
1	11:00	12.56	2.26	12.48	0.68	215	0.13	87678	28
2	11:30	12.65	2.35	12.55	0.56	216	0.13	94855	30
3	12:00	12.24	1.31	12.15	0.30	216	0.13	61558	30
4	12:30	12.64	1.8	12.55	0.28	216	0.13	69096	30
5	13:00	12.8	1.31	12.13	1.07	216	0.13	75594	31
6	13:30	11.85	0.48	11.80	1.33	216	0.13	72544	31
7	14:00	11.79	0.36	11.71	1.40	216	0.13	65931	32
8	14:30	11.74	0.22	11.67	1.6	216	0.13	13185	32
9	15:00	11.68	0.23	11.61	1.64	232	0.13	10258	33
10	15:30	11.69	0.20	11.64	1.48	229	0.13	10820	33
11	16:00	11.67	0.07	11.59	1.70	233	0.13	8022	33



Gambar 5. Grafik Pengukuran Tegangan pada Panel Surya Kondisi Pompa Air Hidup

Berdasarkan grafik diatas tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dengan beban hidup jam 11:00 pada awal yaitu 12,56 V, pada baterai dimulai dengan 12,48 V mengalami pemakaian energi listrik yang disalurkan pada pompa air. Pada selanjutnya tegangan panel yang diterima oleh baterai mengalami kenaikan, sehingga ketersediaan energi pada baterai dapat terpenuhi dengan penyaluran energi dari solar panel. Penggunaan baterai untuk digunakan pada pompa air juga mengalami kestabilan setelah pukul 13:00. Sebelumnya padapukul 11:00 sampai 16:00 dimungkinkan apabila baterai terlebih dahulu mengisi kapasitas energi listrik sebelum dilanjutkan pada pompa air.

Hasil Pengukuran Turbin Goso

Tabel 6. Hasil Pengukuran Turbin Goso

No	Waktu	Arus	Tegangan
1	08.00	0,14	11,93
2	08.30	0,15	12,21
3	09.00	0,12	11,87
4	09.30	0,11	11,79
5	10.00	0,14	12,17
6	10.30	0,14	12,14
7	11.00	0,11	11,80
8	11.30	0,11	11,83
9	12.00	0,15	12,22
10	12.30	0,11	11,81
11	13.00	0,14	11,94
12	13.30	0,14	11,91
13	14.00	0,15	12,22
14	14.30	0,13	11,93
15	15.00	0,13	11,94
16	15.30	0,11	11,83
17	16.00	0,14	11,98

Dari hasil pengujian tabel diatas, yang telah dilakukan pada hari selasa, 29 juni 2024. Pada pengujian yang telah dilakukan maka memperoleh data dengan hasil yang tertera pada tabel, dimana pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil tegangan maksimal turbin sebesar 12,22 Volt. Sehingga walaupun turbin diserikan, namun setelah melewati Solar Charge Controller dan diukur tegangan maksimum hanya sebesar 12,22 volt pada saat pukul 14.00.

Pengujian Sistem

Setelah pengukuran dilakukan komponen, dan tidak terjadi kesalahan maka langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian di keseluruhan sistem pada alat ini. Pengujian keseluruhan meliputi pengujian kuat tegangan dan arus yang mengalir dari panel surya ke beban. Dengan kondisi meliputi perubahan cuaca dan kuat sinar matahari pada jam tertentu, yang dimaksud pada jam tertentu yaitu kuat penyinaran matahari yang terjadi selama kurang lebih lima jam dimulai dari 11:00 WIB sampai 16.00 WIB. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi yaitu pada saat pengisian pada baterai, beban dalam kondisi mati dan pada saat panel surya dan baterai dalam kondisi berbeban, Pengujian pengisian baterai dilakukan untuk mengetahui berdasarkan dari keadaan cuaca dan kekuatan sinar matahari yang dapat diterima panel. Sedangkan pada saat berbeban energi listrik diambil dari baterai dan panel surya bertugas menyuplai beban dan melakukan pengisian pada baterai.

Pembahasan

- Efisiensi pengisian baterai tanpa beban untuk panel surya Pada pengisian baterai tanpa beban, didapatkan rata – rata arus yang masuk ke baterai berkisar 0,79 Ampere.v Sehingga
 $T=(60 \text{ Ah})/(0,70 \text{ Ampere}) = 85,72 \text{ hour}$ Sedangkan pada pengosongan baterai untuk mendapatkan hasil berapa lama baterai dapat mem-backup beban:
 Beban : 25 watt
 $I=(25 \text{ Watt})/(12 \text{ volt})=2.08 \text{ Ampere}$
 $\text{Waktu Pemakaian} = (60 \text{ Ah})/(2,08 \text{ Ampere}) =28.84 \text{ Jam-diefisiensi aki sebesar } 20\% =28.84 -5.768 =23.072$
- Efisiensi Baterai dengan beban untuk panel surya Ketika baterai dibebani oleh pompa, tegangan baterai akan turun. Ini disebabkan karena adanya resistansi internal dalam baterai sehingga saat

dialiri arus, akan terjadi penurunan tegangan sesuai dengan hukum Ohm ($V = I \times R$). Semakin besar beban yang diberikan (dalam hal ini pompa), semakin besar arus yang akan ditarik dari baterai. Hal ini karena sesuai dengan hukum Ohm, jika tegangan turun sementara resistansi tetap, maka arus akan naik untuk menjaga kesetimbangan. Di sisi lain, panel surya yang terhubung dengan baterai juga akan mengalami penurunan tegangan dan arus akibat beban pompa yang semakin besar. Semakin besar beban, semakin besar arus yang ditarik dari baterai, sehingga kemampuan panel surya untuk mengisi baterai akan menurun. Ini menyebabkan tegangan dan arus panel surya juga akan menurun. Jadi, penurunan tegangan baterai pada saat dibebani pompa, namun terhubung dengan panel surya, akan menyebabkan arus baterai yang terukur semakin besar. Sementara itu, tegangan dan arus panel surya akan menurun akibat beban yang semakin besar.

- c. Efisiensi turbin mikrohidro Berdasarkan hasil pengujian, tegangan maksimal yang diperoleh dari turbin adalah sebesar 12,22 Volt. Walaupun turbin dihubungkan secara seri, setelah melewati Solar Charge Controller, tegangan maksimum yang terukur tetap sebesar 12,22 Volt pada pukul 14.00. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi kinerja sistem terjaga, karena tegangan yang dihasilkan oleh turbin dapat diteruskan dengan baik melalui Solar Charge Controller tanpa adanya penurunan yang signifikan. Dengan demikian, kinerja sistem dapat dikatakan efisien dalam mentransfer dan mempertahankan tegangan maksimal dari turbin.
- d. Efisiensi pengujian baterai dengan turbin tanpa beban Berdasarkan penelitian pengisian baterai, ditemukan bahwa suplai pengisian baterai hanya terjadi jika tegangan dari pembangkit mencapai 12 volt atau lebih. Hal ini menunjukkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini kurang optimal untuk mengoperasikan beban seperti pompa akuarium, yang mempengaruhi kestabilan tegangan. Oleh karena itu, proses pengisian baterai hanya berlangsung ketika tegangan sumber listrik mencapai 12 volt atau lebih. Dengan demikian, efisiensi kinerja sistem ini dapat dikatakan kurang maksimal karena ketidakmampuan pembangkit untuk mempertahankan tegangan yang cukup untuk pengisian baterai secara konsisten.

SIMPULAN

Pada rancang bangun pembangkit mikrohidro tekanan air sangat mempengaruhi hasil keluaran tegangan turbin yaitu sebesar 12v. jika tegangan dari PLTMH tidak mencapai 12V, baterai 6,25 Ah tidak akan terisi penuh dan hanya akan terisi selama sekitar 2 jam. Hal ini membatasi durasi pengoperasian sistem dan berdampak pada efisiensi serta keberlanjutannya. Oleh karena itu, memastikan tegangan keluaran optimal dari PLTMH adalah kunci untuk pengisian baterai maksimal dan operasi sistem yang berkelanjutan. Sistem kombinasi yang diterapkan dapat dikatakan efektif karena dapat menjaga optimalisasi kinerja PLTS dan PLTMH dalam menyuplai tegangan untuk pengisian baterai. Kombinasi perpaduan antara kerja turbin dan solar cell tidak bisa dikatakan sempurna karena efisiensi kerja dari solar cell lebih stabil. Kombinasi kerja alat keseluruhan berjalan efektif dan menunjukkan kinerja yang efektif. IoT monitoring energy dapat mendeteksi tegangan, arus, frekuensi dengan baik dan menampilkan hasil pembacaan melalui lcd dengan optimal.

Saran berisikan Perhatikan tekanan pompa akuarium yang digunakan harus mencapai diatas 5000 liter/jam agar tegangan yang dihasilkan mencapai diatas 12v. PLTMH menggunakan turbin GOSO tidak cocok diaplikasikan pada akuaponik karena terlalu besar tekanan air akan mempengaruhi pertumbuhan akar hidroponik sehingga lebih cocok pada rumah ataupun sumber mata air dalam yang bertekanan besar dan apabila ingin digunakan di akuaponik namun tekanan air tidak besar lebih baik menggunakan solar charge controller jenis MPPT agar tegangan yang masuk ke baterai untuk pengecasan bisa diatur lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahliya, D., Samsurizal, S., & Pasra, N. (2021). Efisiensi panel surya kapasitas 100 wp akibat pengaruh suhu dan kecepatan angin. *Sutet*, *11*(2), 71-80.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, *18*(1), 10-14.
- Asrori, A., & Yudiyanto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, *1*(1), 68-73.
- Suparlan, M., Sofijan, A., & Akbar, M. B. (2019). Prototipe Battery Charge Controller Solar Home System Di Desa Ulak Kembahang 2 Kecamatan Pemulutan Barat Kabupaten Ogan Ilir. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 658-665.
- Budiyanto, S. (2012). Sistem Logger Suhu dengan Menggunakan Komunikasi Gelombang Radio. *Jurnal Teknologi Elektro*, *3*(1), 142033.
- INDRIYANI, M. D. (2018). *MONITORING SISTEM AUTOMATIC TRANSFER SWITCH–MAIN FAILURE (ATS–MF) DENGAN PEMBEBANAN BERTINGKAT MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA 2560 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)* (Doctoral dissertation, undip).
- Fathoni, A. N., & Khotimah, K. (2023). Rancang Bangun Smart Home berbasis IoT Menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP 32. *TELKA-Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, *9*(1), 34-43.
- Istardi, D., & Wirabowo, A. (2017). Rancang Bangun Square Wave Full-Bridge Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Mikro. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, *9*(01), 18-23.
- Priajana, P. G. G., Kumara, I. N. S., & Setiawan, I. N. (2020). Grid tie inverter untuk PLTS atap di Indonesia: Review standar dan inverter yang compliance di pasar domestik. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, *7*(2).
- Prasetyo, I., & Saputro, I. (2018). Perbaikan dan perawatan aki basah. *Surya teknika*, 17-23.