

## RANCANG BANGUN SISTEM HYBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR HUJAN

Jumadi Tangko<sup>1)</sup>, A.M. Shiddiq Yunus<sup>1\*)</sup>, Syamsuryani Abbas<sup>2)</sup>, dan Fadil Amrullah<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

<sup>2)</sup> Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

Modern human life could not be separated from energy needs. Almost all activities of humans are related to electricity, particularly to meet the needs of the production process that involving industrial tools/machines, lighting and entertainment needs. Indonesia is a tropical country, where normally have two seasons; the rainy and dry season. During dry season, Indonesia has solar energy potential with an average daily radiation of 4.8 kWh/m<sup>2</sup>/day. In addition, there is rainwater energy that can be converted into electrical energy during rainy session. Solar energy power plant (SEPP) and rainwater energy power plant (RWPP) have several advantages compared to conventional energy sources. Both are available in all places and do not require a special place to build the plant such as hydropower plants. This study is aimed to obtain the feasibility studies of design and construction working results of combination of SEPP and RWPP. The basic concept of these two sources of energy is that when no radiation during rain condition, water from the rain will be collected in such away in water reservoir which then drained the water into a pipeline that connected to a small hydro turbine. 2 x 50 Wp of solar panels are installed on roof top and the turbine for RWPP is mounted and shafted with a 24V, 150 W DC generator which in turn will charge the battery. This applied research is conducted with design and construction method and finalized with the data analysis to investigate its performance. The testing results of the constructed hybrid SEPP and RWPP exhibit a promising development in the future market niche. SEPP shows an averaged power of 30.3 Watts during six hours while RWPP shows that with average of 3.44 m<sup>3</sup>/s of discharge water could charge about 33% of the battery.

**Keywords:** PLTS (SEPP), PLTAH (RWPP), hybrid, generator, battery charger, voltage.

### 1. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia modern semakin tergantung pada energi, sehingga kesejahteraan sangat ditentukan oleh jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung. Hampir semua aktivitas yang dilakukan oleh manusia berhubungan dengan listrik, baik untuk memenuhi kebutuhan proses produksi yang melibatkan alat/mesin industri, kebutuhan penerangan dan hiburan, terutama yang berkaitan dengan barang-barang elektronik seperti *handphone*, komputer, televisi, dan lain sebagainya. Disamping itu, energi juga merupakan unsur penunjang yang amat penting dalam proses pertumbuhan ekonomi dan ikut menentukan keberhasilan pembangunan.

Alasan tingginya konsumsi energi di Indonesia dan semakin berkurangnya cadangan energi fosil, membuat Indonesia sudah saatnya untuk secara serius mengembangkan energi non fosil, mengacu pada Jurnal Energi Kementerian ESDM [1], Indonesia memiliki potensi besar dalam mengembangkan Energy Baru dan Terbarukan (EBT), diantaranya energi bayu (angin) sebesar 950 MW, tenaga surya sebesar 11 GW, tenaga air sebesar 75 GW, energi biomasa 32 MW, biofuel sebesar 32 MW, potensi energi laut sebesar 60 GW, dan panas bumi (Geothermal) yang diperkirakan memiliki potensi sebesar 29 GW. Salah satu contoh pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia adalah energi surya. Letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa menjadikan wilayah Indonesia dengan rata-rata penyinaran matahari selama 8-10 jam dalam sehari dengan potensi energi surya yang dapat dibangkitkan di wilayah Indonesia sebesar 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari [2]. Selain itu terdapat energi air hujan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Penelitian yang dilakukan oleh Sepannur Bandri, 2017 [3] menyebutkan potensi alam yang dapat dijadikan suatu pembangkit picohydro adalah air hujan. Perencanaan picohydro ini menggunakan curah hujan di kota Padang sebagai sumber energi primer yang dihitung berdasarkan luas permukaan atap rumah, dimana curah hujan rata-rata 24.154 mm/menit. Air hujan akan ditampung pada tangki berukuran 5100 liter dengan luas pipa pesat 1,2 inci dengan kecepatan air 6,26 m/s, sehingga debit air yang dimanfaatkan 6,9 liter/s. Turbin yang digunakan adalah turbin reaksi propeller open flume TC 60 dan generator sinkron satu fasa kapasitas dapat melebihi 100 Watt, 200 – 220 Volt, 90 Hz dengan head 3 meter. Daya keluaran yang dihasilkan adalah 173,43 Watt, dimana untuk turbin propeller efisiensi turbin 0,85 dan efisiensi generator 0,9.

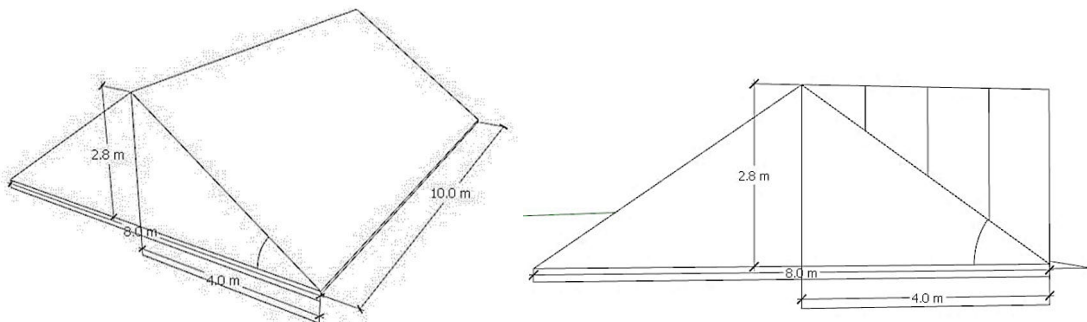
<sup>1\*)</sup> Korespondensi penulis: A. M. Shiddiq Yunus, Telp 082347521449, [shiddiq@poliupg.ac.id](mailto:shiddiq@poliupg.ac.id)

Energi surya dan energi air hujan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya [4]. Keduanya tersedia disemua tempat dan tidak memerlukan tempat yang khusus untuk membangun pembangkit tersebut seperti pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang umumnya berada diokasi khusus diketinggian dengan sumber air sungai yang cukup. Namun masalah utama dari kedua sistem pembangkit berbasis energy matahari dan air hujan tersebut, tidak tersedia secara terus menerus seperti pada musim tertentu, sehingga perlu dicari alternatif atau cara untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu cara adalah dengan menggabungkan kedua sumber energi tersebut yang biasa disebut dengan sistem hibrid [5]. Apabila salah satu sumber energi tidak bisa menghasilkan energi maka sumber energi lain yang akan menyuplai energi ke beban. Penerapan pembangkit listrik energi terbarukan dengan sistem hibrid saat ini lebih dikembangkan untuk meningkatkan daya dan keandalan sistem. Penerapannya pada skala kecil cocok diaplikasikan pada skala rumah tangga.

**2. METODE PENELITIAN**

Terdapat dua metode pengukuran data yang kami lakukan agar potensi energi yang tersedia di lokasi dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk memprediksi pasokan energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit hibrid dari pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga air hujan yang direncanakan yaitu melalui pengukuran data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara pengamatan dan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian. Pengukuran data primer dilakukan melalui pengukuran langsung potensi radiasi matahari dan tingginya curah hujan di lokasi pembangkit hibrid yang akan dibangun. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data ukuran (tinggi, lebar, volume) dan data perhitungan (tegangan, arus, radiasi) [6].

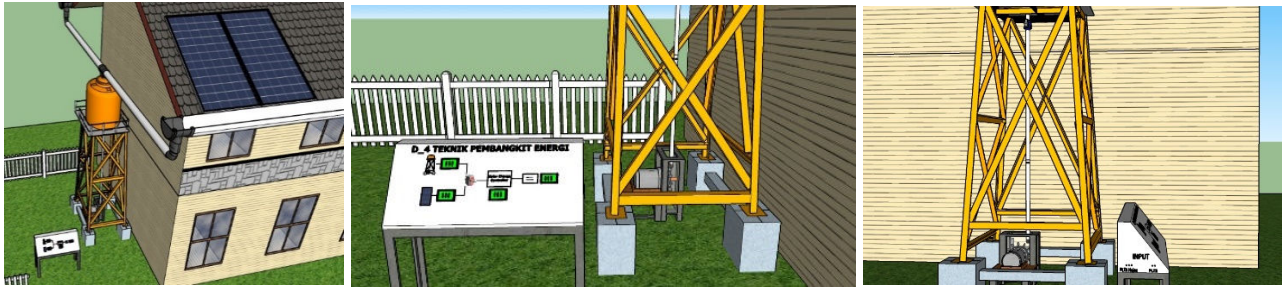
Data sekunder diperoleh dari badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data radiasi matahari dan curah hujan. Dalam hal ini kami menggunakan data BMKG Makassar [7], [8]. Tahap perancangan merupakan langkah awal sebelum pembuatan pembangkit hibrid PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan (PLTAH). Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar pembangkit hibrid ini dapat beroperasi dengan optimal. Tahap perancangan dibagi atas perancangan konstruksi dan perancangan kelistrikan. Untuk menghitung luas atap rumah dapat dilihat pada gambar 1.



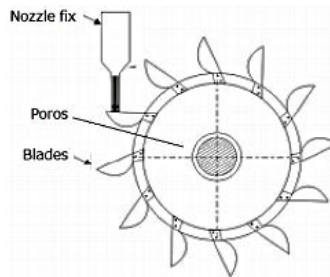
Gambar 1. Asumsi dimensi atas yang digunakan

Adapun tinggi atap rumah dihitung menggunakan rumus pythagoras yang menghasilkan nilai 2,8 m, kemudian tinggi dari talang air ke dasar rumah 7 m dan tinggi menara untuk penampungan air hujan yaitu 3,5 meter. Turbin pelton dan generator DC terkopel dengan poros yang terpasang tepat pada bagian bawah penampungan air, dimana penampungan air terpasang pipa pesat yang tegak lurus dengan turbin pelton, untuk memutar turbin pelton dengan nozzle yang terdapat di ujung pipa pesat.

Turbin air yang digunakan pada perancangan ini adalah turbin jenis pelton, karena turbin pelton (Gambar 3) merupakan salah satu dari jenis turbin air yang efisien digunakan untuk head tinggi dan debit aliran yang kecil. Keuntungan lainnya yaitu efisiensi turbin yang relative stabil pada berbagai perubahan debit aliran.



Gambar 2. Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

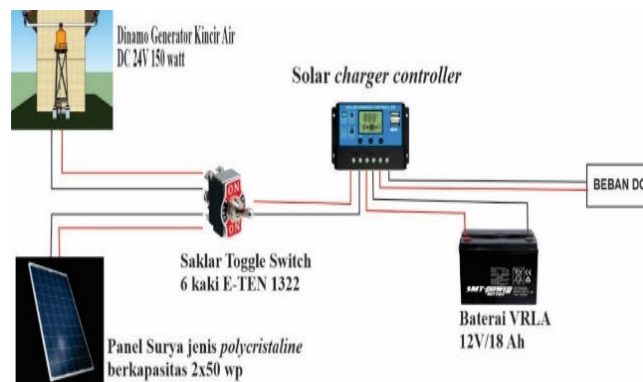


Gambar 3. Sketsa kasar turbin air

Tabel 1. Spesifikasi turbin air yang akan direalisasikan

Parameter	Nilai
Lebar Sudu	20 cm / 7,87'' (inch)
Diameter Sudu	1,8 cm / 0,71'' (inch)
Jumlah Sudu	8 buah

Perancangan Kelistrikan diawali dengan menghitung total energi yang digunakan saat beroperasi dan mengumpulkan data kecepatan turbin pelton yang terkopel dengan generator dan intensitas matahari di lokasi penelitian. Analisis data tersebut untuk mengetahui berapa panel surya dan kapasitas baterai yang akan digunakan dalam memenuhi kebutuhan energi dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam terbarukan. Berikut skema perancangan pembangkit hybrid.



Gambar 4. Sistem Pembangkit Hybrid PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

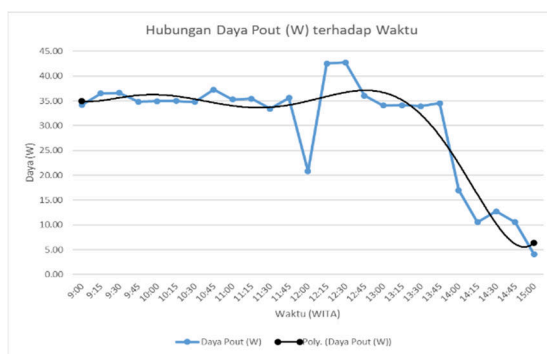
Pada skema diatas kedua pembangkit dihubungkan ke saklar toggle switch 6 kaki E-TEN 1322, lalu output saklar ke *solar charge controller*, output dari controller berupa tegangan dc yang digunakan untuk mengisi baterai, tegangan dc dari baterai kemudian di gunakan sebagai energi listrik oleh beban DC.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

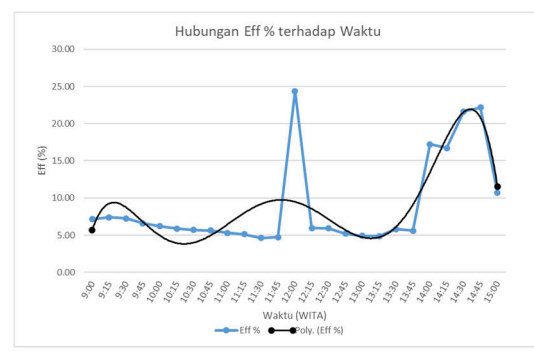
Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas, maka diperoleh tabel hasil analisis data pengujian panel surya seperti pada tabel 2. Berdasarkan gambar 5(a) dapat disimpulkan bahwa nilai tertinggi untuk daya output panel surya (Pout) berada pada pukul 12:30 WITA yaitu 42.75 W dan nilai terendah berada pada pukul 15:00 WITA yaitu 4.12 W dalam kondisi cuaca mendung. Hal ini dikarenakan daya output (Pout) perbandingan lurus dengan Intensitas cahaya matahari (G). Semakin besar intensitas cahaya matahari maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh panel surya. Dari trend grafik dapat dilihat bahwa daya output panel surya mengalami kenaikan yang cukup besar dari pukul 12:00-12:30 WITA. Daya output yang dihasilkan berkisar antara 20.78 W sampai 42.74 W dan dari pukul 12:45 WITA daya output panel surya mengalami penurunan karena kurangnya sinar matahari.

Tabel 2. Hasil Analisis Data Pengujian Panel Surya Tanpa Beban

Waktu	% Baterai	G panel (18,33°)	FF	Luasan pv	Daya pv	Output PV / Input SCC			Output SCC ke baterai			Eff	Tegangan baterai	Keterangan	
						Vdc	Idc	Daya	Vdc	Idc	Daya				
WITA	(%)	W/m2		A	Pin (W)	(V)	(A)	Pout (W)	(V)	(A)	W	%	(V)	(Cerah/ Berawan/Mendung)	
9:00	56	672	1.52	0.7102	477.25	13.23	1.7	34.19	12.70	1.7	21.59	7.16	12.39	Cerah	
9:15	60	696	1.52	0.7102	494.30	13.34	1.8	36.50	12.85	1.8	23.13	7.38	12.64	Cerah	
9:30	61	710	1.52	0.7102	504.24	13.38	1.8	36.61	12.88	1.8	23.18	7.26	12.70	Cerah	
9:45	64	742	1.52	0.7102	526.97	13.48	1.7	34.83	12.95	1.7	22.02	6.61	12.78	Cerah	
10:00	65	790	1.52	0.7102	561.06	13.52	1.7	34.94	12.99	1.7	22.08	6.23	12.83	Cerah	
10:15	67	835	1.52	0.7102	593.02	13.54	1.7	34.99	13.05	1.7	22.19	5.90	12.86	Cerah	
10:30	67	858	1.52	0.7102	609.35	13.46	1.7	34.78	12.81	1.7	21.78	5.71	12.79	Berawan	
10:45	70	933	1.52	0.7102	662.62	13.63	1.8	37.29	13.16	1.8	23.69	5.63	12.95	Cerah	
11:00	70	935	1.52	0.7102	664.04	13.66	1.7	35.30	13.18	1.7	22.41	5.32	12.99	Cerah	
11:15	72	972	1.52	0.7102	690.31	13.71	1.7	35.43	13.21	1.7	22.46	5.13	13.03	Cerah	
11:30	73	1021	1.52	0.7102	725.11	13.73	1.6	33.39	13.25	1.6	21.20	4.60	13.09	Cerah	
11:45	73	1057	1.52	0.7102	750.68	13.77	1.7	35.58	13.30	1.7	22.61	4.74	13.13	Cerah	
12:00	73	120	1.52	0.7102	85.22	13.67	1	20.78	13.22	1	13.22	24.38	13.11	Mendung	
12:15	76	1005	1.52	0.7102	713.75	13.99	2	42.53	13.39	2	26.78	5.96	13.15	Cerah	
12:30	78	1015	1.52	0.7102	720.85	14.06	2	42.74	13.51	2	27.02	5.93	13.17	Cerah	
12:45	78	978	1.52	0.7102	694.58	13.96	1.7	36.07	13.48	1.7	22.92	5.19	13.30	Berawan	
13:00	81	980	1.52	0.7102	696.00	14.01	1.6	34.07	13.55	1.6	21.68	4.90	13.36	Berawan	
13:15	83	983	1.52	0.7102	698.13	14.04	1.6	34.15	13.57	1.6	21.71	4.89	13.41	Berawan	
13:30	84	823	1.52	0.7102	584.49	13.95	1.6	33.93	13.50	1.6	21.60	5.80	13.31	Berawan	
13:45	86	871	1.52	0.7102	618.58	14.20	1.6	34.53	13.75	1.6	22.00	5.58	13.55	Cerah	
14:00	84	139	1.52	0.7102	98.72	13.97	0.8	16.99	13.57	0.8	10.86	17.21	13.47	Mendung	
14:15	84	89	1.52	0.7102	63.21	13.90	0.5	10.56	13.50	0.5	6.75	16.71	13.40	Mendung	
14:30	85	83	1.52	0.7102	58.95	13.97	0.6	12.74	13.60	0.6	8.16	21.61	13.53	Mendung	
14:45	86	67	1.52	0.7102	47.58	13.87	0.5	10.54	13.64	0.5	6.82	22.15	13.54	Mendung	
15:00	99	54	1.52	0.7102	38.35	13.54	0.2	4.12	14.05	0.2	2.81	10.73	13.92	Berawan	
<b>Lamanya PLTS Beroperasi</b>		<b>Rata-rata</b>													
<b>6:00</b>		697	1.52	0.7102	495.09	13.74	1.45	30.30	13.31	1.45	19.23	8.91	13.14		



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Grafik Hubungan Daya Output Panel Surya terhadap Waktu, (b) Grafik Efisiensi Panel Surya terhadap Waktu

Berdasarkan gambar 4(b) dapat dilihat dari trend grafik terjadi fluktuatif hal tersebut dikarenakan kondisi cuaca yang cerah namun kadang berawan dan nilai tertinggi untuk efisiensi panel surya ( $\eta$ ) berada pada pukul 12:00 WITA yaitu 24,38% dan nilai terendah berada pada pukul 11:30 WITA yaitu 4,60%. Sehingga, grafik di atas dapat disimpulkan berbanding lurus antara efisiensi ( $\eta$ ) dengan intensitas cahaya matahari (G)

karena dari pukul 13:45 WITA sampai kisaran pukul 14:45 WITA efisiensinya selalu naik namun menurun efisiensinya ketika intensitas cahaya matahari juga mulai dari pukul 14.45 WITA sampai 15.00 WITA.

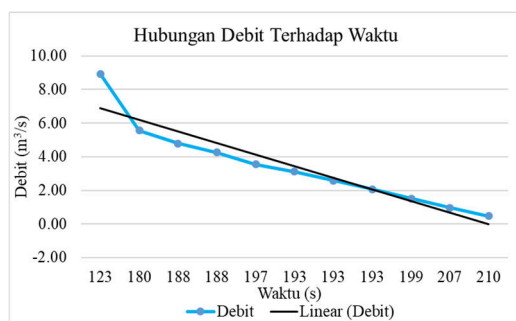
Data rata-rata setiap satu jam daya lampu DC 12 Volt 40 Watt (4 buah) dapat dilihat pada Tabel 3. Penentuan debit air hujan didapatkan dari data yang diperoleh dari BMKG dan untuk perhitungan debit dan tinggi jatuh air dilakukan dengan menggunakan rumus fluida fisika. Curah hujan rata-rata periode Januari - Desember 2020. Curah hujan berkisar 26.185 mm/m<sup>2</sup>/jam. Dimana dalam 1 m<sup>2</sup> hujan yang turun 26.185 mm dalam 1 jam.

Tabel 3. Hasil Analisis Data pengisian baterai dengan beban lampu DC 12 Volt 40 Watt

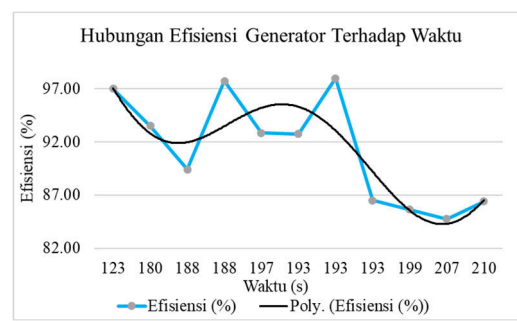
Waktu	Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt			Tegangan baterai	Baterai	Temperatur (Suhu)
	Vdc	Idc	Daya	Vdc		
WITA	(V)	(A)	W	(V)	(%)	°C
8:00	12.28	1.6	19.65	12.48	54	26
9:00	12.21	1.53	18.61	12.39	52	26
10:00	12.1	1.5	18.15	12.29	49	26
11:00	12	1.5	18	12.18	46	25
12:00	11.9	1.43	16.96	12.05	44	25
13:00	11.79	1.4	16.5	11.95	41	24
14:00	11.67	1.3	15.17	11.83	37	24
15:00	11.55	1.25	14.44	11.72	34	23
16:00	11.45	1.18	13.45	11.59	31	23
17:00	11.29	1.1	12.42	11.42	27	22
18:00	11.12	1.03	11.49	11.21	22	22

Tabel 4. Hasil Analisis Data Pengujian PLTAH

Waktu (Detik)	Pengukuran							Efisiensi (%)	Debit m <sup>3</sup> /s	Volume (Liter)	Baterai (%)	
	Input SCC/Output Generator			Output SCC/Input Baterai			Putaran					
	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Rpm					
123	11.92	0.26	3.10	11.56	0.26	3.01	482.7	96.98	8.94	1100	31	
180	11.87	0.25	2.97	11.56	0.24	2.77	432.3	93.49	5.56	1000	31	
188	11.85	0.24	2.84	11.56	0.22	2.54	429.7	89.42	4.79	900	31	
188	11.83	0.22	2.60	11.56	0.22	2.54	425.6	97.72	4.26	800	32	
197	11.82	0.20	2.36	11.55	0.19	2.19	423.7	92.83	3.55	700	32	
193	11.80	0.19	2.24	11.55	0.18	2.08	423.5	92.73	3.11	600	32	
193	11.78	0.18	2.12	11.54	0.18	2.08	420.8	97.96	2.59	500	32	
193	11.76	0.17	2.00	11.53	0.15	1.73	419.8	86.51	2.07	400	33	
199	11.73	0.16	1.88	11.48	0.14	1.61	419.4	85.64	1.51	300	33	
207	11.72	0.15	1.76	11.46	0.13	1.49	415.8	84.74	0.97	200	33	
210	11.34	0.14	1.59	11.43	0.12	1.37	415.2	86.39	0.48	100	33	
Charge Aki = 34:51 menit	Rata-rata											
	11.77	0.20	2.31	11.53	0.18	2.13	428.045	91.31	3.44			



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Grafik Hubungan Debit terhadap Waktu, (b) Grafik Hubungan Efisiensi Generator terhadap Waktu

Berdasarkan gambar 6(a) dapat disimpulkan bahwa debit air dan waktu berbanding terbalik, hal ini dipengaruhi oleh debit air. Semakin besar debit air maka waktunya akan semakin cepat, begitupun sebaliknya jika debit air sedikit maka waktunya semakin lama. Debit yang memiliki nilai tertinggi pada waktu yang cepat yaitu dengan nilai debit air sebesar 8.94 m<sup>3</sup>/s dengan waktu 123 detik. Sedangkan nilai terendah untuk debit air sebesar 0.48 m<sup>3</sup>/s dengan waktu 210 detik.

Gambar 6(b) menunjukkan bahwa efisiensi generator berfluktuasi. Nilai tertinggi untuk efisiensi generator yaitu 97.96 % pada waktu 193 detik. Sedangkan nilai terendah untuk efisiensi generator yaitu 84.74 % pada waktu 207 detik. Dari trend grafik dapat dilihat bahwa efisiensi generator mengalami penurunan pada waktu 123 – 188 detik dengan efisiensi generator berkisar 96.98 %, dari waktu 188 – 210 detik trend yang terlihat mengalami kenaikan dan penurunan disebabkan efisiensi generator yang berubah-ubah setiap waktu.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa rata-rata daya yang dibangkitkan oleh PLTS sebesar 30.30 Watt selama 6 jam penyinaran matahari dan PLTAH sebesar 2,31 Watt pada putaran turbin rata-rata 428,05 rpm selama 34:51 menit. Debit air hujan yang didapat dari luas permukaan atap adalah 28,54 m<sup>2</sup> Lit/menit. Volume tandon air yang digunakan untuk menampung air adalah 1200 liter. Sedangkan debit air rata-rata yang dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin adalah 3.44 m<sup>3</sup>/s yang dialiri oleh pipa yang berukuran 1 inch.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri ESDM, "Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan," *Jurnal Energi Media Komunikasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, Edisi 02, 2016.
- [2] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, "Outlook Energi Indonesia 2016," Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2016.
- [3] Bandri, Sepannur, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPh) Rumah Tangga," Seminar Nasional Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD-4) Institut Teknologi Padang (ITP), Padang, 27 Juli 2017BMG, 2006. Prakiraan Musim Kemarau Tahun 2006 di Indonesia, 2017.
- [4] Kementerian ESDM RI, "Peluang Menawan Bisnis Energi Terbarukan di Indonesia", Kompasiana, 2017.
- [5] Banartama, dkk, "Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Yang Dibuat Di Kedubes Austria," Makalah. Dikutip dari Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Yang Dibuat Di Kedubes Austria, 2010.
- [6] L.R. Prihadi, A. Yulistyorini, "Desain Sistem Pemanenan Air Hujan Pada Rumah Hunian di Daerah Karst Kabupaten Malang," *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(1), 2019.
- [7] Badan Meteorologi dan Geofisika, Makassar. [Diakses tanggal, 15 September 2021].
- [8] Badan Pusat Statistika Kota Makassar, Makassar Dalam Angka 2010 (Makassar in Figure 2010)," UD Areso, Makassar, 2010.

#### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada pihak Politeknik Negeri Ujung Pandang, dalam hal ini Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Ketua P3M Politeknik Negeri Ujung Pandang beserta seluruh tim yang telah menyetujui memberikan dana penelitian tahun 2021.