

PENGEMBANGAN SISTEM PLTS *OFF-GRID* UNTUK Mendukung Sistem Filtrasi Air

1st M. Rafi Ramdan
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

2nd Michael Evan Kristian
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

3rd Ghiyas Azka Al Barodi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

Abstrak — Air merupakan kebutuhan penting bagi manusia. Tetapi saat ini, banyak wilayah di Indonesia sulit mendapatkan air bersih. Hal ini disebabkan oleh perubahan iklim secara ekstrim akibat karbon emisi yang disebabkan oleh pembangkit listrik tenaga fosil. Dengan mengintegrasikan PLTS *Off-Grid* dengan sistem filter cartridge dapat menyelesaikan permasalahan terkait ketersediaan air bersih.

Kata kunci—filter cartridge, PLTS *Off-Grid*, Pompa DC

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia. Tetapi saat ini, banyak wilayah di Indonesia sulit untuk mendapatkan akses terhadap air bersih. Sebuah penelitian pada tahun 2022 di Yogyakarta, menunjukkan bahwa 7 dari 10 sampel sumber air bersih tidak memenuhi syarat Permenkes RI No.32 tahun 2017 [1].

Penggunaan air yang tidak layak pakai dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan. Lebih dari 50 penyakit dapat disebabkan air kotor, dan 50% penyebab kematian anak kecil disebabkan oleh penggunaan air yang tidak layak pakai [2]. Mengonsumsi dan menggunakan air yang sudah tercemar bakteri akan memberikan dampak buruk pada tubuh. Dampak dari menggunakan air yg tercemar dapat menyebabkan diare, penyakit kulit, dan malnutrition [2]. Oleh karena itu, kualitas air yang digunakan harus dalam kondisi layak pakai.

Ketersediaan air bersih yang semakin menipis salah satunya disebabkan oleh perubahan iklim yang ekstrim [3]. Perubahan iklim yang ekstrim dapat mengakibatkan pola hujan yang tidak menentu. Sehingga dapat mengakibatkan kekeringan dan banjir. Kekeringan akan berdampak pada ketersediaan air bersih. Lalu ketika terjadi banjir, sumber air akan terkontaminasi dengan limbah. Perubahan iklim yang ekstrim merupakan efek dari karbon emisi [4]. Hal tersebut terjadi karena jumlah karbon yang dilepaskan ke atmosfer lebih banyak daripada yang diserap oleh bumi. Salah satu penghasil karbon emisi terbesar berasal dari pembangkit listrik tenaga fosil. Pembangkit listrik tenaga fosil menghasilkan emisi CO₂ sebesar 820g/KwH [5]. Untuk mengurangi emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer, diperlukan sumber energi terbarukan, seperti energi matahari.

II. KAJIAN TEORI

A. PLTS *Off-Grid*

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan cahaya matahari dan dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip *photovoltaic* [6]. PLTS dibagi menjadi 2, yaitu PLTS *Off-Grid* dan PLTS *On-Grid*. PLTS *Off-Grid* adalah sistem PLTS yang tidak memerlukan bantuan sumber energi lain. Sedangkan PLTS *On-Grid* adalah sistem PLTS yang memerlukan bantuan sumber energi lain seperti sumber listrik dari PLN [7].

B. Kualitas Air untuk Higiene Sanitasi

Kualitas air menyatakan kondisi kelayakan air yang dibutuhkan untuk pemakaian tertentu. Parameter kualitas air berbeda-beda tergantung jenis pemakaiannya seperti, air untuk pemandian umum, air untuk minum, air untuk higene dan sanitasi, dll. Berdasarkan Permenkes No.2 tahun 2023, berikut parameter kualitas air untuk higiene sanitasi [8].

1. Parameter fisik

Tabel 2.1. 1 Standar Parameter Fisik untuk Higiene Sanitas Permenkes No.2 tahun 2023 [8]

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	<3
2.	Warna	TCU	10
3.	Zat padat terlarut	mg/l	<300
4.	Suhu	oC	suhu udara ± 3
5.	Bau	-	tidak berbau

2. Parameter Mikrobiologi

Tabel 2.1. 2 Standar Parameter Mikrobiologi untuk Higiene Sanitas Permenkes No.2 tahun 2023 [8]

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	0
2.	E. coli	CFU/100ml	0

3. Parameter Kimia

Tabel 2.1. 3 Standar Parameter Mikrobiologi untuk Higiene Sanitas Permenkes No.2 tahun 2023 [8]

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	pH	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Nitrat, sebagai NO3	mg/l	20
3.	Nitrat, sebagai NO2	mg/l	3
4.	Kromium valensi 6	mg/l	0,01
5.	Besi (Fe)	mg/l	0,2
6.	Mangan (Mn)	mg/l	0,1

III. METODE

Dalam mengimplementasikan solusi yang sudah dipilih dalam CD-3 ke dalam wujud rill, perlu dilakukan pengukuran untuk menentukan kapasitas panel surya, dan baterai yang digunakan. Setelah itu dilanjutkan dengan membuat prototype alat dan melakukan analisis. Dalam menentukan kapasitas panel surya, dan baterai, perlu dilakukan percobaan pada pompa air yang akan digunakan.

A. Energi yang Dibutuhkan Pompa

Percobaan dilakukan dengan, menyalakan pompa DC pada sistem. bersamaan dengan stopwatch. Pompa akan memompa air dalam wadah *input* menuju wadah *output* melalui pipa dan filter. Setelah 22,89 liter, lihat waktu yang diperlukan oleh pompa untuk memindahkan air dari wadah air kotor menuju wadah air kotor dengan volume 22,89 liter. Proses ini dilakukan sebanyak 5 kali untuk mendapatkan nilai *Q* (debit air) yang lebih akurat.

$$Q = \frac{V}{t} [1] \quad (1)$$

Tabel 3.2. 1 Percobaan Debit Air dengan Pompa DC 19W 12V

No	Volume (l)	Waktu (s)	Flow (l/s)
1	22,89	149	0,15362416
2	22,89	149	0,15362416
3	22,89	150	0,1526
4	22,89	150	0,1526
5	22,89	150	0,1526
Rata - rata	22,89	149,6	0,15300966

Setelah dilakukan percobaan, didapatkan hasil pompa tersebut mampu mengalirkan air 22,89l selama 149,6 detik. Untuk memompa air sebanyak 240L, diperlukan waktu

selama 29,92menit dengan arus dan tegangan pompa terukur sebesar 2A dan 12V. Sehingga didapatkan daya pompa terukur sebesar 24W.

B. Metode Pengujian Sistem

Sistem akan dijalankan dengan metode menyalakan pompa setelah pengisian baterai. Saat sistem dijalankan baterai dalam kondisi kosong. Pada sistem ini terdapat tiga tahap pengisian dan penggunaan baterai dalam satu hari.



Gambar 3. 1 Alur Kerja Sistem

Pengisian baterai dimulai dari pukul 08.00-11.00. Setelah pukul 11.00 pompa akan dinyalakan hingga mati. Setelah pompa mati, aliran listrik ke pompa akan diputus yang membuat panel surya kembali berfokus untuk pengisian baterai hingga pukul 14.00. Setelah pukul 14.00 pompa akan kembali dinyalakan hingga pompa mati. Setelah pompa mati, akan dilakukan pengisian baterai tahap ketiga hingga pukul 17.00. Setelah melakukan pengisian baterai terakhir, pompa akan kembali dinyalakan hingga mati. Metode ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya jumlah air yang dihasilkan sistem.

Pengujian ke dua adalah pengujian efisiensi panel surya setiap harinya. Pengujian ini dimulai dengan menghubungkan panel surya pada sistem. Sistem dijalankan dari pukul 08.00-17.00. Pada setiap jamnya energi yang dihasilkan panel surya dapat dilihat pada Wattmeter 1 dan besar insolasi dapat dilihat menggunakan solar power meter. Sehingga dapat diketahui besar energi yang dihasilkan panel surya serta besar insolasi setiap harinya.

C. Besar Kapasitas Panel Surya Minimum

Untuk menentukan besar kapasitas panel surya yang digunakan, perlu dilakukan perhitungan terkait energi yang diperlukan oleh beban. Untuk menghasilkan air sebanyak 240L, berikut perhitungan energi yang diperlukan oleh pompa.

$$E_{daily\ pompa} = \frac{t^{240l}}{60} \times P_{pompa} [9] \quad (2)$$

Dimana t_{240l} adalah waktu yang diperlukan pompa untuk menghasilkan air 240l dan P_{pompa} adalah daya pompa terukur. Sehingga didapatkan energi yang diperlukan pompa sebesar 11,968Wh.

Setelah didapatkan energi yang diperlukan oleh pompa untuk memompa air 240l, dilanjutkan dengan mengukur kapasitas panel surya dan kapasitas baterai. Pengukuran kapasitas panel surya dilakukan dengan mengukur faktor performansi panel.

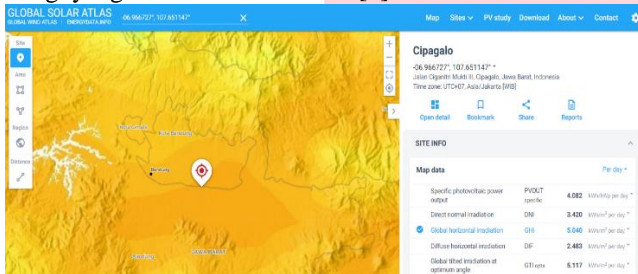
$$FP = \eta_{Baterai} \times (1 - L) \quad [9] \quad (3)$$

Dimana $\eta_{Baterai}$ adalah efisiensi baterai dan L adalah loss factor. Berdasarkan spesifikasi baterai efisiensinya sebesar 85% [9]. Sedangkan L adalah *loss factor* diasumsikan sebesar 24% yang berasal dari debu, bayangan, *wire loss*, dll [9]. Sehingga didapatkan untuk faktor performansi panel surya sebesar 0,646.

Setelah didapatkan nilai faktor performansi panel surya, dilanjutkan dengan mencari besar kapasitas panel minimum.

$$P_{pv} = \frac{E_{daily\ pompa}}{PSH \times FP} \quad [9] \quad (4)$$

Dimana $E_{daily\ pompa}$ didapatkan dari persamaan (2) dan FP didapatkan dari persamaan (3). Lalu untuk PSH (*Peak Sun Hours*) dapat didefinisikan sebagai durasi radiasi matahari konstan pada tingkat 1 kW/m² untuk menghasilkan jumlah energi yang sama dalam satu hari [9].



Gambar 3.2. 1 PSH dari Lokasi Penempatan Alat [10]

Untuk mengetahui PSH di tempat yang akan dilakukan pengujian, dapat menggunakan website Global Solar Atlas. Didapatkan PSH nya selama 5 jam [10]. Sehingga didapatkan kapasitas panel surya minimum (P_{pv}) sebesar 3,71 Wp. Dengan menggunakan metode pengujian menyalakan pompa setelah pengisian baterai, dipilihlah panel surya dengan kapasitas 20Wp.

Setelah didapatkan nilai kapasitas panel minimum, dilanjutkan dengan mencari besar produksi listrik per hari.

$$Prod\ Daily = FP \times PSH \times P_{pv} \quad [9] \quad (5)$$

Dimana FP didapatkan dari persamaan (3), PSH dari website *global solar atlas*, dan P_{pv} dari persamaan (4). Sehingga didapatkan produksi energi listrik per hari dari panel surya yang digunakan sebesar 161,5Wh.

D. Besar Kapasitas Baterai Minimum

Setelah didapatkan produksi listrik per hari, dilanjutkan dengan mencari kapasitas baterai minimum.

$$CB = \frac{E_{daily\ pompa} \times AD}{DoD} \quad [9] \quad (6)$$

Dimana $E_{daily\ pompa}$ didapatkan dari persamaan (2). Lalu untuk AD adalah *autonomous days* asumsi selama 2 hari, dan DoD adalah *depth of discharge* asumsi sebesar 80% [9]. Sehingga didapatkan kapasitas baterai yang diperlukan minimal sebesar 29,92 Wh. Untuk kapasitas baterai yang kami gunakan berukuran 12V 7Ah, dengan tipe baterai VRLA.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian pada sistem untuk mengetahui jumlah air yang dihasilkan didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Data Jumlah Air yang Dihasilkan

Tanggal	Pukul		Wh Total saat pompa mati	Wh Total yang digunakan pompa	Wh Pompa	Lama Pompa Me nyala (s)	Jumlah Air yang diha silkan (l)
	awal	akhir					
15/08/2024	11.00.00	12.05.58	39,5	39,5	23,9	3958	605,61
	14.00.00	14.27.00	55,3	15,8	11,5	1620	247,88
	17.00.00	17.03.43	59,0	3,7	1,3	223	34,12
16/08/2024	11.00.00	11.36.24	23,8	23,8	13,4	2184	334,17
	14.00.00	14.21.17	36,3	12,5	7,4	1260	192,79
	17.00.00	17.14.39	44,7	8,4	4,9	879	134,50
17/08/2024	11.00.00	12.38.45	44,7	44,7	36,2	5925	906,58
	14.00.00	14.37.38	66,1	21,4	13,4	2258	345,50
	17.00.00	17.10.33	72,9	6,8	3,5	633	96,86

Berdasarkan tabel di atas rata-rata jumlah air yang dihasilkan dalam satu harinya adalah 966,87l. Pengambilan data dilakukan dengan metode menyalakan pompa setelah pengisian baterai.

Setelah itu dilakukan pengujian efisiensi panel surya. Untuk menghitung efisiensi panel surya diperlukannya data energi total yang dihasilkan panel surya dan besar insolasi matahari. Berikut data yang didapatkan dari pengujian.

Tabel 4. 2 Data Pengujian Panel Surya untuk Menghitung Efisiensi

Tanggal	Pukul		W/m ²		Wh Total	Wh akumulasi tiap jam
	awal	akhir	awal	akhir		
15/08/2024	08.00.00	09.00.00	448,3	830,8	6,9	6,9
	09.00.00	10.00.00	830,8	874,5	15,6	8,7
	10.00.00	11.00.00	874,5	935,9	21,9	6,3
	11.00.00	12.00.00	935,9	948,9	38,4	16,5
	12.00.00	13.00.00	948,9	837	48,5	10,1
	13.00.00	14.00.00	837	630,7	53,9	5,4
	14.00.00	15.00.00	630,7	101,3	58,8	4,9
	15.00.00	16.00.00	101,3	55,9	59	0,2
	16.00.00	17.00.00	55,9	10,7	59	0
16/08/2024	08.00.00	09.00.00	330,2	672,3	7	7
	09.00.00	10.00.00	672,3	717,5	11,4	4,4
	10.00.00	11.00.00	717,5	934,2	15,8	4,4

	11.00.0 0	12.00.0 0	934,2	381	26,5	10,7
	12.00.0 0	13.00.0 0	381	436,4	31,5	5
	13.00.0 0	14.00.0 0	436,4	428,4	34,7	3,2
	14.00.0 0	15.00.0 0	428,4	239,1	39,3	4,6
	15.00.0 0	16.00.0 0	239,1	239,4	43,5	4,2
	16.00.0 0	17.00.0 0	239,4	61,4	44,7	1,2
17/08/2024	08.00.0 0	09.00.0 0	406,3	631,3	12,1	12,1
	09.00.0 0	10.00.0 0	631,3	986,8	19,2	7,1
	10.00.0 0	11.00.0 0	986,8	984,4	21,1	1,9
	11.00.0 0	12.00.0 0	984,4	1010,6	38,9	17,8
	12.00.0 0	13.00.0 0	1010,6	834,8	53,2	14,3
	13.00.0 0	14.00.0 0	834,8	744,2	58,5	5,3
	14.00.0 0	15.00.0 0	744,2	552,1	70	11,5
	15.00.0 0	16.00.0 0	552,1	115	72,9	2,9
16.00.0 0	17.00.0 0	115	34,8	72,9	0	

Setelah mendapatkan data pada tabel di atas maka efisiensi panel surya dapat dihitung. Efisiensi panel surya dihitung dengan.

$$\eta_{\text{Panel surya}} = \frac{\text{Wh Total}}{\text{Insolasi PV}}$$

Wh total pada persamaan di atas didapatkan dengan menjumlahkan total energi yang dihasilkan panel surya selama satu hari. Insolasi PV pada persamaan di atas didapatkan dengan

$$\text{Insolasi PV} = \text{Luas PV} \times \text{Insolasi}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk mendapatkan efisiensi panel surya, didapatkan nilai efisiensi panel surya dalam satu harinya sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Data Hasil Efisiensi Panel Surya Setiap Harinya

Efisiensi Panel 20WP					
Tanggal	Luas PV20Wp (m ²)	Wh Total	Insolasi (Wh/m ²)	Insolasi PV (Wh)	Efisiensi
15/08/2024	0,189	59	5674	1072,386	6%
16/08/2024	0,189	44,7	4439,9	839,1411	5%
17/08/2024	0,189	72,9	6300,3	1190,7567	6%

Berdasarkan tabel di atas didapatkan besar efisiensi panel surya setiap harinya berada di antara 5-6%.

V. KESIMPULAN

Dari percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa, dengan menggunakan metode menyalakan pompa setelah pengisian baterai, panel surya 20Wp mampu untuk memenuhi energi yang dibutuhkan sistem. Dengan metode ini sistem mampu menghasilkan air dengan rata-rata 966,87l per hari nya. Pada sistem ini, panel surya 20Wp memiliki efisiensi sebesar 5-6% setiap harinya.

REFERENSI

- [1] A. Amyati, "Kualitas Fisik dan Kimia Air Bersih di Pasar Beringharjo Yogyakarta," *J. Ilmu Kesehat. Masy.*, vol. 11, no. 03, pp. 270–278, May 2022, doi: 10.33221/jikm.v11i03.1227.
- [2] L. Lin, H. Yang, and X. Xu, "Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review," Jun. 30, 2022, *Frontiers Media S.A.* doi: 10.3389/fenvs.2022.880246.
- [3] P. Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, U. Sunan Ampel Surabaya Jl Ahmad Yani, J. Timur, R. Indah Lestari, R. Ramadhani, and A. Toni Roby Candra Yudha, "Air dan Dampak Kelangkaannya Bagi Perekonomian Masyarakat Urban: Studi Pustaka Pulau Jawa," *OECOMICUS J. Econ.*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [4] "Emisi Karbon: Penyebab, Dampak dan Cara Mengurangi," *lindungihutan*. Accessed: Nov. 03, 2023. [Online].
- [5] B. Sidika, "Listrik Akan Mendominasi Bentuk Energi Masa Depan Dunia," *Kompas*. Accessed: Nov. 03, 2023. [Online].
- [6] J. E. Elektro, H. B. Nurjaman, and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga." [Online]
- [7] N. Nugroho, K. H. Khwee, and Yandri, "Studi Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off Grid Dan On Grid (Studi kasus :PT Arif Borneo Azzara)," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [8] "Permenkes Nomor 2 Tahun 2023." [Online]. Available: www.peraturan.go.id
- [9] T. A. Ajiwiguna and A. Qurthobi, "Techno-economic analysis of stand-alone PV system: A case study of public street lighting for remote area in Indonesia," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Mar. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/700/1/012013.
- [10] ENERGYDATA.INFO, "Global Solar Atlas."