

Desain Prototipe Filter Air Berbasis Tenaga Surya

Solar-Based Water Filter Prototype Design

Syahrul Sariman^{1*}, Ahmad Swandi², Ratnawati³, Muh. Fikruddin Buraerah⁴, Tismi Divalaya²

Email: syahrul.sariman@universitasbosowa.ac.id

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa

²Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sastra Universitas Bosowa

³Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Bosowa

⁴Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Bosowa

Diterima: 10 Mei 2023 / Disetujui: 30 Agustus 2023

ABSTRAK

Keterbatasan air bersih yang layak digunakan oleh masyarakat masih menjadi masalah di beberapa tempat khususnya di daerah terpencil yang belum memiliki akses air dari PDAM dan menggunakan air baku dari sumur dan sungai. Tidak semua air dari mata air dapat langsung digunakan, perlu adanya proses penjernihan terlebih dahulu sebelum air tersebut disimpan didalam penampungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain prototipe penjernihan air baku menggunakan sistem filterasi berbasis tenaga surya. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan jenis pendekatan R&D. Dari hasil pengujian, prototipe ini mampu menjernihkan air dengan debit 1.368 liter/per jam. adapun data parameter air berupa suhu, TDS dan pH sebelum melalui proses filtrasi adalah masing-masing 28,3 °C, 263 ppm, 8,98. Dan setelah melalui filtrasi adalah masing-masing 27,0 °C, 109 ppm, 8,30. Sedangkan secara visual dan penciuman terjadi perubahan warna dan bau air setelah dan sebelum melewati sistem filterisasi. Tentu saja perlu pengukuran di laboratorium untuk memastikan kembali kandungan mineral atau zat-zat lainnya didalam air. Selain itu, dengan menggunakan panel surya 50 Wp, aki 12 volt 18 Ah dan pompa DC 50 watt, sistem ini dapat bekerja selama 2,8 jam dibawah sinar matahari. Tegangan, arus, daya listrik dan Efisiensi panel surya yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas cahaya matahari, jika intensitas matahari tinggi maka efisiensi yang dihasilkan tinggi begitu juga sebaliknya

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Filter Air, Sel Surya

ABSTRACT

Limited clean water that is suitable for use by the community is still a problem in several places, especially in remote areas that do not have access to water from the PDAM and use raw water from wells and rivers. Not all water from springs can be used directly, there needs to be a purification process before the water is stored in the reservoir. This study aims to design a raw water purification prototype using a solar-powered filtration system. The research used an experimental method with a type of R&D approach. From the test results, this prototype is capable of purifying water with a debit of 1,368 liters/per hour. the water parameter data in the form of temperature, TDS and pH before going through the filtration process were respectively 28.3 °C, 263 ppm, 8.98. And after going through filtration are respectively 27.0 °C, 109 ppm, 8.30. Meanwhile, visually and smelling, there is a change in the color and smell of the water after and before it passes through the filtering system. Of course it needs measurements in the laboratory to reconfirm the content of minerals or other substances in the water. In addition, using a 50 Wp solar panel, 12 volt 18 Ah battery and a 50 watt DC pump, this system can work for 2.8 hours under the sun. Voltage, current, electric power and the efficiency of the resulting solar panels are affected by the size of the intensity of sunlight, if the intensity of the sun is high, the resulting efficiency will be high and vice versa

Keywords: Energi Terbarukan, Filter Air, Sel Surya



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

A. PENDAHULUAN

Bumi ini terdiri atas sekitar 72 persen air yang memiliki peranan sangat penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan makhluk di bumi ini (Bahri & Fikriyah, 2018). Air digunakan untuk proses metabolisme tubuh baik bagi manusia, hewan maupun makhluk hidup lainnya. Selain itu air juga digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup lainnya misalnya untuk pembangkit energi listrik, transportasi dan pengairan pertanian. Bagi manusia, penggunaan air harus memperhatikan berbagai aspek salah satunya adalah kebersihan air khususnya yang digunakan untuk konsumsi sehari-hari.

Air harus memenuhi beberapa kriteria seperti baik secara kimia, fisika, bakteriologi maupun radioaktif (Umboh, 2017; Trisnaini et al, 2018). Seperti yang telah disyaratkan melalui Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat- Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, salah satunya menyebutkan bahwa bahan-bahan ion organik harus memiliki pH antara 6,5 – 8,5 (Saleh & Haryanti, 2017; Coenraad & Karelius, 2019). Selain itu, air harus bebas dari

berbagai mineral yang berbahaya lainnya yang dapat diidentifikasi baik secara visual maupun menggunakan alat ukur. Sebagian besar masyarakat Indonesia khususnya di daerah pedesaan menggunakan air untuk keperluan sehari-hari yang bersumber dari sumber mata air berupa sumur bor dan sungai yang biasanya memiliki kualitas air rendah akibat kontaminasi dengan zat lainnya (Efendi & Syamsul, 2019). Hal ini berbeda dengan masyarakat yang berada di daerah perkotaan yang menggunakan air dari PDAM yang telah melalui berbagai proses penjernihan agar layak digunakan dan dikonsumsi.

Untuk mengatasi permasalahan air baku dari sumur dan sungai yang memiliki kualitas rendah, salah satu cara yang dapat digunakan adalah penyaringan sederhana. Penyaringan air dapat menggunakan berbagai bahan yang dapat dengan mudah ditemukan seperti pasir silika, batu zeolit, karbon aktif, dan ijuk. Namun, dalam proses filtrasi ini memerlukan energi listrik untuk menjalankan pompa air. Sedangkan, tidak semua tempat filtrasi memiliki akses listrik. Sehingga diperlukan peralatan lain yang mampu menyuplai energi listrik, salah satunya dari energi matahari. Pemanfaatan energi matahari sebagai

salah satu bentuk perwujudan energi terbarukan dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi dan panel surya sebagai penangkap sinar matahari. Penggunaan panel surya memiliki dampak besar dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Upaya ini sebagai bentuk penggunaan energi terbarukan dan pengoptimalan potensi alam (Mekar et al, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mengujicoba sebuah prototype filtrasi air menggunakan berbagai bahan sederhana dan berbasis tenaga surya sebagai sumber energi listrik.

B. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan jenis

pendekatan *Research and Development (R&D)*. Dari metode ini dengan pengembangan-pengembangan yang telah dilakukan dihasilkan sebuah produk berdasarkan dengan tujuan yang ingin dicapai dan tentunya masih bisa dikembangkan dan disempurnakan untuk penelitian selanjutnya.

Pengumpulan data air dilakukan di perumahan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang mana memiliki sumber air dari sumur bor yang berkualitas rendah. Sedangkan pengumpulan bahan dan alat serta perakitan filtrasi berbasis tenaga surya dilakukan di Laboratorium IPA Universitas Bosowa. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

Tabel 1. Alat dan Bahan dalam Pengembangan Sistem Filtrasi

Alat/Bahan	Jumlah	Manfaat
Bak air (42 L)	1	Wadah penampungan bahan filtrasi
Pipa ¾ inci	1 meter	Saluran air sebelum dan setelah filtrasi
Rangka	1 paket	Penahan komponen PLTS dan bak penampungan
Panel surya 60 Wp	1	Mengubah energi cahaya menjadi listrik DC
Aki 12 V, 18 Ah	2	Penyimpanan energi listrik
Solar Charge Controller	1	Mengatur pengisian dan pengosongan energi listrik di aki
MCB	2	Mengatur aliran listrik (tegangan dan arus)
Pompa submersibel (DC 50 watt)	1	Menaikkan air dari sumur/ sungai kedalam bak filtrasi
Pasir Silika	10 kg	efektif dalam menyaring lumpur dan bahan pengotor air lainnya
Kerikil Zeolit	5 kg	menyaring bau, menjernihkan dan menyaring logam yang terkandung dalam air
Ijuk	2 x 1 meter	Pemisah setiap bahan filtrasi
Karbon aktif	3 kg	membunuh bakteri dan mengikat kandungan logam yang terkandung dalam air

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

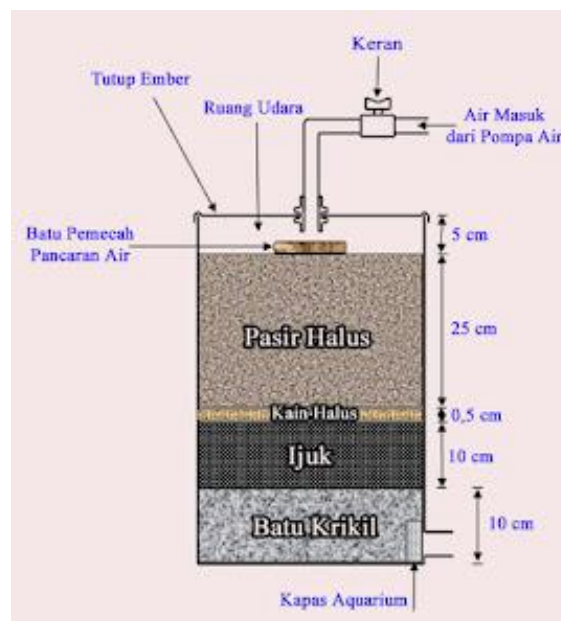
Filter air ini menggunakan bak air dengan volume 42 liter. Agar bak ini dapat berdiri tegak maka ditopang oleh rangka besi siku berukuran 45 x 45 cm dengan ketinggian 40 cm dari dasar. Dibagian bawah bak terdapat sistem komponen PLTS seperti SCC 20 A, inverter 1600 watt dan MCB sedangkan dibagian atas bak terdapat panel surya dengan kapasitas 60 wp tipe monocristaline. Berikut adalah tampilan prototipe yang telah dikembangkan.



Gambar 1. Tampilan Prototipe Sistem Filtrasi berbasis Tenaga Surya

Didalam bak air terdapat beberapa media filtrasi seperti pasir silika halus dan kasar, ijuk, karbon aktif dan kerikil zeolit.

Adapun penyusunannya seperti pada Gambar 2 (Budhiman, 2023)



Gambar 2. Penyusunan Media Filtrasi

Gambar 2 merupakan tampilan sistem filtrasi berbasis tenaga surya. Cahaya matahari yang mengenai panel surya dikonversi menjadi energi listrik kemudian disalurkan menuju SCC yang berfungsi untuk menyesuaikan tegangan dan arus listrik sebelum masuk kedalam aki. Pompa dapat dioperasikan dengan menghubungkan secara langsung pada aki. Pompa ini akan mendorong air baku masuk kedalam pipa dan keluar dibagian atas bak melalui pipa $\frac{3}{4}$ dan pipa 3 inci. Pompa yang digunakan berjenis pompa submersibel yang memiliki kelebihan yaitu mampu beroperasi selama 24 jam tanpa terjadi kenaikan suhu pada komponen pompa. Hal ini disebabkan karena seluruh bagian pompa tercelup

dalam air (Swandi et al, 2021; Swandi et al 2021). Dengan kemampuan 50 watt pompa ini mampu menaikkan air dari kedalaman 3-5 meter. Air kemudian melewati berbagai media filtrasi seperti pada gambar 3 mulai dari pasir silika halus, kain filter, karbon aktif (ijuk diganti dengan karbon aktif), batu zeolit dan keluar melalui pipa. Air inilah yang kemudian digunakan sebagai hasil dari filtrasi.

Setelah berbagai alat dan bahan selesai dirangkai, selanjutnya dilakukan terlebih dahulu pengambilan data parameter air baku berupa tingkat asam basah (pH) , suhu, dan tingkat kandungan material dalam air/*Total Dissolved Solid* TDS. Kemudian pompa dioperasikan dan selanjutnya dilakukan pengambilan data debit air, pH, suhu dan TDS. Berdasarkan hasil pengujian, debit air yang dapat difilter oleh prototype ini adalah 1.368 liter per jam. Adapun data sebelum dan setelah pengujian disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sebelum dan Setelah Filtrasi

Parameter	Sebelum Filtrasi	Setelah Filtrasi
Suhu	28,3 °C	27 °C
TDS	263 ppm	109 ppm
EC	510	186
pH	8,98	8,30

Parameter suhu air merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam penentuan kualitas air. Parameter suhu

berkaitan dengan kecepatan reaksi dan tingkat kelarutan gas, serta berkaitan dengan bau. Perubahan suhu air sangat memengaruhi perkembangbiakan bakteri dan organisme perairan (Apriyanti et al., 2016). Hasil pengamatan suhu air relatif mengalami perubahan yang tidak signifikan.

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan zat terlarut di dalam air yang mempunyai ukuran kurang dari satu nanometer. Zat tersebut dapat ditemukan pada air yang tercemar seperti limbah aktivitas industri dan air gambut (Said et al., 2019). Air yang baik untuk diminum memiliki nilai TDS 150-250 ppm. Berdasarkan tabel 3, terjadi penurunan nilai ppm yang cukup signifikan dari 263 ppm menjadi 109 ppm. Artinya sistem filtrasi ini membuat air layak untuk dikonsumsi.

pH merupakan derajat keasaman yang dibutuhkan untuk menentukan kualitas air. Hasil pengukuran pH air sebelum dan setelah filtrasi masing-masing 8,98 dan 8,30 dimana keduanya berada pada kategori air basa sangat lemah. Namun Environmental Protection Agency memberikan standar Ph air minum yang aman dikonsumsi adalah 6,5-8,5.

Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat tersuspensi dari air melalui media berpori dengan melewatkannya pada medium penyaringan yang meliputi dari padatan-padatan sehingga partikel padatan yang ada pada air dapat terpisah (Vegatama et al, 2020). Dalam pemilihan bahan penjernih air juga menentukan baik atau tidaknya hasil penjernihan air yang akan digunakan. Bahan penjernih air dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan alam dan bahan buatan. Bahan alami yang bisa digunakan untuk proses penjernihan air antara lain; kerikil, ijuk, arang/karbon aktif, pasir silika (Fairus et, 2018).

Kerikil berasal dari sebuah batu yang berukuran besar, tetapi hancur karena reaksi alam, atau biasa disebut pelapukan yang terjadi karena perubahan suhu alam yang mendadak atau lumutan. Kerikil memiliki fungsi sebagai penyaring dari kotoran-kotoran besar pada air dan membantu proses aerasi. Selain itu kerikil zeolit memiliki beberapa fungsi seperti menghilangkan kandungan mineral dan kalsium dalam air, menghilangkan bau dan memperbaiki pH air (Mashadi et al, 2018).

Ijuk merupakan serabut hitam dan keras pelindung pangkal pelepah daun enau atau aren (*arenga pinnata*). Aren

yang merupakan tumbuhan penghasil ijuk tumbuh hampir seluruh daratan di Indonesia dengan baik, terutama di ketinggian 400 – 1000 meter dpl. Kegunaan ijuk adalah bisa menjadi sapu, sikat, tali, atap, dan sebagai penyaring kotoran halus pada air. Keistimewaan ijuk yaitu tahan lama hingga ratusan bahkan ribuan tahun lebih, tahan terhadap asam dan garam laut, mencegah penembusan rayap tanah dan menyebabkan kematian yang tinggi hingga 100 %, sebagai perisai radiasi nuklir.

Pasir pada filter air yang digunakan adalah pasir silika yang merupakan bahan galian yang terdiri dari kristal-kristal silika (SiO_2). Pasir silika mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan (Eddy et al, 2015). Pada umumnya, senyawa pengotor tersebut terdiri atas oksida magnesium, lempung, dan zat organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan serta tumbuhan. Secara umum, pasir silika di Indonesia, mempunyai komposisi sebagai berikut (Fairus et, 2018) $\text{SiO}_2 = 55,3-99,87 \%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,01-9,14 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,01-18 \%$, $\text{TiO}_2 = 0,01-0,49 \%$, $\text{CaO} = 0,01-3,24 \%$, $\text{MgO} = 0,01-0,26 \%$, $\text{K}_2\text{O} = 0,01-17 \%$. Kandungan dalam pasir ini didominasi oleh mineral kuarsa yang mengandung mineral silika (SiO_2), maka pasir tersebut

dinamakan pasir silika. Pasir silika memiliki kekerasan 7 skala Mohs dengan berat jenis 2,65 serta titik lebur 1715°C, bentuk kristal hexagonal, konduktivitas panas 12-100°C. Pasir silika sangat efektif dalam menyaring lumpur dan bahan pengotor lainnya (Mugiyantoro et al, 2017).

Karbon aktif/arang merupakan jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air. Proses pembentukan yang terjadi pada arang atau karbon aktif mengakibatkan karbon aktif tersebut memiliki daya serap atau absorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Karbon aktif sering digunakan sebagai penyerap dan penjernih air. Karbon aktif atau arang aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan maupun gas (Nisa, 2010). Dalam proses filter air, arang atau karbon aktif akan menyaring bau, menjernihkan dan menyaring logam yang terkandung dalam air. Adapun fungsi lain dari arang atau karbon aktif adalah menyerap klorin, menciptakan rasa segar pada air, menyerap garam, mineral, dan senyawa organik (Nisa, 2010; Khuzaimah, 2020).

Panel surya (photovoltaic atau fotovoltaiik) adalah sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Panel surya pada dasarnya terdiri atas sambungan p-n yang sama fungsinya dengan sebuah diode. Ketika sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi yang dibawa oleh sinar matahari ini akan diserap oleh elektron pada sambungan p-n dan digunakan untuk berpindah dari bagian dioda p ke n. akibatnya terjadi beda potensial dan menimbulkan arus listrik. Arus listrik kemudian mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke panel (Siregar, Wardana & Luqman, 2017).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa besar tegangan dan arus puncak yang dihasilkan panel surya masing-masing 17,2 volt dan 1,8 A (30,96 watt). Dengan kapasitas ini membuat pompa submersibel dapat bekerja kurang lebih 2,8 jam pada siang hari dengan catatan baterai terisi penuh sebelum pompa beroperasi. Dengan kata lain, secara teori durasi pengoperasian pompa dengan bantuan baterai 18 AH dan daya dari panel surya adalah 3,4 jam. Namun, berbagai faktor dapat berpengaruh seperti kualitas baterai, posisi panel surya, jenis komponen, dan

juga intensitas cahaya matahari (Hhuwaidah, 2020). Oleh karena itu, agar mampu digunakan dalam durasi yang lebih lama, kapasitas panel surya dan baterai perlu ditingkatkan.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa prototipe ini mampu memfilter air dengan debit 1.368 liter/perjam. Terjadi perubahan parameter air berupa suhu, TDS dan pH sebelum dan setelah proses filtrasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem filtrasi mampu membuat air baku lebih layak untuk dikonsumsi. Tegangan, arus, daya listrik dan Efisiensi panel surya yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas cahaya matahari, jika intensitas matahari tinggi maka efisiensi yang dihasilkan tinggi begitu juga sebaliknya. Sehingga untuk mengoperasikan sistem lebih lama maka perlu dilakukan penambahan kapasitas panel surya dan baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., & Fikriyah, K. (2018). Prototype Monitoring Penggunaan dan Kualitas Air Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi. *eLEKTUM*, 15(2).
- Budhiman, I. (2023). Cara Membuat Filter Air Sumur Dengan Mudah Dan Sederhana, Hasilnya Jernih.
- Coenraad, R., & Karelius, K. (2019). Perancangan Filter Penjernih Air Sungai Kahayan Berbasis Pasir Silika Dan Lempung Alam Asal Kalimantan Tengah: Design of Kahayan River Water Treatment Filter Based Silica Sand and Natural Clay of Central Kalimantan. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(2), 70-76.
- Eddy, D. R., Puri, F. N., & Noviyanti, A. R. (2015). Synthesis and photocatalytic activity of silica-based sand quartz as the supporting TiO₂ photocatalyst. *Procedia Chemistry*, 17, 55-58.
- Efendy, I., & Syamsul, D. (2019). Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Jurnal Biology Education*, 7(2).
- Fairus, S. et al. (2018) 'Proses pembuatan waterglass dari pasir silika dengan pelebur natrium hidroksida', *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(2), p. 56. doi: 10.5614/jtki.2009.8.2.4.
- Huwaida, N. (2020). Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Hydroponic Drip System. *ELECTRICES*, 2(2), 49-56.
- Khuzaimah, S. (2020). Pemanfaatan Minyak Jelantah dan Ekstrak Kulit Citrus reticulata sebagai Bahan Pembuatan Sabun. *JTI-UNUGHA (Jurnal Teknologi Industri-UNUGHA)*, 2(2).
- Mekar, R. et al. (2019) 'Sosialisasi dan Instalasi Panel Surya Sebagai Energi Terbarukan Menuju Kesadaran Lingkungan Indonesia Bebas Emisi', 2(1), pp. 16-24.
- Mugiyantoro, A. et al. (2017) 'Penggunaan Bahan Alam Zeolit, Pasir Silika, Dan Arang Aktif Dengan Kombinasi Teknik Shower Dalam Filterisasi Fe, Mn, Dan Mg Pada Air Tanah di UPN "Veteran" Yogyakarta', *Seminar Nasional Kebumihan ke-10*, (492), pp. 1127-1137.
- Nisa, S. K., Lustiyati, E. D., & Fitriani, A. (2021). Sanitasi Penyediaan Air Bersih dengan Kejadian Stunting pada Balita. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 2(1), 17-25.
- Saleh, M. dan Haryanti, M. (2017) 'Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN :2086 - 9479', *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 8(2), pp. 87-94.

- Siregar, R. R. A., Wardana, N. dan Luqman (2017) 'Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno', JETri Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 14(2), pp. 81–100.
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., Viridi, S., & Sutjahja, I. M. (2021). Trial of DC submersible pump 12 Volt 50 Watt with solar power and relationship between water discharge and storage height. JPSE (Journal of Physical Science and Engineering), 6(2), 61-67.
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., & Viridi, S. (2021). Menganalisis Hubungan Debit Pompa Listrik Submersible DC 12 Volt Terhadap Ketinggian Penampungan Air Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek. Jurnal Pendidikan Fisika, 9(2).
- Trisnaini, I., Sunarsih, E., & Septiawati, D. (2018). Analisis faktor risiko kualitas bakteriologis air minum isi ulang Di Kabupaten Ogan Ilir. Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat, 9(1), 28-40.
- Umboh, A., & Umboh, V. (2017). Perbandingan Jenis Konsumsi Air Minum Dengan Kristaluria Pada Anak. Jkk (Jurnal Kedokteran Klinik), 1(2), 001-012.
- Vegatama, M. R., Willard, K., Saputra, R. H., Sahara, A., & Ramadhan, M. A. (2020). Rancang Bangun Filter Air dengan Filtrasi Sederhana Menggunakan Energi Listrik Tenaga Surya. PETROGAS: Journal of Energy and Technology, 2(2), 1-10.