

EFISIENSI SISTEM IOT DALAM DAUR ULANG AIR LIMBAH WUDHU

Andesta Granitio Irwan^{1,*}, Yudistira Bagus Pratama², Evan Dwi Okta¹

¹Program Studi Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung

Jln KH Ahmad Dahlan, Kec. Rangkui Kepulauan Bangka Belitung

²Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung

Jln KH Ahmad Dahlan, Kec. Rangkui Kepulauan Bangka Belitung

*Corresponding authors: andesta.granitio@unmuhbabel.ac.id

Abstract: *Water is one of the important elements in supporting human life, so that optimal use of water can have a big impact on life. The problem of saving water, especially during ablution, is often uncontrollable, resulting in water-wasting behavior. In addition, the acidic pH conditions in some of the water samples used are feared to have a long-term adverse impact on individual users. This research provides a solution in saving water with an ablution wastewater recycling system for reuse with the use of Internet of Things (IoT)-based monitoring that can record the debit of water usage using a flowmeter and is connected to a smartphone. The recycling concept utilizes IoT connected in the ablution water prototype with filtration using the principle of gradual filtration with gravel, coarse sand, fine sand, and activated carbon to bind metals to improve water quality. In the simulation, a prototype is used that is designed as a water recycling system that can be monitored with the addition of a filtration system to filter waste and improve water quality, namely Total Dissolved Solids (TDS), Dissolved Oxygen (DO), and pH. The results showed that in total 52 samples, the average water usage was 2.45 liter/person and 42.31% were in the wasteful category. Comparison of water quality before and after filtering has a significant increase, with TDS values reaching 118%, DO 41%, and pH 42.31%. This increase shows better water quality after filtering so that it can be reused, and the recycling results of the system used have an efficiency of 44% based on the comparison of monitoring volume and actual volume of water.*

Keywords: recycling, water wastage, water quality, filter, pH

Abstrak: Air merupakan salah satu unsur penting dalam menunjang kehidupan manusia sehingga penggunaan air yang optimal dapat memberikan dampak yang besar pada kehidupan. Masalah penghematan air khususnya ketika berwudhu seringkali tidak terkendali sehingga memberikan perilaku pemborosan air. Selain itu, kondisi pH asam dalam beberapa sampel air yang digunakan di khawatirkan dapat memberikan dampak buruk dalam waktu yang panjang bagi individu pengguna. Penelitian ini memberikan solusi dalam penghematan air dengan sistem daur ulang air limbah wudhu untuk digunakan kembali dengan pemanfaatan pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mencatat debit penggunaan air menggunakan *flowmeter* serta terhubung ke *smartphone*. Konsep daur ulang memanfaatkan IoT yang disambungkan dalam protoripe air wudhu dengan filtrasi dengan prinsip penyaringan bertahap menggunakan batu kerikil, pasir kasar, pasir halus, serta karbon aktif untuk mengikat logam sehingga meningkatkan kualitas air. Dalam simulasi digunakan prototipe yang dirancang sebagai sistem daur ulang air yang dapat dipantau penggunaannya dengan tambahan sistem filtrasi untuk menyaring limbah serta meningkatkan kualitas air yaitu *Total Dissolved Solids* (TDS), *Dissolved Oxygen* (DO), dan pH. Hasil penelitian menunjukkan sebanyak total 52 sampel, penggunaan air rata-rata sebesar 2,45 liter/orang dan sebanyak 42,31% termasuk kategori boros. Perbandingan kualitas air sebelum dan sesudah mengalami penyaringan memiliki kenaikan yang cukup signifikan dengan nilai TDS mencapai 118%, DO 41% dan pH 42,31%. Peningkatan ini menunjukkan kualitas air yang lebih baik setelah dilakukan penyaringan sehingga dapat digunakan kembali serta hasil daur ulang pada sistem yang digunakan memiliki efisiensi sebesar 44% berdasarkan perbandingan volume pemantauan dan volume aktual air.

Kata kunci : daur ulang, pemborosan air, kualitas air, filter, pH

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan manusia, hal ini dikarenakan sebagian besar aktivitas manusia akan selalu menggunakan air untuk menunjang kehidupannya seperti memasak, mandi, minum dan tentu saja beribadah bagi umat muslim. Dalam beribadah, umat muslim menggunakan air untuk berwudhu yang bertujuan untuk menyucikan diri sebelum melaksanakan ibadah. Praktik wudhu biasanya menimbulkan pemborosan air karena sistem mengalir yang digunakan.

Masalah penghematan air dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam beribadah belum sepenuhnya disadari oleh sebagian besar masyarakat sehingga perlu adanya solusi dari permasalahan tersebut. Selain pemborosan air, masalah lain yang harus diperhatikan dalam penelitian air wudhu ini adalah kualitas air wudhu yang digunakan. Di Kepulauan Bangka Belitung, sebagian sumber air baku berasal dari cekungan akibat penambangan timah 'Kulong' (Maini & Susanti, 2021) dan juga dengan menggunakan sumur bor. Jika ditelaah lebih dalam, sumber air masyarakat untuk kehidupan sehari-hari baik yang berasal dari air tanah (sumur bor) maupun pemanfaatan air bekas tambang memiliki permasalahan mendasar yang harus diperhatikan, yaitu kondisi pH air yang cenderung asam. Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan logam berat akibat kandungan timah di bawah permukaan tanah yang berdampak nyata terhadap pencemaran tanaman, air dan tanah (Kurnia & Rohaendi, 2022). Parameter pH air yang cenderung asam akan berdampak buruk pada kualitas air karena dapat meningkatkan jumlah pencemaran pada air (Dewangan et al., 2023).

Dalam penelitian (Cahyaningrum et al., 2020; Muhammad et al., 2021), ditemukan bahwa salah satu solusi untuk mengurangi limbah air adalah dengan mendaur ulang air wudhu bekas yang digunakan kembali untuk mencuci (air musta'mal). Syarat air daur ulang ini adalah tidak berbau, tidak berasa, dan jernih serta memiliki pH sekitar 7 (Cahyaningrum et al., 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daur ulang air wudhu efektif, seperti meningkatkan pH air. Namun, fokus penghematan air masih belum memiliki standar yang jelas, sehingga konsep penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut. Penelitian lain oleh (Suryadi & Khadari, 2021) memberikan solusi

tambahan dengan menggunakan *Internet of Things* (IoT) untuk memonitoring penggunaan air wudhu setiap kali digunakan, sehingga efisiensi penggunaan air dapat lebih ditingkatkan.

Selain itu, kualitas air merupakan parameter yang juga harus diperhatikan mengingat air bekas wudhu digunakan oleh orang lain dengan tingkat kebersihan yang berbeda sebelum digunakan. Penggunaan filtrasi air dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kualitas air karena dapat mengurangi kandungan pasir, lumpur, kekeruhan, kerak, dan partikel tersuspensi lainnya (Abdiyev et al., 2023). Penggunaan filtrasi dalam meningkatkan kualitas air dibahas pada penelitian (Westholm et al., 2014) dimana banyak material yang dapat digunakan sebagai penyaring air terutama air yang memiliki kandungan logam, salah satunya adalah penggunaan karbon aktif. Karbon aktif merupakan material karbon yang dapat menyerap (adsorben) untuk menghilangkan kontaminasi pada air salah satunya yaitu logam berat (Alves et al., 2021; Chan et al., 2021; Mulhern & Gibson, 2020) sehingga dapat meningkatkan kualitas air (Po et al., 2023).

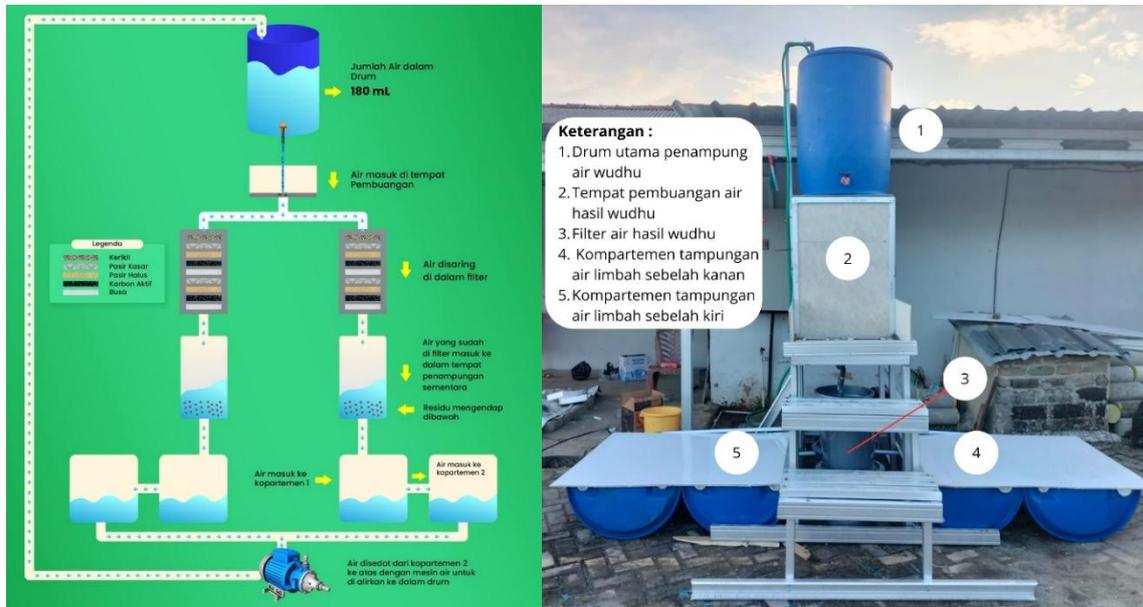
Pada penelitian ini dikembangkan beberapa aspek parameter daur ulang air wudhu yang lebih komprehensif dengan menggabungkan daur ulang air dengan penggunaan IoT berbasis NodeMCU sebagai mikrokontroler yang tersambung dengan jaringan Wifi (Pangestu et al., 2019) untuk memonitoring kualitas penggunaan air untuk melihat potensi pemborosan dari setiap konsumen pengguna air serta memonitoring kualitas air daur ulang dengan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang memiliki beberapa parameter yaitu *Total Dissolved Solids* (TDS), pH, dan *Dissolved Oxygen* (DO) pada air yang telah diadopsi pada beberapa penelitian (Hashim dkk., 2019; Liu dkk., 2021; Wang dkk., 2024; Rizvi Nida et al., 2016). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang komprehensif dalam sistem daur ulang air dengan studi kasus pemanfaatan limbah air wudhu.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, tahapan sistematis dilakukan untuk mencapai hasil optimal melalui penelitian eksperimental. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi karakteristik air wudhu

berdasarkan nilai pH di beberapa masjid di Kota Pangkalpinang, Kepulauan Bangka Belitung, untuk memetakan kondisi air yang mungkin memiliki pH asam akibat kadar logam. Selanjutnya, penelitian berlanjut dengan merancang prototipe sistem filtrasi daur ulang air wudhu menggunakan material pasir, kerikil,

kapas, dan karbon aktif. Prototipe ini digunakan untuk eksperimen daur ulang air wudhu dan dilengkapi dengan sistem IoT untuk memonitor penggunaan air oleh setiap pengguna. Bagian dan skema kerja prototipe ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Prototipe daur ulang air wudhu

Skema dalam Gambar 1 adalah desain sederhana yang menganalisis pemakaian air melalui pemantauan *flowmeter* di kran keluarannya. Ke depannya, skema ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan sistem IoT yang terhubung ke platform khusus, baik aplikasi Android maupun web, untuk mencatat hasil kumulatif dalam bentuk grafik. Dengan cara ini, pemantauan menjadi lebih efektif dan dapat berfungsi sebagai kontrol sistem untuk mengurangi pemborosan air.

Sistem Filtrasi

Desain rancangan sistem penyaring air atau filtrasi pada penelitian ini terdiri dari beberapa lapisan yaitu kerikil, pasir dan karbon aktif. Spesifikasi tebal lapisan material yang digunakan dalam sistem filtrasi ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Spesifikasi filter yang digunakan

Sistem filtrasi ini menyaring kotoran, termasuk kotoran terlarut dari proses berwudhu. Dalam prosesnya, batu kerikil menyaring kotoran awal, diikuti oleh penyaringan pasir halus dan kasar. Pasir menyaring air secara menyeluruh dalam waktu yang lama untuk optimalisasi penyaringan. Penambahan karbon dalam dua lapis menyeras racun, meningkatkan kualitas air secara signifikan.

Sistem Monitoring

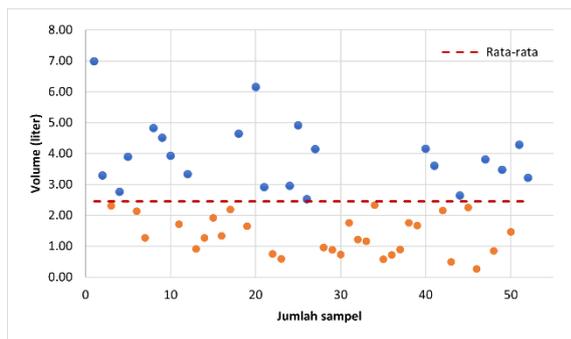
Skema sistem monitoring dalam penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.

korelasi yang kecil ditandari dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,0627 (Gambar 7). Nilai korelasi menunjukkan bahwa dalam setiap pengambilan data untuk orang yang berbeda memiliki perilaku penggunaan air yang berbeda. Secara statistik, nilai rata-rata penggunaan air untuk tiap orang memiliki nilai 2,45 sehingga nilai ini dapat dijadikan dasar nilai normal sebagai standar pemborosan. Parameter statistik pengambilan data sampel ditunjukkan oleh Tabel 1.

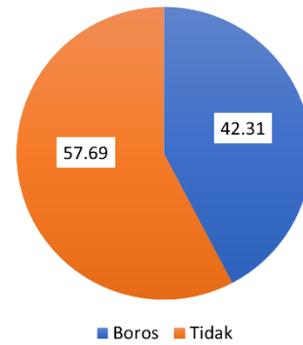
Tabel 1. Parameter statistik data pengambilan air

Parameter	Nilai
N	52
Rata-rata	2,45
Standar Deviasi	1,55
Minimum	0,27
Maksimum	6,98

Pengolahan data statistik menunjukkan bahwa penggunaan air wudhu paling rendah 0,27 liter dan paling tinggi yaitu 6,98 dengan deviasi data 1,55. Klasiterisasi data pemakaian air kemudian dilakukan untuk melihat persentase kategori pemborosan air atau tidak dengan membagi berdasarkan rata-rata penggunaan air tiap orang. Hasil klasterisasi ditunjukkan oleh Gambar 8 dan pembagian kelas dari total data oleh Gambar 9.



Gambar 8. Klaterisasi data pemakaian air



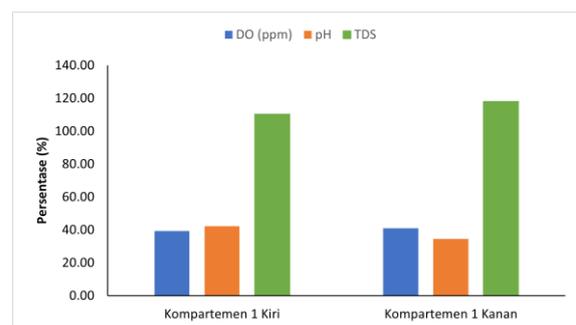
Gambar 9. Kategori pemakaian air dari total data

Klasterisasi data penggunaan air menunjukkan bahwa rata-rata 42,31% penggunaan air dikategorikan boros dan 57,69% tidak boros. Nilai persentase yang hampir seimbang terkait penggunaan air ini menjadi sangat penting untuk dilakukan pemecahan solusi seperti penggunaan daur ulang agar mereduksi perilaku pemborosan dalam penggunaan air seperti tujuan awal penelitian ini.

Prinsip daur ulang dalam penelitian ini mengedepankan pengurangan pemborosan air dengan memperhatikan kualitas air yang akan digunakan kembali. Parameter kualitas air yang diidentifikasi seperti disebutkan diawal dilakukan dalam kondisi asli (sebelum di daur ulang) dan setelah di daur ulang pada tampungan yang tersedia. Hasil kualitas air tiap parameter ditunjukkan Tabel 2 dan Gambar 10.

Tabel 2. Perbandingan kualitas air dalam penelitian

Parameter	Drum Utama	Kompartemen	
		Kanan	Kiri
DO (ppm)	12,7	17,7	17,9
pH	5,2	7,4	7,0
TDS	52,3	110	114



Gambar 10. Persentase parameter kualitas air

Data pada Tabel 2 menunjukkan adanya kenaikan nilai tiap parameter kualitas air yang diuji. Persentase perubahan tertinggi terjadi pada parameter TDS dan parameter DO serta pH memiliki persentase yang hampir sama. Parameter TDS merupakan total kandungan partikel padat terlarut dalam air yang menunjukkan perubahan warna dan rasa pada air (Rizvi Nida et al., 2016). Nilai pH yang relatif rendah pada kondisi asli diindikasikan disebabkan adanya logam terlarut (Dewangan et al., 2023), namun pH meningkat setelah proses filtrasi, hal ini diakibatkan adanya penyerapan logam oleh karbon aktif sehingga menyebabkan kualitas air meningkat.

Nilai TDS yang tinggi menunjukkan adanya zat terlarut yang tinggi juga sehingga berpotensi menimbulkan perubahan rasa dan warna serta bersifat korosif (Kothari et al., 2021). Dalam penelitian ini kenaikan yang tinggi terjadi air tampungan (kompartemen kiri dan kanan) hal ini mengartikan bahwa adanya penambahan zat terlarut pada air tampungan yang disebabkan oleh material saringan (*filter*) yang ikut terbawa oleh air. Berdasarkan *World Health Organization* (WHO) mengenai kualitas air minum, nilai TDS kurang dari 300 memiliki nilai kelas sangat baik (*excellent*) untuk kesehatan dan aman untuk diminum sehingga nilai TDS dalam penelitian ini masih dalam ambang batas aman untuk digunakan kembali.

Parameter pH memiliki persentase kenaikan hingga 42,31% (Gambar 10). Hal ini memberikan hasil positif dikarenakan peningkatan pH dari semula asam menjadi netral ($pH = 7$) berhubungan dengan adanya kandungan logam berat sehingga semakin tinggi nilai pH akan menurunkan kandungan logam berat pada air (Dewangan et al., 2023). Kondisi perubahan pH ini berkorelasi dengan nilai DO dimana (Dewangan et al., 2023) menyebutkan bahwa nilai keasaman air akan turut meningkatkan nilai DO. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan yang relatif sama antara kedua parameter sehingga kenaikan pada kedua parameter ini menunjukkan peningkatan kualitas air untuk digunakan kembali.

Efisiensi daur ulang dalam penelitian ini menggunakan prinsip perbandingan volume awal, volume *flowmeter*, dan volume aktual yang dihitung manual. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi siklus daur ulang air

V. Awal (liter)	V. <i>Flowmeter</i> (liter)	V. Aktual (liter)	Efisiensi (%)
180	134	75	44

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang cukup besar pada kondisi aktual dan hasil pemantauan (*monitoring*). Perbedaan hasil ini disebabkan karena adanya air yang tidak terhitung (air hilang) akibat banyak faktor seperti air yang tidak tertampung ketika wudhu dilakukan, air di dalam filter yang tidak dihitung dan penguapan meskipun tidak berpengaruh besar. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan selisih perhitungan sehingga efisiensi daur ulang dalam penelitian ini masih mencapai angka 44%.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa dari penelitian ini didapatkan bahwa perilaku penggunaan air wudhu tiap individu berbeda-beda dilihat dari sebaran data yang memiliki korelasi yang rendah dimana dari total 52 responden sebagai sampel menghasilkan rata-rata pemakaian air wudhu yaitu 2,45 liter/orang dan sebanyak 42,31% individu tergolong dalam kategori boros untuk pemakaian air wudhu.

Parameter kualitas air hasil daur ulang yaitu TDS mengalami kenaikan karena bertambahnya partikel yang tercampur dari hasil proses filtrasi namun masih dalam ambang batas aman. Parameter pH dan DO memiliki kenaikan yang relatif sama dimana kedua parameter ini menunjukkan bahwa air daur ulang mengalami peningkatan kualitas sehingga dapat digunakan kembali. Penelitian ini menunjukkan efisiensi penggunaan air berdasarkan perbandingan volume hasil pemantauan (*monitoring*) hingga 44%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada pengelola dana RisetMu atas bantuan dana penelitian sehingga konsep penelitian ini dapat direalisasikan dengan baik. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung atas dukungan

selama pengerjaan penelitian ini dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdiyev, K., Azat, S., Kuldeyev, E., Ybyraiymkul, D., Kabdrakhmanova, S., Berndtsson, R., Khalkhabai, B., Kabdrakhmanova, A., & Sultakhan, S. (2023). Review of Slow Sand Filtration for Raw Water Treatment with Potential Application in Less-Developed Countries. In *Water (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 11). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/w15112007>
- Alves, A. T., Lasmar, D. J., de Andrade Miranda, I. P., da Silva Chaar, J., & dos Santos Reis, J. (2021). The Potential of Activated Carbon in the Treatment of Water for Human Consumption, a Study of the State of the Art and Its Techniques Used for Its Development. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 12(06), 143–153.
<https://doi.org/10.4236/abb.2021.126010>
- Asep Kurnia, & Nendi Rohaendi. (2022). Identifikasi Logam Berat Di Lahan Pasca Tambang Timah Di Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Geominerba (Jurnal Geologi, Mineral Dan Batubara)*, 7(2), 164–177.
<https://doi.org/10.58522/ppsdm22.v7i2.106>
- Cahyaningrum, E., Yunita, R., & Rahayu, S. (2020). *RABANI (Reaktor Baru Wudhu Masa Kini) : Sistem Daur Ulang Air Wudhu yang Syar'i Berbasis Neo*.
- Chan, M. R. A. A., Kasmuri, N., Ahmad, R., Santiago, R., & Ramasamy, S. (2021). Comparison between activated carbon and sand filtration method for water quality enhancement: A case study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 646(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/646/1/012050>
- Kothari, V., Vij, S., Sharma, S. K., & Gupta, N. (2021). Correlation of various water quality parameters and water quality index of districts of Uttarakhand. *Environmental and Sustainability Indicators*, 9.
<https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100093>
- Kumar Dewangan, S., Neha Toppo, D., & Kujur, A. (2023). Investigating the Impact of pH Levels on Water Quality: An Experimental Approach. In *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)* (Vol. 11). www.ijraset.com
- Maini, M., & Susanti, J. E. (2021). Potensi Pemanfaatan Sumber Daya Air Kulong Bekas Penambangan Timah Untuk Menunjang Imbangan Air Di Kabupaten Bangka Tengah. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 8(2), 65–75.
<https://doi.org/10.33019/fropil.v8i2.1932>
- Muhammad, Septyandy, R., Sani, A. A., & Wijayanti, H. (2021). Sistem Daur Ulang Air Wudu Di Masjid Baitul Ilmi Kampus Itera.
- Mulhern, R., & Gibson, J. M. (2020). Under-sink activated carbon water filters effectively remove lead from private well water for over six months. *Water (Switzerland)*, 12(12).
<https://doi.org/10.3390/w12123584>
- Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino NodeMCU ESP8266. 4(1).
- Po, K. G. Y., Ocon, C. J. L., Dayuno, C. R. P., Cano, J. C., Guilalas, A. V. P., Lumayno, A. A., Tiu, N. D., & Jessa S. Cabaña, J. S. C. (2023). Water Quality Assessment Using Activated Carbon from Cocoshells in Lake Mainit, Philippines. *American Journal of Agricultural Science, Engineering, and Technology*, 7(2), 21–29. <https://doi.org/10.54536/ajaset.v7i2.1404>
- Rizvi Nida, Katyal Deeksha, & Joshi Varun. (2016). Seasonal And Spatial Variation In The Water Quality Y Of River Hindon At Ncr, India. In *International Journal of Current Research*. <https://www.researchgate.net/publication/303457698>
- Suryadi, U. T., & Khadari, D. A. (2021). Sistem Kontrol Dan Monitoring Penggunaan Air Wudhu Berbasis Iot Menggunakan Algoritma K-Means Pada Platform Thingspeak (Studi Kasus Pondok Pesantren Darussalam Kasomalang). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 14–21.
- Westholm, L. J., Repo, E., & Sillanpää, M. (2014). Filter materials for metal removal from mine drainage-a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(15), 9109–9128.
<https://doi.org/10.1007/s11356-014-2903-y>