

Rancang bangun pemantauan kualitas air pada *greywater system* berbasis ESP32

Evorius Alvaryo¹, Faisal Wahab^{2*}

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Kosentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Rekayasa,
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
¹evoriusalvaryo@gmail.com, ^{2*}faisal.wahab@unpar.ac.id

ABSTRAK

Air bersih sangat dibutuhkan untuk berbagai aktivitas sehari-hari, seperti mencuci piring, mandi, dan lain sebagainya. Air bersih yang telah digunakan akan menjadi air limbah, yang berpotensi mencemari lingkungan. Air limbah ini dapat berdampak negatif terhadap kehidupan di sekitarnya, seperti pencemaran air, penyebaran penyakit, dan sebagainya. Untuk mengurangi pencemaran air, dapat diterapkan sistem *greywater* yang dilengkapi dengan proses filtrasi guna meningkatkan kualitas air limbah. Namun, filtrasi yang digunakan secara terus-menerus akan mengalami penurunan kinerja karena kotoran yang menumpuk, sehingga tidak dapat berfungsi secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan untuk mengetahui kapan filtrasi perlu diganti. Salah satu indikator perlunya penggantian adalah apabila air limbah yang telah melewati proses filtrasi masih menunjukkan kualitas yang buruk. Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem pemantauan untuk memantau kualitas air limbah sebelum dan sesudah proses filtrasi. Jenis air limbah yang digunakan adalah air limbah domestik berupa air sabun bekas mencuci piring. Perancangan sistem terdiri dari beberapa tahapan: air sabun dari wastafel dialirkan ke *grease trap*, kemudian menuju unit filtrasi, dan selanjutnya ditampung di tempat penampungan air. Di dalam *grease trap* dan tempat penampungan, dipasang dua sensor untuk mengukur kualitas air. Data hasil pengukuran ditampilkan pada aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem filtrasi mampu menjernihkan air sabun serta dapat menurunkan nilai pH-nya. Selain itu, sistem akan memberikan notifikasi ketika hasil pengukuran sebelum dan sesudah filtrasi menunjukkan nilai yang sama. Seluruh data pengukuran dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi Blynk.

Kata kunci: *greywater system*, ESP32, IoT, sistem pemantauan

ABSTRACT

Clean water is essential for various daily activities, such as washing dishes, bathing, and more. Once used, clean water becomes wastewater, which has the potential to pollute the environment. This wastewater can negatively impact surrounding life, including water pollution and the spread of diseases. To reduce water pollution, a greywater system equipped with a filtration process can be implemented to improve wastewater quality. However, continuous use of filtration systems can lead to performance degradation due to the accumulation of dirt, resulting in reduced efficiency. Therefore, a monitoring system is needed to determine when the filtration media should be replaced. One indicator is when the filtered water still shows poor quality. In this study, a monitoring system was developed to observe the quality of wastewater before and after the filtration process. The wastewater used is domestic greywater, specifically soapy water from dishwashing. The system consists of several stages: the soapy water flows from the sink into a grease trap, then into the filtration unit, and finally into a water storage tank. Two sensors are installed—one in the grease trap and one in the storage tank—to measure water quality. The measurement data is displayed in the Blynk application via WiFi using an ESP32 microcontroller. The results show that the filtration system can clarify the soapy water and reduce its pH level. Moreover, the system sends a notification when the water quality before and after filtration remains unchanged. All data can be monitored in real time through the Blynk app.

Keywords: *greywater system*, ESP32, IoT, monitoring system

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih merupakan aspek krusial yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Air bersih digunakan untuk berbagai keperluan, seperti minum,

memasak, mandi, dan mencuci. Namun, masyarakat yang tinggal di daerah terpencil, khususnya yang jauh dari sumber air utama, menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan ini. Sebagian besar dari mereka mengandalkan sumur pribadi, yang sering kali menghasilkan air dengan kualitas kurang baik atau keruh dan memiliki tingkat pH yang melebihi ambang batas normal [1]. Salah satu faktor utama penyebab kurang baiknya kualitas air suatu wilayah adalah pembuangan air limbah, baik dari aktivitas rumah tangga maupun industri, yang mencemari sumber air setempat [2].

Di banyak wilayah, sistem pengolahan limbah terpadu masih belum tersedia. Air limbah seringkali dibuang secara langsung ke saluran pembuangan terbuka atau dibiarkan meresap ke dalam tanah tanpa melalui proses penyaringan atau pengolahan terlebih dahulu [3]. Praktik ini berpotensi mencemari lingkungan, menurunkan kualitas air tanah, serta membahayakan kesehatan masyarakat apabila limbah tersebut mencemari sumber air bersih [4], [5]. Dari segi lingkungan, pembuangan air limbah yang tidak terkendali dapat menimbulkan pencemaran air, menciptakan bau tidak sedap, serta merusak pemandangan alam. Selain itu, hal ini dapat menimbulkan masalah estetika yang mengurangi kualitas visual lingkungan sekitar, yang berpotensi mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan masyarakat [6]. Pada awalnya, pembuangan limbah rumah tangga mungkin tidak menimbulkan permasalahan serius karena masih dalam jumlah dan kadar yang wajar serta dibuang ke lingkungan yang relatif aman. Namun, jika dilakukan secara terus-menerus dan dalam jumlah besar, hal ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Limbah rumah tangga umumnya mengandung zat organik yang dapat menyebabkan perubahan warna, bau, dan rasa pada air di sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan limbah rumah tangga untuk menjaga kualitas air dan mencegah pencemaran lingkungan yang lebih luas [7], [8].

Salah satu solusi untuk mengurangi limbah rumah tangga adalah dengan menerapkan *greywater* sistem [9]. Sistem ini bertujuan untuk mendaur ulang air limbah rumah tangga agar dapat digunakan kembali untuk keperluan yang tidak memerlukan air dengan kualitas tinggi, seperti menyiram tanaman, membilas toilet, kegiatan kebersihan lainnya, atau bahkan dialirkan ke tanah sebagai resapan [10]. Secara umum, Pengolahan Air limbah dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu *greywater* dan *blackwater*. *Greywater* merupakan limbah cair yang berasal dari aktivitas rumah tangga non-toilet, seperti mencuci pakaian, membersihkan peralatan dapur, serta mandi. Jenis limbah ini umumnya mengandung sabun, deterjen, minyak, dan partikel organik. Sementara itu, *blackwater* merupakan limbah yang berasal dari toilet dan mengandung bahan biologis seperti urin dan tinja [11]. Karena mengandung mikroorganisme patogen, *blackwater* memerlukan penanganan dan proses pengolahan yang lebih kompleks [12]. Penelitian ini difokuskan pada penerapan *greywater system* sebagai solusi pengelolaan limbah rumah tangga yang lebih sederhana dan ramah lingkungan.

Salah satu komponen penting dalam sistem *greywater* adalah filter [13]. Filter berfungsi untuk menyaring air limbah menjadi air yang lebih bersih dengan menggunakan berbagai jenis media, seperti bebatuan atau pasir, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam proses penyaringan [14]. Namun, filter ini memiliki masa pakai terbatas dan memerlukan penggantian secara berkala agar tetap berfungsi secara optimal. Dalam praktiknya, pemantauan terhadap kondisi filter sering kali kurang diperhatikan, terutama karena lokasi filter yang sulit dijangkau atau tidak memungkinkan untuk ditinjau secara rutin. Akibatnya, kinerja filter menurun dan kualitas air hasil penyaringan tidak mengalami perubahan yang signifikan [15]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu memantau kualitas filter secara *real-time* guna memastikan efektivitas penyaringan tetap terjaga.

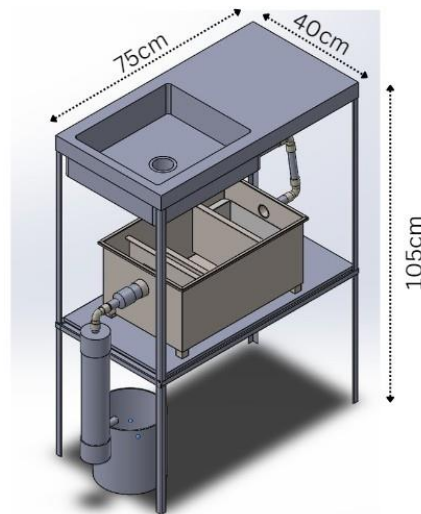
Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pemantauan kualitas air pada sistem *greywater* secara *real-time*. Pemantauan dilakukan dengan mengukur nilai pH dan tingkat kekeruhan (turbidity) sebagai indikator kualitas air. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara nirkabel dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk dengan memanfaatkan koneksi WiFi, dimana mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengendali utama. Selain itu, sistem dirancang untuk memberikan notifikasi hasil pengukuran sebelum dan sesudah proses filtrasi jika menunjukkan nilai yang sama, sebagai indikasi bahwa filter tidak berfungsi secara optimal dan memerlukan perhatian atau penggantian.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem *Greywater*

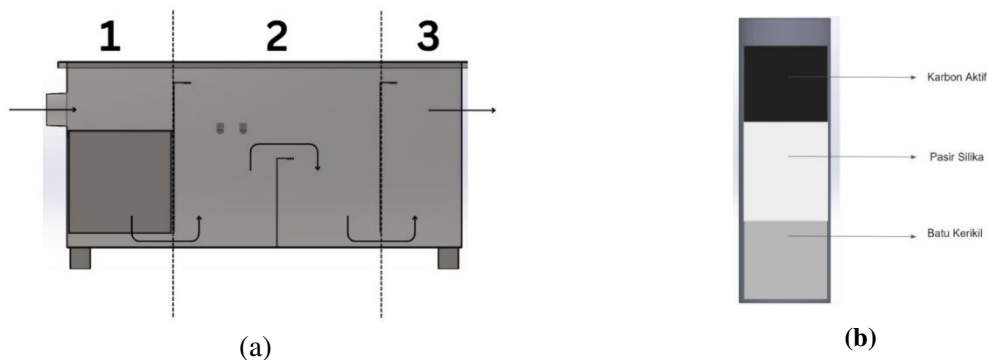
Gambar 1 menunjukkan rancangan konstruksi sistem *greywater*. Sistem *greywater* yang dirancang menggunakan beberapa tahapan, yaitu air limbah dari wastafel akan mengalir melalui *grease trap* yang

digunakan untuk memisahkan minyak dari air limbah domestik, filtrasi air yang digunakan untuk menyaring air limbah tersebut untuk memperbaiki kualitas air dan tempat penampungan air. Rancangan ini memiliki dimensi 75cmx40cmx105cm, dimana dimensi ini disesuaikan dengan komponen yang terpasang pada sistem.



Gambar 1. Rancangan sistem greywater

Pada tahap *grease trap* dibagi menjadi 3 daerah utama yang ditunjukkan pada Gambar 2 (a). Daerah pertama merupakan titik awal aliran air, yang masuk melalui saluran nomor 1. Pada bagian ini, terdapat penyaring makanan yang berfungsi untuk menyaring sisa-sisa makanan dari air limbah. Daerah kedua adalah tempat peletakan sensor *turbidity* 1 dan sensor pH 1, yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kekeruhan dan pH air secara langsung. Selain itu, pada daerah ini juga terjadi proses pemisahan minyak dari air sabun. Daerah ketiga menerima air sabun yang telah melewati proses di daerah kedua, kemudian mengalirkannya menuju unit filtrasi untuk tahap penyaringan lebih lanjut.



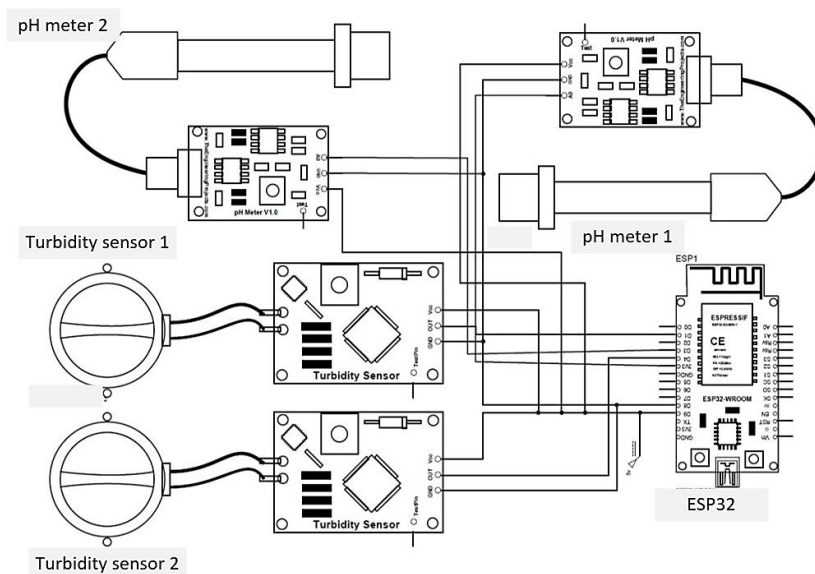
Gambar 2. Bagian-bagian pada *grease trap* dan komponen pada filtrasi air

Pada tahap filtrasi, media filter disusun secara berurutan menggunakan beberapa jenis material penyaring. Pertama, digunakan 300 gram batu kerikil zeolit untuk menyaring partikel-partikel kasar. Selanjutnya, 400 gram karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan bau yang terkandung dalam air. Terakhir, 300 gram pasir silika digunakan untuk menyaring lumpur, tanah, partikel halus, serta sedimen. Proses penyaringan ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan fungsi spesifik dari masing-masing media filter [16].

2.2 Perancangan Perangkat Elektrik

Sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah sensor pH dan sensor *turbidity*. Pemilihan kedua sensor ini didasarkan pada fungsinya yang relevan terhadap kualitas air: sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaaan cairan, sedangkan sensor *turbidity* berfungsi untuk

mengetahui tingkat kekeruhan cairan. Setiap jenis sensor digunakan sebanyak dua buah, masing-masing ditempatkan sebelum dan sesudah proses filtrasi.



Gambar 3. Gambaran skematik rangkaian elektrik

Gambar 3 menunjukkan rancangan skematik elektrik dari sistem yang dikembangkan. Perangkat yang digunakan terdiri dari dua sensor turbidity, dua sensor pH, ESP32 Devkit V1, sumber tegangan 12 V, dan modul *step-down converter*. Sensor Turbidity 1 dihubungkan ke pin analog 35 pada ESP32, sensor *turbidity* 2 ke pin 33, Sensor pH 1 ke pin 34, dan Sensor pH 2 ke pin 32. Seluruh sensor ini mengirimkan data hasil pengukuran melalui komunikasi ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk diproses oleh mikrokontroler ESP32.

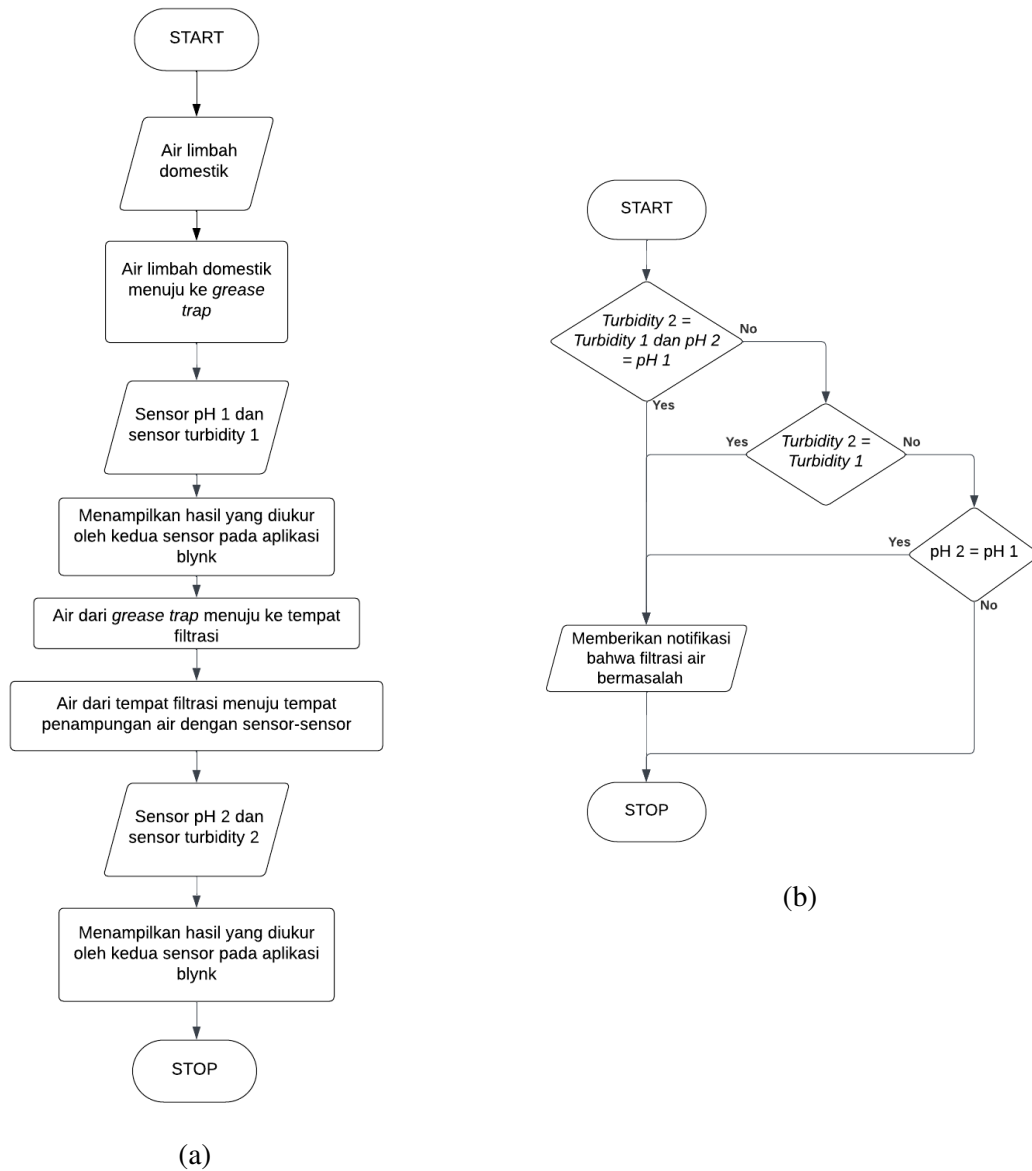
Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah ESP32, yang memiliki sejumlah keunggulan. Keunggulan utama mikrokontroler ini antara lain integrasi modul WiFi, dukungan untuk mode Bluetooth ganda, serta fitur hemat daya. ESP32 juga kompatibel dengan perangkat seluler dan aplikasi *Internet of Things* (IoT), sehingga memperluas potensi penggunaannya dalam berbagai proyek atau aplikasi. Sensor Modul pH-4502C merupakan salah satu jenis sensor kimia yang menghasilkan nilai output berupa tegangan listrik berdasarkan reaksi kimia yang terdeteksi. Nilai pH normal adalah 7. Jika nilai pH lebih besar dari 7, zat tersebut bersifat basa, sedangkan jika nilai pH lebih kecil dari 7, air tersebut bersifat asam [17]. Sensor *turbidity* Sen-0175 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi kekeruhan air dengan memanfaatkan sifat optik air. Air yang keruh mengandung partikel individu (*suspended solids*) yang menyebabkan air tidak tampak jernih. Sensor ini menggunakan cahaya untuk mendeteksi partikel terlarut di dalam air dengan mengukur transmisi cahaya dan tingkat penyebaran cahaya yang berubah seiring dengan jumlah *Total Suspended Solids* (TSS) [18]. Ketika konsentrasi TSS meningkat, tingkat kekeruhan cairan juga akan meningkat.

2.3 Diagram Alir Sistem

Urutan langkah berjalannya *greywater* system yang dirancang dapat dilihat dalam bentuk diagram alir pada Gambar 4 (a) dan Gambar 4 (b). Gambar 4 (a), Proses dimulai dengan air limbah domestik yang dialirkan menuju *grease trap*. Setelah itu, air dipantau menggunakan sensor pH 1 dan sensor turbidity 1, dan hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut ditampilkan pada aplikasi Blynk. Selanjutnya, air dari *grease trap* mengalir ke tempat filtrasi, lalu menuju tempat penampungan air yang dilengkapi dengan sensor-sensor. Di tempat ini, sensor pH 2 dan sensor turbidity 2 mengukur kualitas air, dan hasil pengukurannya juga ditampilkan pada aplikasi Blynk. Proses berakhir setelah semua data ditampilkan.

Pada Gambar 4 (b) merupakan diagram alir notifikasi. Proses dimulai dengan membandingkan apakah nilai Turbidity 2 sama dengan Turbidity 1 dan pH 2 sama dengan pH 1. Jika keduanya sama, maka proses berhenti tanpa masalah. Jika tidak, sistem akan memeriksa kembali apakah Turbidity 2

sama dengan Turbidity 1. Jika ya, maka akan dicek apakah pH 2 sama dengan pH 1. Jika kedua parameter tersebut sama, proses berhenti. Namun, jika terdapat perbedaan antara pH 2 dan pH 1 atau Turbidity 2 dan Turbidity 1, sistem akan memberikan notifikasi bahwa proses filtrasi air bermasalah sebelum proses dihentikan.



Gambar 4. Diagram alir sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kalibrasi pH

Sebelum melakukan kalibrasi sensor pH, tegangan keluaran dari modul pH disesuaikan menjadi 1,65 Volt, karena rentang tegangan yang dapat dibaca oleh ESP32 adalah 0 hingga 3,3 Volt. Penyesuaian ini dilakukan agar nilai pH netral (pH = 7) direpresentasikan oleh tegangan sebesar 1,65 Volt. Proses kalibrasi sensor pH dilakukan dengan membentuk persamaan regresi linear (1) yang diperoleh dari pencatatan pasangan data antara nilai pH aktual yang ditunjukkan oleh pH meter (yang telah dikalibrasi sebelumnya) dan tegangan keluaran dari sensor [19]. Persamaan (1) kemudian digunakan untuk mengonversi tegangan menjadi nilai pH secara akurat.

$$y = a + bX \tag{1}$$

dimana y merupakan nilai hasil regresi atau prediksi pH, a adalah konstanta intersep (titik potong garis regresi terhadap sumbu vertikal), b adalah kemiringan garis (*slope*), dan X merupakan variabel bebas berupa tegangan. Untuk menentukan nilai a dan b , digunakan persamaan sebagai berikut (2) dan (3):

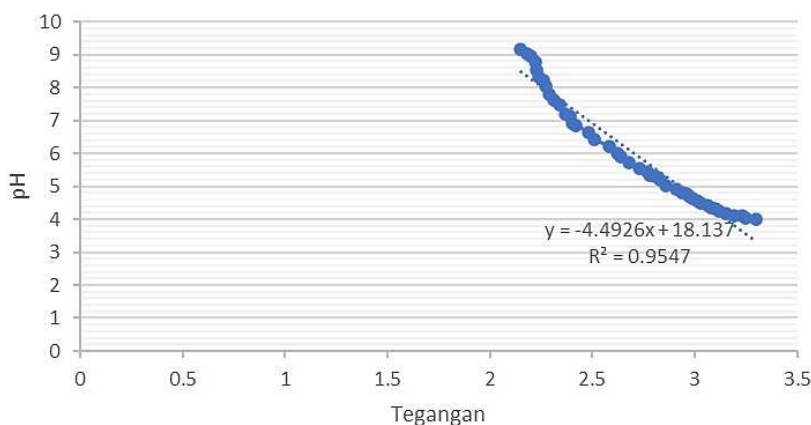
$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \tag{2}$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \tag{3}$$

Dalam hal ini, X_i adalah tegangan ke- i , Y_i adalah nilai pH ke- i . Nilai regresi linear akhir yang diperoleh dari hasil percobaan dituliskan dalam (4), yang merupakan bentuk khusus dari (1) setelah nilai a dan b diperoleh melalui perhitungan.

$$y = 18.137 - 4.4926X \tag{4}$$

Dalam proses kalibrasi sensor pH, digunakan larutan buffer standar dengan nilai pH 4.01, 6.18, dan 9.18 yang diperoleh dari serbuk larutan pH. Pengambilan data dilakukan secara bertahap, dimulai dari larutan dengan pH 4.01 hingga 9.18. Persamaan linear hasil kalibrasi sensor ditampilkan pada Gambar 5. Dalam grafik tersebut, titik-titik besar merepresentasikan data hasil pengukuran tegangan dari masing-masing larutan pH, sedangkan titik-titik kecil menunjukkan garis regresi linear yang diperoleh dari hubungan antara nilai pH dan tegangan sensor. Hubungan ini digunakan sebagai acuan untuk mengonversi tegangan yang dibaca oleh sensor menjadi nilai pH yang akurat.



Gambar 5. Grafik kalibrasi pH

Berdasarkan hasil kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar 5, sensor pH menunjukkan adanya galat (*error*) apabila dibandingkan dengan nilai referensi dari pH meter. Galat ini mencerminkan perbedaan antara nilai pH yang terukur oleh sensor dan nilai aktual yang ditunjukkan oleh pH meter yang telah dikalibrasi. Besarnya galat dihitung menggunakan (5), yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor pH dalam membaca nilai larutan.

$$Error (\%) = \frac{(pH_s) - (pH_m)}{(pH_m)} \times 100\% \tag{5}$$

Dimana pH_s merupakan pH yang dibaca oleh sensor, dan pH_m merupakan nilai pH referensi yang diperoleh dari pH meter. Untuk menghitung rata-rata galat (*error*) dari seluruh data pengukuran, digunakan (6) yang menghitung rata-rata selisih absolut antara nilai pH sensor dan pH meter. Persamaan ini digunakan untuk menilai seberapa akurat sensor dalam merepresentasikan nilai pH yang sebenarnya.

$$RE = \frac{\Sigma error}{\Sigma uji\ coba} \tag{6}$$

Dengan menggunakan (6), rata-rata galat yang dihasilkan dari pengujian sebanyak 43 kali diperoleh sebesar 0,69%. Nilai ini menunjukkan tingkat akurasi sensor pH dalam mendekati nilai pH yang sebenarnya

3.2 Pengambilan Data

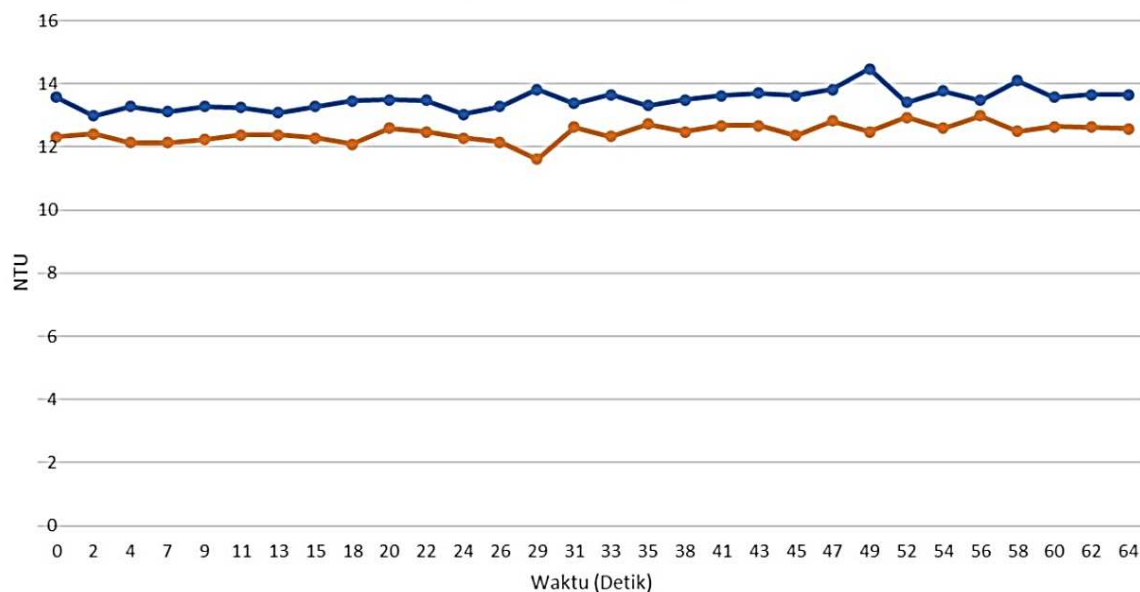
3.2.1 Sensor *Turbidity*

Pengukuran kekeruhan air menggunakan sensor *turbidity* menggunakan (7) yang telah disesuaikan dari [20]:

$$y = 100 - \left(\frac{v}{3.3V} \right) \times 100 \quad (7)$$

Dalam persamaan diatas, y merupakan nilai kekeruhan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) dan v adalah tegangan output yang dideteksi oleh mikrokontroler dari sensor *turbidity*. Nilai 3,3 V merupakan tegangan referensi sesuai dengan spesifikasi mikrokontroler ESP32, sedangkan angka 100 merepresentasikan nilai maksimum NTU yang dapat dideteksi oleh sensor. Sensor ini mampu mengukur tingkat kekeruhan air sabun dalam rentang 0 hingga 100 NTU. Jika nilai NTU berada antara 0 hingga 20, maka air dikategorikan sebagai jernih. Untuk nilai antara 20 hingga 50, air dikategorikan sebagai keruh, sedangkan nilai antara 50 hingga 100 diklasifikasikan sebagai sangat keruh.

Pengambilan data untuk grafik pada Gambar 6 dilakukan dengan merekam nilai NTU dan waktu saat air mengalir melalui *grease trap* dan tempat penampungan. Dalam grafik tersebut, garis berwarna biru mewakili data dari Sensor *Turbidity* 1 yang ditempatkan di *grease trap*, sedangkan garis berwarna oranye menunjukkan hasil pengukuran dari sensor *turbidity* 2 yang diletakkan di tempat penampungan air.



Gambar 6. Grafik perubahan nilai *turbidity* 1 dan *turbidity* 2 terhadap waktu

Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai *turbidity* 1 dan *turbidity* 2 terhadap waktu dalam satuan detik, di mana *turbidity* 1 memiliki nilai yang secara konsisten lebih tinggi dibandingkan *turbidity* 2. *Turbidity* 1 berkisar antara 13 hingga 14,5 NTU, sedangkan *turbidity* 2 berada di rentang 11,5 hingga 13 NTU, dengan fluktuasi yang relatif kecil pada kedua parameter. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa proses filtrasi air mampu menurunkan tingkat kekeruhan. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan kestabilan sistem dalam mengontrol kekeruhan air selama periode waktu yang diamati.

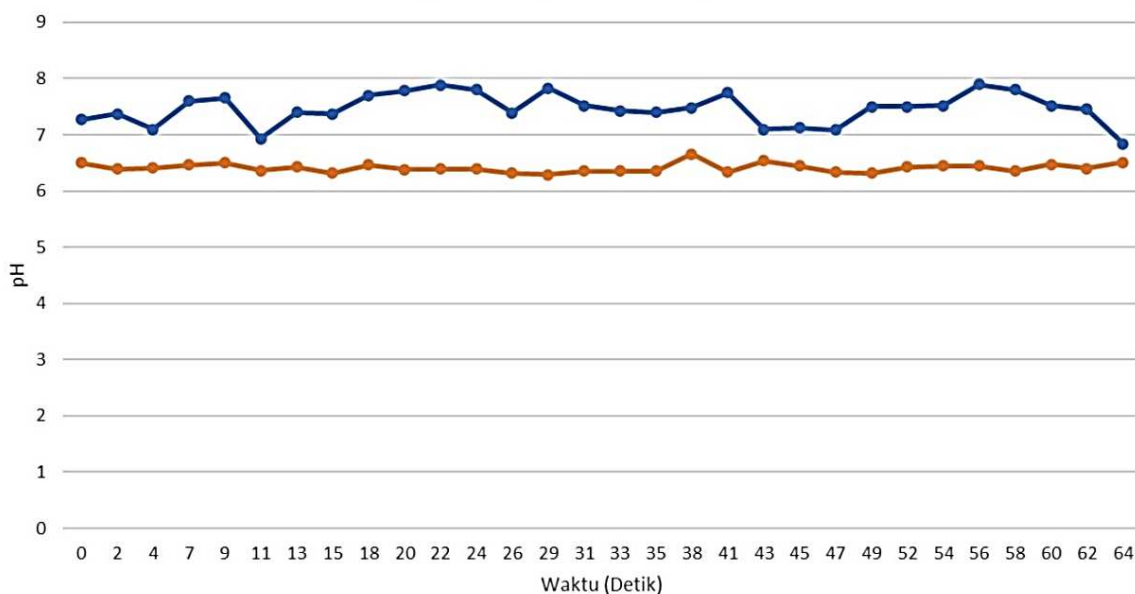


Gambar 7. Hasil air limbah sebelum dan sesudah melewati filtrasi

Gambar 7 memperlihatkan dua botol berisi air, dengan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah melalui proses filtrasi air. Botol di sebelah kiri menunjukkan air yang tampak lebih keruh sebelum proses filtrasi, sementara botol di sebelah kanan menunjukkan air yang lebih jernih setelah melalui proses filtrasi. Perbedaan visual ini memperkuat hasil yang ditunjukkan pada grafik sebelumnya, di mana nilai Turbidity 2 (setelah filtrasi) lebih rendah dibandingkan Turbidity 1 (sebelum filtrasi). Hal ini membuktikan bahwa sistem filtrasi yang digunakan mampu mengurangi tingkat kekeruhan air secara nyata, baik secara kuantitatif (melalui grafik NTU) maupun kualitatif (melalui pengamatan visual).

3.2.2 Sensor pH

Pengambilan data dari sensor pH dilakukan dengan mendeteksi kualitas pH air pada dua lokasi, yaitu di *grease trap* dan di tempat penampungan air. Pada Gambar 8, garis berwarna biru merepresentasikan pembacaan dari sensor pH 1 yang terpasang di *grease trap*, sementara garis berwarna oranye menunjukkan hasil dari sensor pH 2 yang terletak di tempat penampungan air.



Gambar 8. Grafik perubahan nilai pH air sebelum dan sesudah filtrasi terhadap waktu

Gambar 8 menunjukkan perubahan nilai pH yang diukur oleh sensor pH 1 dan sensor pH 2 terhadap waktu dalam satuan detik. Sensor pH 1, yang terpasang di *grease trap*, menghasilkan nilai pH yang cenderung lebih tinggi, yaitu berkisar antara 7 hingga 8, menandakan bahwa air sebelum filtrasi berada dalam kondisi netral hingga sedikit basa. Sementara itu, sensor pH 2 yang terletak di tempat penampungan air setelah proses filtrasi menunjukkan nilai pH yang lebih rendah dan stabil, yaitu antara

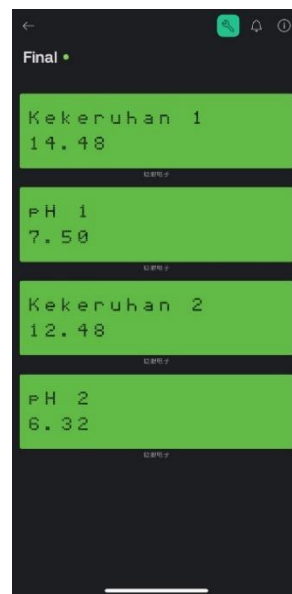
6,5 hingga 7. Hal ini mengindikasikan bahwa proses filtrasi tidak hanya menurunkan tingkat kekeruhan air, tetapi juga memberikan efek pada kestabilan pH air, menjadikannya lebih netral dan mendekati standar kualitas air yang baik.

3.2.3 Sistem Monitoring

Gambar 9 menunjukkan tampilan aplikasi Blynk yang digunakan untuk memantau data kualitas air. Data yang ditampilkan mencakup nilai kekeruhan (dalam satuan NTU) dan pH dari air di *grease trap* dan tempat penampungan. Aplikasi Blynk juga dilengkapi fitur notifikasi yang akan aktif ketika nilai pH dan kekeruhan di kedua lokasi tersebut sama. Kondisi ini mengindikasikan adanya gangguan atau kegagalan pada sistem filtrasi air. Notifikasi tersebut akan dikirimkan secara langsung melalui aplikasi Blynk serta melalui e-mail, sehingga pengguna dapat segera melakukan tindakan perbaikan.

Notifikasi pada aplikasi Blynk akan aktif ketika terjadi kesamaan nilai antara kedua sensor, baik pada parameter kekeruhan (NTU), pH, maupun keduanya sekaligus. Artinya, notifikasi akan dikirimkan jika nilai NTU dan pH dari kedua sensor sama, hanya nilai NTU yang sama, atau hanya nilai pH yang sama. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses filtrasi tidak memberikan perubahan signifikan terhadap kualitas air, sehingga diperlukan pemeriksaan lebih lanjut terhadap sistem filtrasi.

Notifikasi pada sistem ini terbagi dalam beberapa kategori berdasarkan parameter yang terdeteksi dan media pengiriman informasi. Notifikasi Gambar 10(a) akan muncul pada aplikasi Blynk ketika nilai NTU dan pH dari kedua sensor terdeteksi sama, sedangkan notifikasi Gambar 10(b) dikirimkan melalui e-mail untuk kondisi yang sama. Jika hanya nilai NTU dari kedua sensor yang identik, maka aplikasi Blynk akan memberikan notifikasi Gambar 10(c), dan e-mail akan mengirimkan notifikasi Gambar 10(d). Sementara itu, apabila hanya nilai pH dari kedua sensor yang sama, maka aplikasi Blynk akan menampilkan notifikasi Gambar 10(e), dan notifikasi Gambar 10(f) akan dikirimkan melalui e-mail. Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan dini terhadap kemungkinan kegagalan proses filtrasi air.

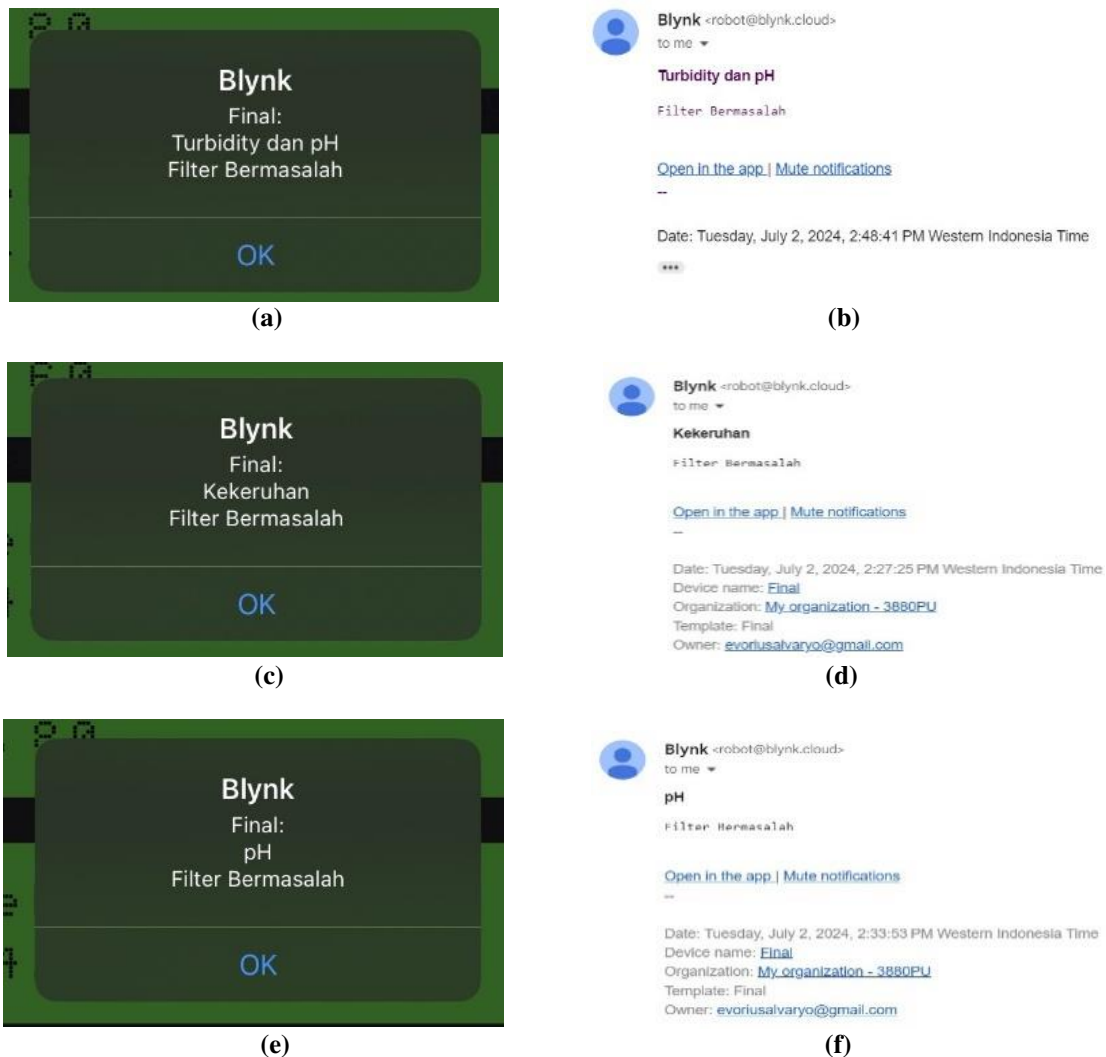


Gambar 9. Tampilan Blynk

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun prototipe *greywater* system yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik. Sistem filtrasi yang dirancang mampu menurunkan tingkat kekeruhan dan pH pada air sabun, menunjukkan efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas air limbah domestik sebelum digunakan kembali atau dibuang ke lingkungan. Selain itu, sistem monitoring berbasis sensor telah bekerja secara optimal dalam mendeteksi parameter kualitas air, yaitu kekeruhan (NTU) dan pH, baik sebelum maupun sesudah proses filtrasi. Data hasil pengukuran ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk, yang memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau performa sistem. Tak hanya itu, aplikasi juga dirancang untuk memberikan notifikasi peringatan melalui

Blynk maupun e-mail apabila terdeteksi bahwa nilai NTU dan/atau pH pada kedua sensor memiliki nilai yang sama, yang mengindikasikan adanya potensi gangguan atau kegagalan pada proses filtrasi. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat filtrasi, tetapi juga sebagai sistem pemantauan cerdas yang responsif terhadap kualitas air.



Gambar 10. Notifikasi pada aplikasi Blynk dan e-mail

REFERENSI

- [1] F. Febrianti, S. A. Wibowo, and N. Vendyansyah, "Implementasi IoT (Internet of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil," 2021.
- [2] E. Sunarsih *et al.*, "Environmental Science Journal (ESJo): Jurnal Ilmu Lingkungan Analisis Menurunnya Kualitas Air Sumur Akibat Pembuangan Limbah Rumah Tangga Yang Tidak Tepat," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [3] H. Romadhon, E. Noerhayati, and A. Rahmawati, "Studi perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Pasar Tradisional Srimangunan Kabupaten Sampang," *Spatial Review for Sustainable Development*, vol. 1, no. 2, pp. 91–105, Aug. 2024, doi: 10.61511/srsd.v1i2.2024.1316.
- [4] A. P. Utami, Nafisah Nur Addini Pane, and Abdurrozzaq Hasibuan, "Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup," *Cross-border*, vol. 6, no. 2, pp. 1107–1112, 2023.
- [5] I. Maliga, C. Asdak, and E. Y. Winata, "Analisis Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik Greywater Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan," *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 17, no. 1, pp. 13–24, May 2021, doi: 10.32679/jsda.v17i1.654.

- [6] E. Kurniawansyah, A. Fauzan, and R. Artikel, "Dampak Sosial dan Lingkungan Terhadap Pencemaran Limbah Pabrik INFO ARTIKEL ABSTRAK," *CIVICUS : Pendidikan-Penelitian-Pengabdian Pendidikan Pancasila & Kewarganegaraan*, vol. 10, no. 1, 2022.
- [7] R. R. Saputri, "Pengolahan Limbah Rumah Tangga (Grey Water) Dengan Sistem Filtrasi Upflow Menggunakan Filter Multimedia." Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2021.
- [8] A. Rismawati and M. B. A. Sya'aban, "Potret kesadaran ekologis masyarakat: Studi pengetahuan masyarakat tentang limbah air rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan," *AL MA'ARIEF: Jurnal Pendidikan Sosial dan Budaya*, vol. 5, no. 2, 2023.
- [9] M. Bara, W. Pratama, E. O. Hutasoit, and W. S. Budhi, "Desain Ulang Instalasi Pengolahan Limbah Greywater dan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Pada Rusunawa Gunung Anyar Surabaya," *JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN*, vol. 8, no. 3, 2022, doi: 10.29244/jsil.8.3.203-212.
- [10] R. T. Idrus, A. Armiwaty, N. F. Romadhani, and A. Raihan, "Pengelolaan Air Limbah Greywater Rumah Tangga," *VOKATEK*, vol. 2, no. 1, 2024.
- [11] S. N. Khotimah, N. A. Mardhotillah, and N. Arifaini, "Karakterisasi Limbah Cair Greywater pada level Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Emisi Greywater Characterization at Household Scale by Emission Source," *Jurnal Saintis*, vol. 21, no. 2, Oct. 2021, doi: 10.25299/saintis2021.vol21(02).7876.
- [12] L. K. Wulandari, "Model Fisik Pengolahan Limbah Domestik Septictank Komunal Blackwater Menjadi Air Pertanian Dengan Filter Bertingkat Dan Wetland," Universitas Brawijaya, 2018.
- [13] L. K. Wulandari, I. W. Mundra, and N. Roostrianawaty, "Alat Filtrasi Limbah Greywater Menjadi Air Bersih," *Jurnal Sondir*, vol. 6, no. 1, pp. 9–16, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir>
- [14] Y. D. Nugroho, "Pengolahan Greywater Menggunakan Teknologi Filtrasi," Universitas Islam Indonesia, 2023.
- [15] M. Wulandari, Febrianti, and Nia Febrianti, "Optimalisasi Media Filter Pada Instalasi Pengolahan Air Bersih Di Pondok Pesantren Al Izzah Km 15 Balikpapan," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [16] L. Kurniawati Wulandari, "Pengolahan Limbah Greywater Sebagai Solusi Terhadap Krisis Air Bersih di Kota Bontang (Greywater Waste Treatment as a Solution to the Clean Water Crisis in Bontang City)," vol. 8, no. 1, pp. 224–233, 2023, doi: 10.33366/rekabua.
- [17] R. Rezki, B. S. Nugroho, and Nurhasanah, "Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Berdasarkan pH Air dan Kekeruhan," *PRISMA FISIKA*, vol. 9, no. 3, Dec. 2021.
- [18] A. Noor, "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Sensor Dan Arduino Berbasis Web Mobile," *Joutica*, vol. 5, p. 316, Apr. 2020, doi: 10.30736/jti.v5i1.329.
- [19] H. A. Permana, F. T. Syifa, and M. A. Afandi, "Sistem Monitoring pH dan Kekeruhan Akuarium Menggunakan Metode Regresi Linear," *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 4, no. 1, pp. 47–55, Jun. 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i1.407.
- [20] B. Reforma, A. Ma'arif, and S. Sunardi, "Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 2, p. 66, May 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.002.

