



Pengembangan Alat Filtrasi Air Portabel Dari Bahan Alami Dengan Teknologi *Funnel Multi-Stage* Untuk Mengurangi Kadar TDS (*Total Dissolved Solids*) Dan Mengoptimalkan Kadar pH

Development of a Portable Water Filtration Device Made from Natural Materials Using Multi-Stage Funnel Technology to Reduce Total Dissolved Solids (TDS) and Optimize pH

Yudha Aditama Elang Firdaus^{1*}, Purwadi²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: aditamayudha03@gmail.com

Abstract— *This research aims to develop a portable water filtration device made from natural materials using multi-stage funnel technology to reduce Total Dissolved Solids (TDS) and optimize water pH in accordance with clean water quality standards. The prototype was designed using lightweight and corrosion-resistant aluminum as the main structure and utilized natural filtration media such as silica sand, activated sand, zeolite, ferrolite, activated carbon, and manganese greensand. Tests were conducted at the Fluid Mechanics Laboratory of the Department of Aeronautics, Indonesian Air Force Academy, and through field trials on several water sources, including rivers, Segaran Pond, water fountains, and groundwater. The results showed that the multi-stage system effectively stabilized the pH within the neutral range (6.5–8.5) and reduced TDS levels to near the WHO standard (<500 ppm) as stated in the Ministry of Health Regulation No. 32 of 2017. Compared to previous designs, this device offers advantages in portability, minimal leakage, easy assembly, and optimal filtration rate. Therefore, this multi-stage funnel innovation has great potential as a practical, efficient, and environmentally friendly solution for providing clean water, particularly in military operations, outdoor activities, and emergency conditions.*

Keywords— *Water filtration, Portable, Multi-stage funnel, TDS, pH, Natural materials.*

Abstrak— *Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat filtrasi air portabel berbasis bahan alami dengan teknologi funnel multi-stage untuk menurunkan kadar Total Dissolved Solids (TDS) dan mengoptimalkan pH air agar sesuai dengan standar kualitas air bersih. Prototipe alat dirancang menggunakan bahan utama aluminium yang ringan dan tahan korosi, serta memanfaatkan media filtrasi alami berupa pasir silika, pasir aktif, zeolit, ferrolite, karbon aktif, dan manganese greensand. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara dan melalui uji lapangan pada beberapa sumber air, seperti sungai, kolam Segaran, water fountain, dan air tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem multi-stage efektif dalam menstabilkan pH air pada rentang netral (6,5–8,5) dan menurunkan TDS hingga mendekati standar WHO (<500 ppm) sesuai Permenkes No. 32 Tahun 2017. Dibandingkan dengan desain sebelumnya, alat ini memiliki keunggulan berupa ukuran lebih portable, minim kebocoran, mudah dibongkar pasang, dan memiliki debit filtrasi lebih optimal. Dengan demikian, inovasi funnel multi-stage ini berpotensi menjadi solusi efisien dan ramah lingkungan untuk penyediaan air bersih, terutama dalam operasi militer, kegiatan luar ruang, maupun kondisi darurat.*

*Yudha Aditama Elang Firdaus

E-mail: aditamayudha03@gmail.com

Kata Kunci— **Filtrasi air, Portable, Funnel multi-stage, TDS, pH, Bahan alami.**

I. PENDAHULUAN

Air merupakan elemen vital bagi kehidupan di bumi dan memiliki peran penting dalam berbagai sektor kehidupan. Meskipun sekitar 71% permukaan bumi tertutup air, hanya sekitar 2,5% yang tergolong air tawar, dan hanya sebagian kecil yang dapat diakses langsung oleh manusia (UN Water, 2020). Di Indonesia, ketersediaan air bersih menjadi salah satu tantangan utama, terutama akibat pencemaran dari limbah industri, pertanian, dan domestik yang tidak terkelola dengan baik. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2020), sekitar 70% sungai besar di Indonesia telah tercemar dengan konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan distribusi air bersih yang tidak merata, khususnya di wilayah terpencil dan padat penduduk.

Dalam konteks pertahanan, air bersih juga menjadi kebutuhan krusial bagi personel militer di lapangan. Prajurit yang bertugas di medan operasi sering menghadapi keterbatasan sumber air bersih dan harus bergantung pada sumber alami seperti sungai atau danau. Untuk itu, diperlukan teknologi penyediaan air bersih yang praktis, efisien, dan mudah dibawa yang salah satunya melalui pengembangan alat filtrasi air *portable*. Penelitian mengenai alat filtrasi air telah dilakukan sebelumnya, salah satunya oleh Sermatutar Rayhan Sandi Nova Saviestya (2024), yang mengembangkan sistem filtrasi menggunakan tabung PVC berbentuk ransel. Namun, desain tersebut masih memiliki beberapa kelemahan, seperti kebocoran antar sambungan, ukuran yang besar, serta media filtrasi berbahan sabut kelapa yang mudah kotor sehingga menurunkan kualitas air hasil filtrasi.

Sebagai pengembangan dari penelitian tersebut, penelitian ini menghadirkan inovasi alat filtrasi air *portable* berbahan dasar aluminium dengan teknologi *funnel multi-stage*. Desain corong bertingkat ini memungkinkan air mengalir secara gravitasi melalui beberapa lapisan media filtrasi alami, yaitu pasir silika, pasir aktif, karbon aktif, zeolit, ferrolite, dan *manganese greensand*. Setiap lapisan memiliki fungsi spesifik dalam menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan biologis. Selain itu, desain *funnel multi-stage* juga meminimalkan risiko kebocoran, lebih mudah dibongkar pasang, serta dapat disimpan dalam ransel individu, menjadikannya solusi ideal bagi kebutuhan militer dan kegiatan lapangan. Pengujian dilakukan secara laboratorium dan lapangan untuk menilai efektivitas alat dalam menurunkan kadar *Total Dissolved Solids* (TDS), menstabilkan pH, serta meningkatkan kejernihan air. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap inovasi teknologi penyediaan air bersih, baik untuk keperluan militer, masyarakat umum, maupun keadaan darurat, serta menjadi langkah awal menuju sistem filtrasi air yang mandiri, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

II. LANDASAN TEORI

A. Filtrasi Air

Filtrasi air merupakan proses pemisahan partikel tersuspensi, logam berat, bahan organik, maupun senyawa kimia berbahaya dari air melalui media berpori. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan air yang aman, bersih, dan layak konsumsi. Filtrasi menjadi salah satu metode pengolahan air yang paling banyak digunakan karena efektif, ekonomis, dan dapat diadaptasikan dalam berbagai skala, mulai dari rumah tangga hingga industri.

B. Teknologi Funnel Multi-Stage

Teknologi *funnel multi-stage* merupakan pengembangan sistem filtrasi berbasis gravitasi yang memanfaatkan beberapa lapisan media penyaring berbentuk corong bertingkat. Setiap lapisan bekerja secara berurutan untuk memisahkan partikel dan senyawa yang berbeda berdasarkan ukuran maupun sifat kimianya. Tahap awal biasanya berfungsi menyaring material kasar dan lumpur, sedangkan tahap berikutnya menargetkan kontaminan halus, logam berat, dan senyawa kimia.

C. Bahan Filtrasi.

1. PasirSilika
Digunakan sebagai penyaring utama untuk menghilangkan partikel besar seperti pasir, lumpur, dan kotoran. Pasir silika juga membantu mengurangi kekeruhan dan warna pada air.
2. Pasir Aktif
Efektif untuk mengoksidasi serta menghilangkan zat besi (Fe) dan mangan (Mn) dari air tanpa memerlukan bahan kimia tambahan. Namun efektivitasnya menurun pada air dengan pH rendah (deltapuro.com).
3. Karbon Aktif
Memiliki daya adsorpsi tinggi terhadap senyawa organik, bau, dan warna. Banyak digunakan untuk menghilangkan klorin, pestisida, dan bahan kimia organik lain (membranro.com).
4. Zeolit
Berfungsi sebagai penukar ion alami yang dapat menurunkan kandungan logam berat dan kesadahan air. Struktur porinya membantu menjaga kestabilan pH dan meningkatkan kejernihan air.
5. Ferrolite
Media yang dikembangkan khusus untuk menghilangkan besi dan mangan dalam konsentrasi tinggi. Efektivitasnya sangat bergantung pada kondisi oksigen dan pH air (deltapuro.com).
6. Manganese Greensand
Memiliki kemampuan regenerasi dan efektif menghilangkan logam berat serta hidrogen sulfida. Dapat diregenerasi menggunakan kalium permanganat sehingga tahan lama (adywater.com).

D. Parameter Kualitas Air

Berdasarkan **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017**, kriteria air bersih mencakup parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi.

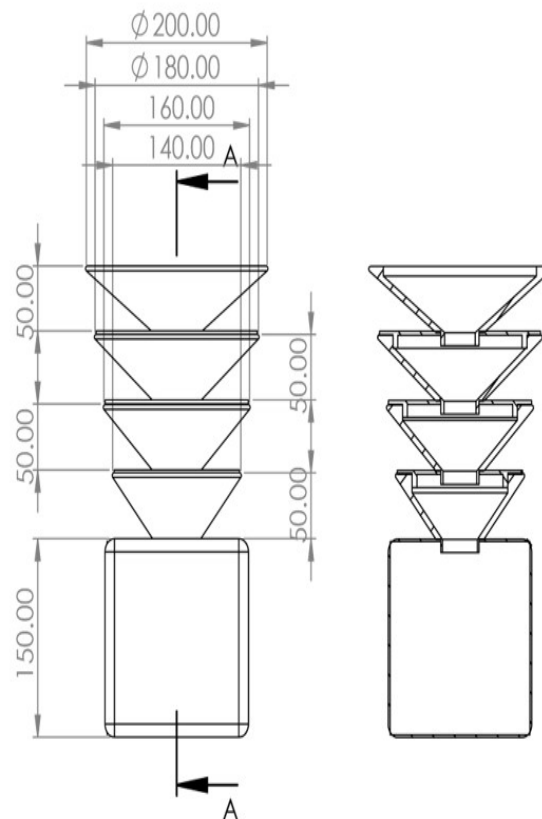
1. pH air harus berada pada kisaran 6,5-8,5.
2. Total Dissolved Solids (TDS) maksimum 500 mg/L.

Air yang memenuhi standar tersebut dianggap aman untuk kebutuhan rumah tangga maupun operasional militer. Oleh karena itu, pengujian pH dan TDS menjadi indikator utama efektivitas alat filtrasi air dalam penelitian ini.

E. Material Aluminium sebagai Struktur Utama.

Aluminium dipilih sebagai bahan utama alat filtrasi karena ringan, kuat, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Material ini ideal karena tidak mudah berkarat, mudah dibersihkan. Selain itu, aluminium bersifat non-toksik dan sepenuhnya dapat didaur ulang, menjadikannya bahan yang

ramah lingkungan dan efisien secara ekonomi. Berikut model alat filtrasi air yang dimaksud tersaji pada Gambar 1 dan perbandingan data hasil filtrasi terdapat pada Tabel I.



Gambar 1. Model Alat Filtrasi Air

TABEL I
PERBANDINGAN DATA HASIL HASIL FILTRASI

Sumber Air	pH Sebelum	pH Sesudah	TDS Sebelum (ppm)	TDS Sesudah (ppm)
Sungai	5,6	7,2	780	350
Kolam Segaran	5,8	7,1	620	290
Water Fountain	6,0	7,4	540	260
Air Tanah	5,9	7,3	480	230

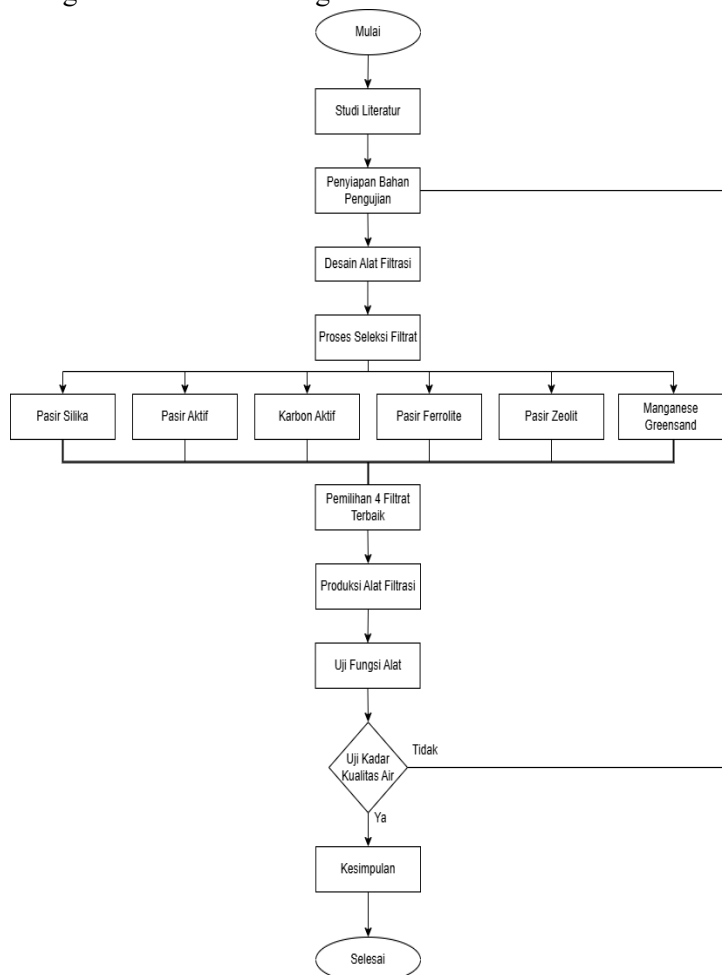
III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Penelitian ini dilakukan untuk merancang, membuat, dan menguji alat filtrasi air *portable* berbasis bahan alami dengan teknologi *funnel multi-stage*. Tahapan penelitian terdiri dari beberapa langkah utama, yaitu perancangan alat, pemilihan bahan filtrasi, pelaksanaan pengujian

laboratorium dan lapangan, serta analisis hasil untuk menentukan efektivitas alat dalam menurunkan kadar *Total Dissolved Solids (TDS)* dan menstabilkan pH air. Penjelasan singkat mengenai tahapan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

Diagram ini menjelaskan alur logis dari perancangan hingga evaluasi performa alat. Setiap tahap saling berkaitan untuk memastikan hasil yang valid dan sesuai dengan tujuan penelitian.

2. Desain dan Prinsip Kerja Alat

Alat filtrasi dirancang menggunakan model *funnel multi-stage* yang terdiri dari empat corong bertingkat dengan diameter bervariasi (20 cm, 18 cm, 16 cm, dan 14 cm). Setiap corong berisi media filtrasi berbeda yang berfungsi menyaring kontaminan secara bertahap.

Air masuk melalui corong bagian atas dan mengalir ke bawah secara gravitasi. Lapisan penyaringan pertama berfungsi untuk menghilangkan partikel besar dan kekeruhan, sedangkan lapisan berikutnya menyaring logam berat, zat kimia, dan senyawa organik. Prinsip ini menjadikan sistem filtrasi lebih stabil, tanpa memerlukan tekanan eksternal atau sumber energi tambahan.

3. Media Filtrasi yang digunakan

- a. Pasir Silika – menyaring partikel besar dan lumpur.
- b. Pasir Aktif – mengoksidasi dan menghilangkan kandungan besi (Fe) serta mangan (Mn).
- c. Zeolit – menurunkan kesadahan dan logam berat melalui mekanisme pertukaran ion.
- d. Ferrolite – membantu menghilangkan logam berat dan memperbaiki warna air.
- e. Karbon Aktif – menyerap bau dan senyawa kimia organik.
- f. Manganese Greensand – menstabilkan pH dan meningkatkan kejernihan air.

Lapisan-lapisan ini dipisahkan oleh kain saring (*filter cloth*) untuk mencegah tercampurnya material antar tahap filtrasi

4. Proses Pengujian

Pengujian dilakukan di dua tahap:

- a. **Uji Laboratorium:** dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara untuk memastikan alat berfungsi sesuai rancangan.
- b. **Uji Lapangan:** dilakukan pada beberapa sumber air, yaitu air sungai, kolam Segaran, *water fountain*, dan air tanah.

Parameter yang diuji meliputi:

- a. **pH Air:** diukur menggunakan pH meter digital.
- b. **Total Dissolved Solids (TDS):** diukur menggunakan TDS meter untuk mengetahui jumlah zat terlarut.

5. Perhitungan Debit Filtrasi

Debit filtrasi dihitung untuk mengetahui kemampuan alat dalam memproses volume air per satuan waktu menggunakan rumus:

$$Q = \frac{V}{t}$$

dengan keterangan:

Q = debit filtrasi (liter/menit),
 V = volume air tersaring (liter),
 t = waktu filtrasi (menit).

Nilai debit digunakan sebagai indikator efisiensi sistem penyaringan terhadap berbagai jenis sumber air

6. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dan lapangan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif. Perbandingan dilakukan antara nilai pH dan TDS sebelum dan sesudah proses filtrasi untuk menentukan tingkat efektivitas alat. Selain itu, dilakukan penilaian kualitatif terhadap kejernihan, bau, dan warna air sebagai parameter tambahan yang memperkuat hasil kuantitatif.

7. Validasi dan Evaluasi

Hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu air bersih menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017 dan standar WHO. Apabila hasil pengujian menunjukkan nilai pH dalam rentang 6,5–8,5 dan TDS di bawah 500 mg/L, maka alat dianggap efektif

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Proses pengujian dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu **uji laboratorium** dan **uji lapangan**. Uji laboratorium dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara, sedangkan uji lapangan dilakukan pada beberapa sumber air berbeda: air sungai, air kolam Segaran, air *water fountain*, dan air tanah.

Setiap sumber air diuji untuk menentukan kadar pH dan *Total Dissolved Solids (TDS)* sebelum dan sesudah difiltrasi menggunakan alat yang telah dikembangkan. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana alat mampu menurunkan kadar zat terlarut dan menstabilkan pH air agar sesuai dengan standar kualitas air bersih.

B. Pembahasan

Hasil pengukuran menunjukkan adanya perubahan signifikan pada parameter pH dan TDS. Sebelum filtrasi, nilai pH air dari berbagai sumber berkisar antara **5,4 hingga 6,1**, sedangkan setelah proses filtrasi meningkat menjadi **6,8 hingga 7,5**, menunjukkan bahwa alat mampu menstabilkan pH ke arah netral.

Untuk nilai TDS, hasil pengujian menunjukkan penurunan rata-rata sebesar **35–55%** dari kondisi awal. Contohnya, air sungai dengan nilai TDS awal 780 ppm turun menjadi 350 ppm setelah filtrasi, sedangkan air kolam Segaran menurun dari 620 ppm menjadi 290 ppm. Nilai-nilai tersebut telah mendekati atau berada di bawah ambang batas yang ditetapkan WHO dan Permenkes No. 32 Tahun 2017, yaitu 500 ppm. Berikut urutab hasil simulasi roket tersaji pada Tabel II di bawah ini.

TABEL II
URUTAN HASIL SIMULASI ROKET

Sumber Air	pH Sebelum	pH Sesudah	TDS Sebelum (ppm)	TDS Sesudah (ppm)
Sungai	5,6	7,2	780	350
Kolam Segaran	5,8	7,1	620	290
Water Fountain	6,0	7,4	540	260
Air Tanah	5,9	7,3	480	230

C. Analisis Pengujian

Pada pengujian lapangan, alat diuji dalam kondisi alami tanpa kontrol laboratorium. Air dari berbagai sumber dialirkan langsung melalui sistem *funnel multi-stage* untuk mengetahui efektivitas filtrasi pada lingkungan nyata. Hasilnya menunjukkan pola yang serupa dengan hasil laboratorium, di mana terjadi peningkatan pH dan penurunan TDS pada semua sampel air. Alat mampu berfungsi dengan baik tanpa memerlukan tekanan tambahan maupun sumber daya eksternal, membuktikan bahwa sistem gravitasi sudah cukup untuk menghasilkan debit filtrasi yang stabil.

Rata-rata waktu filtrasi untuk setiap 250 ml air adalah **1,2–1,5 menit**, menghasilkan debit sekitar **0,17–0,21 L/menit**, tergantung tingkat kekeruhan air. Hasil ini menunjukkan bahwa alat memiliki efisiensi filtrasi yang cukup tinggi untuk ukuran *portable device*.

Pengembangan Alat Filtrasi Air Portable Dari Bahan Alami Dengan Teknologi Funnel Multi-Stage Untuk Mengurangi Kadar TDS (Total Dissolved Solids) Dan Mengoptimalkan Kadar pH
(Yudha Aditama Elang Firdaus)

D. Perbandingan dengan Desain Sebelumnya

Penelitian ini mengacu pada desain terdahulu yang dikembangkan oleh Sermatutar Rayhan Sandi Nova Saviestya (2024), yang menggunakan tabung PVC berbentuk ransel. Dari hasil uji komparatif, alat baru menunjukkan peningkatan performa yang signifikan, yaitu:

1. Waktu filtrasi lebih cepat hingga **25%**.
2. Risiko kebocoran berkurang karena desain corong vertikal.
3. Perawatan media lebih mudah karena sistem *portable*.
4. Hasil air filtrasi lebih stabil pada pH netral.

Selain itu, berat total alat hanya sekitar **3,6 kg**, menjadikannya cukup ringan untuk dibawa secara individual selama kegiatan lapangan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat filtrasi air *portable* berbahan alami dengan teknologi *funnel multi-stage* mampu meningkatkan kualitas air secara signifikan. Sistem bertingkat yang menggunakan kombinasi media filtrasi alami — pasir silika, pasir aktif, zeolit, ferrolite, karbon aktif, dan *manganese greensand* — terbukti efektif dalam menurunkan kadar *Total Dissolved Solids (TDS)* serta menstabilkan pH air pada rentang netral (6,5–8,5) sesuai standar WHO dan Permenkes No. 32 Tahun 2017. Desain alat yang kompak, ringan, dan tahan korosi menjadikannya mudah dibawa serta ideal untuk penggunaan lapangan, terutama bagi personel militer, kegiatan luar ruangan, dan situasi darurat. Dibandingkan desain terdahulu, inovasi ini menunjukkan peningkatan performa filtrasi, pengurangan kebocoran, dan perawatan yang lebih sederhana.

REFERENSI

- [1] Khairunnisa. (2021). Pengaruh Ukuran Bulir Arang Aktif Kulit Durian dan Waktu Elusi terhadap Penyerapan Besi (Fe) dalam Air Tanah. UIN Ar-Raniry.
- [2] Sappewali. (2022). *Penggunaan Media Filter Zeolit, Arang Aktif, dan Pasir Silika terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) dalam Air Sumur Gali*. Jurnal Ilmiah Ecosystem.
- [3] Sermatutar Rayhan Sandi Nova Saviestya. (2024). *Rancang Bangun Alat Filtrasi Air Portable Menggunakan Tabung PVC*. Akademi Angkatan Udara.
- [4] Rakhim, N. (2020). *Efektivitas Pasir Kuarsa dalam Menurunkan Kadar Besi dan Kekeruhan Air*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [5] Taheran, M. et al. (2019). *Development of Portable Water Purification Devices Using Polyacrylonitrile-Based Composite Membranes*. Journal of Environmental Science and Engineering.
- [6] Suliastuti, E. (2016). *Analisis Efektivitas Media Filtrasi Alami untuk Pengolahan Air Bersih*. Jurnal Teknik Lingkungan.
- [7] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017*.
- [8] UN Water. (2020). *World Water Development Report 2020*. United Nations.
- [9] Deltapuro. (2023). *Media Filter Air: Pasir Aktif, Zeolit, dan Ferrolite*. Retrieved from www.deltapuro.com
- [10] Adywater. (2023). *Manganese Greensand for Water Treatment*. Retrieved from www.adywater.com