

PERANCANGAN SISTEM NOTIFIKASI PENGGANTIAN CARTRIDGE FILTER AIR BERBASIS WATER FLOW SENSOR

Sarmayanta Sembiring^{*,1)}, Kemahyanto Exaudi²⁾, Rahmat Fadli Isnanto³⁾,
Jorena⁴⁾, Hadir Kaban⁵⁾, Raden Syarip Hidayat Lulah⁶⁾

^{1,2,3,6)}Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

^{4,5)}Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
Jalan Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan, 30862

Email: ¹yanta@unsri.ac.id

Abstract

Natural water sources such as rivers, lakes, and groundwater generally contain various contaminants such as microorganisms, chemical compounds, and particles. To produce safe, clear, and odorless water, treatment such as filtration is required. One of the commonly used filtration tools is a cartridge filter, which functions to filter suspended particles based on the pore size of the media. Replacement of the cartridge filter needs to be done when its condition is no longer optimal so that the quality of the filtration water is maintained. To make it easier to determine the time to replace the cartridge filter, the author proposes a system that can provide a sound warning through a sound device when the cartridge filter needs to be replaced immediately. Water flow sensor YF-S201 is used to detect the flow rate and volume of filtrated water. The system is also equipped with two push buttons. The first push button serves to store the flow rate value as the initial discharge, as well as initialize the water volume to zero and store it into the EEPROM. The first pushbutton is activated at the time of initial filter cartridge replacement. The second push button is used to store the final filtration volume value into the EEPROM. A 0.96-inch I2C OLED module is used to display information regarding the cumulative volume of water that has been filtered, the current flow rate, as well as the rate of decrease in the flow rate. The test results show that the water volume detection system works well, with an average error of 2.90%. The system has also operated as designed, which is indicated by the activation of the sound device when the volume of filtrated water reaches or exceeds a predetermined threshold, or when the decrease in flow rate exceeds the threshold limit.

Keywords: Cartridge Filter, volume, flow rate, filtration, water flow sensor

Abstrak

Sumber air alami seperti sungai, danau, maupun air tanah umumnya mengandung berbagai zat pencemar seperti mikroorganisme, senyawa kimia, dan partikel. Untuk menghasilkan air yang aman, jernih, dan tidak berbau, diperlukan pengolahan seperti filtrasi. Salah satu alat filtrasi yang umum digunakan adalah cartridge filter, yang berfungsi menyaring partikel tersuspensi berdasarkan ukuran pori media. Penggantian cartridge filter perlu dilakukan apabila kondisinya sudah tidak optimal lagi agar kualitas air hasil filtrasi tetap terjaga. Untuk mempermudah penentuan waktu penggantian cartridge filter, penulis mengusulkan suatu sistem yang dapat memberikan peringatan suara melalui alat bunyi ketika cartridge filter perlu segera diganti. Water flow sensor YF-S201 digunakan untuk mendeteksi debit dan volume air hasil filtrasi. Sistem ini juga dilengkapi dengan dua buah tombol tekan. Tombol tekan pertama berfungsi untuk menyimpan nilai debit sebagai debit awal, serta menginisialisasi volume air ke nol dan menyimpannya ke dalam EEPROM. Tombol tekan pertama ini diaktifkan pada saat awal penggantian cartridge filter. Tombol tekan kedua digunakan untuk menyimpan nilai volume akhir hasil filtrasi ke dalam EEPROM. Modul OLED I2C berukuran 0,96 inci digunakan untuk menampilkan informasi mengenai volume kumulatif air yang telah difiltrasi, debit aliran air saat ini, serta tingkat penurunan debit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pendeteksi volume air berfungsi dengan baik, dengan rata-rata error 2,90%. Sistem ini juga telah beroperasi sesuai rancangan, yang ditunjukkan dengan aktifnya alat bunyi ketika volume air hasil filtrasi mencapai atau melebihi ambang batas yang telah ditentukan, atau ketika penurunan debit melampaui batas ambang penurunan yang telah ditetapkan.

Kata Kunci: Cartridge Filter, volume, debit, filtrasi, water flow sensor



1. Pendahuluan

Manusia memerlukan air bersih untuk menunjang kehidupan dan memenuhi beragam keperluan sehari-hari. Air bersih adalah air yang memenuhi standar kesehatan untuk keperluan harian dan layak diminum setelah dimasak (Permenkes No.416/ Menkes/PER/IX/1990) Kualitas Air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, Fisika kimia, dan radioaktif.

Sumber air alami seperti sungai, danau, maupun air tanah umumnya mengandung berbagai zat pencemar seperti mikroorganisme, senyawa kimia, dan partikel. Tanpa pengolahan, kandungan tersebut dapat membahayakan kesehatan dan menimbulkan penyakit saat dikonsumsi. Pengolahan air bersih bertujuan menghilangkan kontaminan agar menghasilkan air yang aman, jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau [1]. Proses pengolahan air bertujuan untuk menghasilkan air bersih yang memenuhi standar kualitas kesehatan atau sesuai dengan kebutuhan penggunaannya, proses ini dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan, antara lain metode fisika, kimia, dan biologi [2]. Metode pengolahan secara fisik meliputi proses flotasi, evaporasi, sedimentasi, filtrasi mekanis, pemisahan menggunakan membran, adsorpsi fisik, serta desinfeksi menggunakan sinar ultraviolet (UV) [3]. Filtrasi merupakan salah satu metode pengolahan air secara fisik yang berfungsi untuk memisahkan partikel padat atau koloid dari cairannya [4].

Cartridge filter (CF) merupakan salah satu komponen utama dalam sistem penyaringan air yang berfungsi untuk mengeliminasi partikel tersuspensi berdasarkan ukuran pori atau mesh dari media filtrasi yang digunakan [5]. Di antara sistem filtrasi CF, terdapat dua kategori yang berbeda di pasaran: 1) *cartridge* untuk filtrasi mekanis yang berguna untuk memisahkan cairan dari padatan tersuspensi yang tidak dapat mengendap, seperti kerikil, karat, dan serpihan logam; 2) *cartridge* untuk pengolahan air yang berfungsi mengurangi partikel-partikel tertentu yang terlarut dalam cairan, seperti garam mineral dan klorin [6], [7]. CF *polypropylene* (pp) merupakan salah satu jenis yang paling umum digunakan dalam sistem penyaringan air minum rumah tangga karena biaya penggunaannya relatif lebih rendah [8]. Semakin rapat ukuran CF, semakin besar penurunan tekanan air dan beban kerja pompa. CF paling signifikan mengurangi tekanan, sedangkan media lain seperti *Greensand*, *Granular Activated Carbon* (GAC), dan *Resin Cation* tidak, kecuali *Carbon Taste and Odor* (CTO) dan GAC dengan tambahan saringan pp [9].

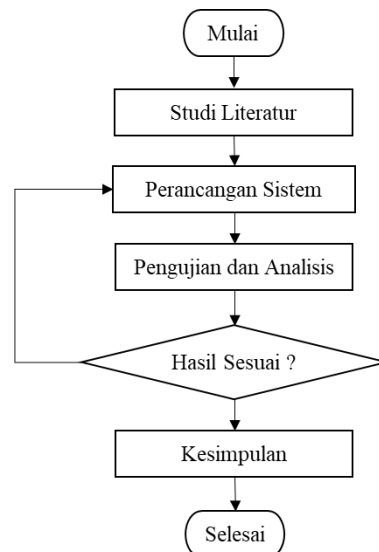
Pemanfaatan filter hasil pabrikan untuk menjernihkan air telah banyak diteliti, seperti peneliti [10] hasil penelitian menunjukkan susunan media TNZ RC.32, karbon aktif granular, dan melt blown CF 3 μm dalam reaktor 20 inci efektif menyisihkan 100% total coliform dari air hujan. Peneliti [11] menunjukkan bahwa kombinasi CF *melt blown* ukuran 10 inci, dengan pori-pori berukuran 10 μm , 5 μm , dan 1 μm serta sinar ultraviolet 8 GPM efektif menurunkan total bakteri coliform dalam air minum dari 27 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100 ml. Peneliti [12] menggunakan CF berukuran 0.3 μm dan 0.1 μm , dilengkapi dengan media Fe-Mn serta karbon aktif sebagai komponen filtrasi menghasilkan peningkatan kejernihan air sumur gali secara signifikan, sehingga air hasil filtrasi layak dikonsumsi sebagai air minum.

Penting memperhatikan penurunan tekanan akibat penyaringan, karena penumpukan kotoran dapat menyumbat *cartridge* dan menyebabkan frekuensi penggantian filter yang terlalu sering [6]. Peningkatan tekanan diferensial menyebabkan konsumsi energi yang lebih besar, sehingga penggantian CF pada waktu yang tepat dapat mengurangi biaya energi sebesar 2–16%, pada kondisi biaya energi yang tinggi, mengganti CF lebih awal menjadi pilihan yang lebih hemat biaya [10]. Untuk tetap menjaga kualitas *output* filtrasi menggunakan CF serta menjaga konsumsi energi listrik tidak tinggi akibat peningkatan tekanan diferensial maka penggantian CF harus dilakukan saat kondisi filter sudah harus diganti. Untuk mempermudah menentukan waktu pergantian CF penulis mengusulkan sebuah sistem yang dapat memberikan peringatan saat kondisi filter harus segera diganti. Peneliti [13] merancang alat pengingat penggantian filter MC2 dirancang menggunakan SMS, dengan *water flow sensor* untuk memantau volume air dan *pressure switch* untuk mendeteksi penurunan tekanan. Sistem ini mengirim SMS peringatan dan mengaktifkan *buzzer* saat kapasitas filter habis atau tekanan air menurun.

Dalam penelitian ini digunakan 2 buah CF yaitu *cartridge* pp dengan pori-pori 10 μm dan CTO dengan ukuran 10 inch yang di pasang secara seri. Sumber air baku yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari danau bekas galian yang di tampung pada toren 250 L dan selanjutnya di alirkan menggunakan pompa ke CF. Hasil Filtrasi dialirkan melalui pipa ke toren 600L yang berada 3 meter di atas pompa air. Sistem ini memanfaatkan *water flow sensor* untuk mendeteksi volume hasil filtrasi dan debit air yang mengalir melalui CF, sehingga dapat memperkirakan waktu ideal untuk penggantian CF. Sistem ini juga dilengkapi dengan alat bunyi (*buzzer*) sebagai pengingat saat filter sudah perlu diganti.

2. Metodologi Penelitian

Kerangka kerja pelaksanaan penelitian perancangan sistem notifikasi penggantian *cartridge* filter air berbasis *water flow sensor* ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini diawali dengan penyusunan kerangka kerja sebagai panduan pelaksanaan, yang menggambarkan tahapan-tahapan utama dalam proses penelitian secara umum.



Gambar 1. Kerangka kerja pelaksanaan penelitian

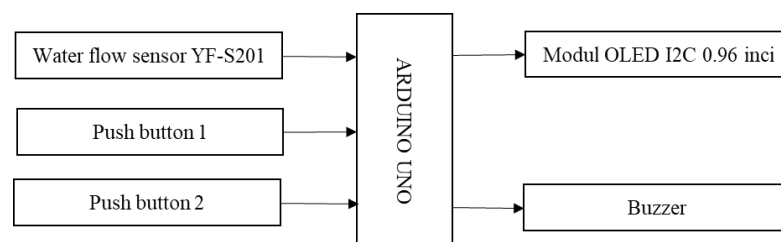
2.3.1. Studi literatur

Studi literatur dalam penelitian ini melibatkan berbagai referensi yang relevan penelitian perancangan sistem notifikasi penggantian *cartridge* filter air berbasis *water flow sensor*. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang dapat dijadikan indikator waktu yang optimal untuk melakukan penggantian *cartridge* filter. Pada tahap ini juga akan disusun rancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan sistem.

2.3.2. Perancangan sistem

Filter *spoon* 10 inci berpori 5 μm berbahan pp memiliki masa pakai biasanya 2–6 bulan untuk air PAM dan 2 minggu – 2 bulan untuk air sumur, tergantung kualitas air [14]. Berdasarkan konsumsi air harian per orang dan waktu penggantian CF kita dapat memperkirakan batas volume filtrasi sebelum penggantian CF. Menurut rekomendasi dari Direktorat Jenderal Cipta Karya (2005), estimasi kebutuhan air domestik rata-rata adalah sebesar 144 liter per orang per hari [15].

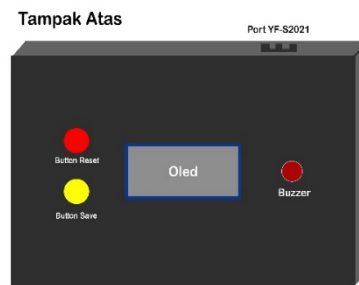
Perancangan sistem notifikasi penggantian CF air berbasis *water flow sensor* dirancang dengan menggunakan pengendali utama Arduino Uno. *Input* terdiri dari 2 buah tombol tekan (*push button*) yang berfungsi untuk menyimpan data debit air awal (saat filter baru di pasang) dan untuk menyimpan volume hasil filtrasi. *Water flow sensor* YF-S201 terdiri dari bodi katup plastik, rotor, dan sensor *Hall-Effect* yang menghasilkan pulsa listrik tiap putaran rotor, sebanding dengan laju aliran, serta dapat dihubungkan dengan mikrokontroler seperti Arduino dan Raspberry Pi [16] dalam penelitian ini digunakan untuk mendeteksi volume air dan debit air yang melalui filter. Modul OLED I2C 0.96 inci beresolusi 128×64 pixel menggunakan teknologi OLED dan terhubung ke Arduino via dua pin (SDA dan SCL), sehingga hemat pin [17] digunakan sebagai *output* untuk menampilkan informasi volume air, debit air dan penurunan debit air. *Buzzer* digunakan sebagai *output* untuk memberikan peringatan waktu mengganti CF saat volume hasil filtrasi \geq batas volume filtrasi atau penurunan debit \geq batas penurunan debit. Gambar 2 menunjukkan blok diagram sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. Blok diagram sistem

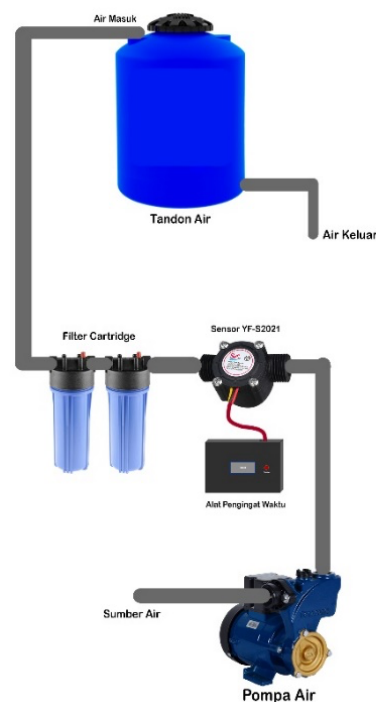
Desain alat tampak luar terdiri dari 2 buah *push button*. *Push button* 1 warna merah digunakan untuk mereset setelan awal dan digunakan saat baru menggunakan CF. *Push button* 2 berwarna kuning di gunakan untuk menyimpan volume hasil filtrasi. Pada desain ini juga tampak OLED I2C 0.96 inci untuk menampilkan informasi volume air, debit air dan

penurunan debit air. *Buzzer* pada sisi kanan akan ON sebagai indikator CF sudah harus diganti. *Casing Alat* ini terbuat dari plastik berwarna hitam dengan ukuran 125 x 85 x 50 mm. Gambar 3 menunjukkan perancangan casing alat.



Gambar 3. Perancangan casing tampak atas

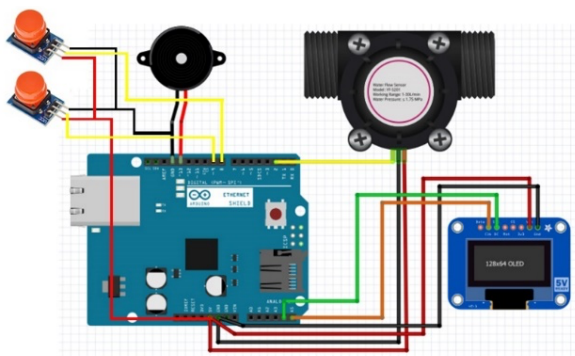
Desain penempatan alat sistem notifikasi penggantian CF air berbasis *water flow sensor* ini memudahkan penulis untuk merancang bangun alat yang dimaksud. Gambar 4 menunjukkan penempatan posisi alat.



Gambar 4. Desain penempatan Alat

2.3.1. Perancangan perangkat keras

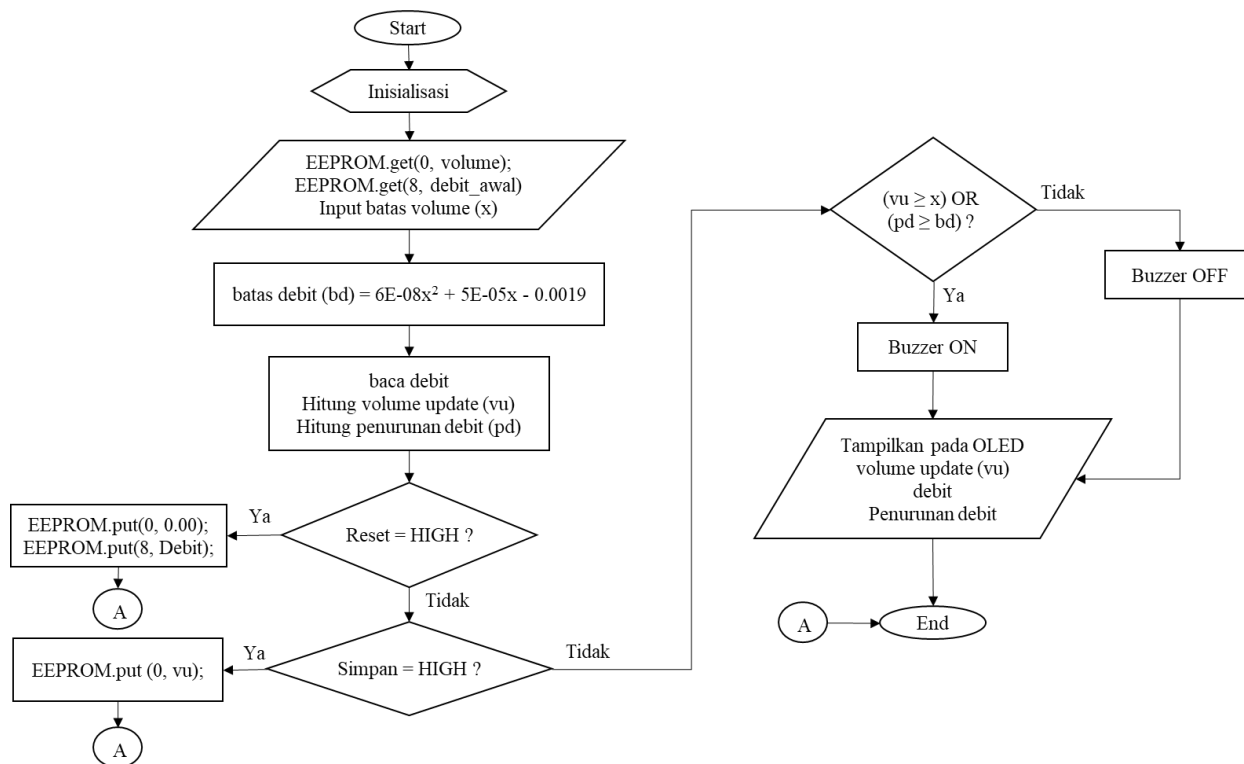
Water flow sensor YF-S201 untuk mendeteksi volume dan debit hasil filtrasi dihubungkan ke Pin No. 2 pada Arduino Uno, *push button 1* (warna merah) dan *push button 2* (warna kuning) dihubungkan ke Pin 8 dan 9. *Push button 1* berfungsi untuk mereset (menyimpan nilai debit yang terdeteksi menjadi debit awal dan volume hasil filtrasi di isi dengan nilai 0) pada internal EEPROM. *push button 2* berfungsi untuk menyimpan volume hasil filtrasi terakhir. OLED I2C 0.96 inch dihubungkan pada Pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) dan *buzzer* untuk memberikan peringatan (notifikasi) waktunya untuk mengganti CF dihubungkan pada Pin 13. Gambar 5 menunjukkan rangkaian alat secara keseluruhan.



Gambar 5. Rangkaian secara keseluruhan

2.3.2. Perancangan perangkat lunak

Pada perancangan perangkat lunak ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE yang kemudian ditanamkan ke dalam Arduino Uno. Tujuan dari perancangan program ini agar komponen alat yang digunakan dapat melakukan perintah yang sesuai dengan tujuan dari alat yang dirancang. Gambar 6 menunjukkan *flowchart* keseluruhan.



Gambar 6. Flowchart keseluruhan

Program dimulai dengan menginisialisasi semua variabel yang diperlukan, diikuti oleh inisialisasi komponen perangkat keras seperti pengaturan mode pin, memulai komunikasi serial, pemasangan interupsi untuk *water flow sensor* dan pengaturan layar OLED. Pada awalnya program membaca data dari alamat 0 dan disimpan pada variabel volume lalu membaca data dari alamat 8 dan disimpan pada variabel debit awal. Nilai batas volume sebagai nilai volume hasil filtrasi sebagai indikator *service life* CF dalam penelitian ini di tetapkan 2851,6 liter. Selain itu nilai batas debit juga digunakan sebagai indikator *service life* dimana dapat dihitung berdasarkan persamaan kuadrat yang di tunjukkan pada persamaan (2) sehingga di peroleh batas debit = 62,86%. Langkah berikutnya sistem akan mendeteksi debit saat ini dan menghitung volume saat ini serta menghitung penurunan debit menggunakan persamaan (1)

$$\left| \frac{(debit\ awal) - (debit)}{(debit\ awal)} \right| \times 100\% \tag{1}$$

Jika *push button* 1 ditekan akan memberikan logika *High* yang akan membawa kedalam kondisi riset yang akan

menyimpan data 0,00 pada EEPROM dengan alamat 0 dan nilai debit ke EEPROM dengan alamat 8. Kondisi riset ini di gunakan saat pertama kali menggunakan CF atau saat mengganti CF. Jika *push button 2* ditekan akan memberikan logika *High* yang akan menyimpan nilai volume saat ini pada EEPROM pada alamat 0. *Buzzer* akan ON sebagai notifikasi untuk mengganti CF pada saat : volume saat ini \geq batas volume ATAU penurunan debit \geq batas debit. Selanjutnya, layar OLED diperbarui untuk menampilkan nilai volume saat ini, debit, dan penurunan debit.

3. Hasil dan pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat memberikan notifikasi suara *buzzer* sebagai indikator waktu untuk mengganti FC. Untuk memastikan sistem yang dirancang telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan, maka dilakukan pengujian yang meliputi pengujian penditeksian volume air, pengambilan data dan pengujian sistem keseluruhan.

3.1. Pengujian penditeksi volume

Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air melalui *water flow sensor* YF-S201 dengan volume 1 liter (diukur dengan gelas ukur) lalu hasilnya dibandingkan dengan program yang telah di buat. Pengujian dilakukan berulang sebanyak 10 kali. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian penditeksi volume.

Tabel 1. Pengujian penditeksi volume

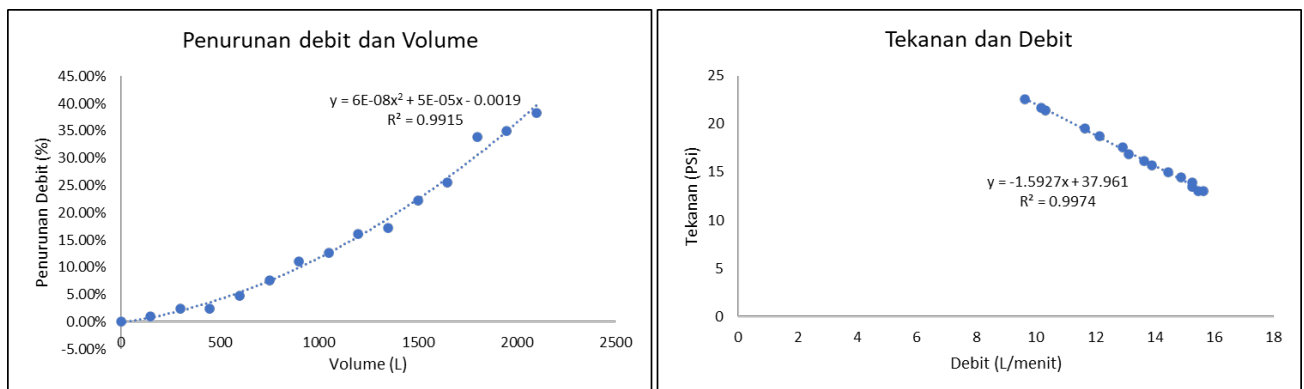
No	Sistem (L)	Error	No	Sistem (L)	Error
1	0.99	1.00%	6	0.97	3.00%
2	1.05	5.00%	7	0.95	5.00%
3	1.02	2.00%	8	0.94	6.00%
4	1	0.00%	9	0.99	1.00%
5	0.97	3.00%	10	0.97	3.00%
Rata-rata error					2.90%

Hasil pengujian penditeksi volume menggunakan Sensor YF-S201 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik, meskipun terdapat variasi hasil pengukuran dengan *error* maksimum sebesar 6% yang terjadi pada percobaan ke-8. Dengan rata-rata *error* sebesar 2,90%, sensor ini dapat dikategorikan cukup akurat untuk pengukuran aliran air dalam skala 1 liter.

3.2. Pengujian pengambilan data

Pengambilan data sample dilakukan untuk mengetahui hubungan volume hasil filtrasi dengan penurunan debit dan hubungan debit air terhadap tekanan air pada *input* CF. Pengujian dilakukan dengan mengambil data volume air hasil filtrasi, debit air menggunakan *water flow sensor* YF-S201 dan tekanan pada *input* CF diukur menggunakan *pressure gauge*. Data diambil setiap peningkatan volume 150 L sebanyak 15 kali.

Input pompa air dari toren 250 L yang merupakan air baku yang diambil dari danau buatan. Pompa air yang digunakan menggunakan spesifikasi daya *output* 125 watt dan debit air 34 Liter / menit. Grafik hubungan penurunan debit terhadap volume hasil filtrasi dan Grafik hubungan debit terhadap tekanan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik penurunan debit terhadap volume dan tekanan terhadap debit

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7 merupakan plot antara volume air (sumbu x) dengan penurunan debit air (sumbu y). Grafik ini menunjukkan hubungan kuadratik, yang dicerminkan oleh persamaan:

$$y = 0,00000006x^2 + 0,00005x - 0,0019 \quad (2)$$

Dengan $R^2 = 0,9915$ ini menunjukkan bahwa model ini sangat baik dalam menjelaskan hubungan volume air dan persentase penurunan debit. Dalam penelitian ini di tetapkan batas filtrasi air adalah 2.851,6 liter, maka dengan menggunakan persamaan 2 didapat nilai batas penurunan debit air 62,86 %. Grafik volume dan tekanan terhadap debit memiliki hubungan linear negatif antara debit air dan tekanan air pada sisi *input* CF dengan persamaan :

$$y = -1.5927x + 37.961 \quad (3)$$

Dari grafik tekanan terhadap debit terlihat semakin besar debit maka tekanan pada sisi *input* akan menurun. Koefesien sebesar -1,5927 menunjukkan setiap peningkatan 1 L/h debit air maka tekanan akan berkurang 1,5927 psi. Nilai $R^2 = 0,9974$ menunjukkan hubungan debit dan tekanan pada sisi *input* sangat kuat.

3.3. Pengujian sistem keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan dengan alat yang telah dirancang. Setelah modul terhubung ke sumber daya, modul akan langsung menyala. Pada layar OLED, akan ditampilkan data seperti volume air, debit air, dan batas debit. Prosedur penggunaan alat ini saat pertama digunakan (filter baru) : hidupkan sistem dan tekan tombol merah (*push button* 1) untuk menyimpan data debit awal (dalam penelitian ini debit awal 13,08 L/menit) dan batas volume air hasil filtrasi adalah 2851,6 L. Gambar 8 menunjukkan pengaturan awal sistem yang digunakan dan data Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2



Gambar 8. Pengaturan awal

Buzzer akan ON saat volume saat ini \geq batas volume ATAU penurunan debit \geq batas debit. Batas volume filtrasi dalam penelitian ini ditetapkan 2851,6 L dan batas debit dihitung dengan persamaan (2) di dapat 62,86% (penurunan debit = 4,86 L/menit).

Tabel 2. Hasil pengujian sistem

No	Volume hasil Filtrasi (L)	Debit (L/menit)	Penurunan Debit	<i>Buzzer</i>
1	15.72	13.08	0%	OFF
2	2826.87	5.28	60%	OFF
3	2843.35	4.8	63%	ON
4	2852.94	5.16	61%	ON
5	2867.31	4.68	64%	ON

Berdasarkan hasil dari Tabel 2, pada percobaan No. 1 dan 2 *buzzer* dalam keadaan OFF disebabkan batas volume $< 2851,6$ L dan nilai penurunan debit $< 62,86\%$ (debit yang terditeksi masih $> 4,86$ L/menit). Pada percobaan No. 3 stop kran pada bagian *input* CF di tutup sedikit dengan tujuan menaikkan tegangan diferensial pada CF sehingga terjadi penurunan debit air. Pada percobaan ini keadaan *buzzer* ON karena penurunan debit yang terditeksi $\geq 63\%$. Percobaan No. 4 *buzzer* ON disebabkan batas volume air hasil filtrasi $\geq 2851,6$ L dan percobaan 5, *buzzer* ON disebabkan volume air hasil filtrasi $\geq 2851,6$ L dan penurunan debit yang terditeksi $\geq 62,86\%$. Gambar 9 menunjukkan keadaan CF setelah filtrasi sebanyak 1050 L dan 2100 L.



Gambar 9. Keadaan FC setelah filtrasi

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah berhasil dirancang alat yang dapat memberikan notifikasi untuk mengganti CF berdasarkan informasi volume hasil filtrasi dan debit air. Hasil pengujian sistem pendeteksi volume menggunakan *water flow sensor* YF-S201 memiliki *error* rata-rata 2,90% dari 10 kali pengujian pendeteksian volume air 1 L. Berdasarkan pengujian pengukuran tekanan pada sisi *input* CF dan debit air didapatkan hubungan *linear* negatif antara debit air dan tekanan air pada sisi *input* CF, semakin besar debit maka tekanan pada sisi *input* akan menurun, setiap peningkatan 1 L/h debit air maka tekanan akan berkurang 1,5927 psi. Berdasarkan hasil pengujian volume air hasil filtrasi terhadap penurunan debit menunjukkan bahwa model ini sangat baik dalam menjelaskan hubungan volume hasil filtrasi dan penurunan debit. Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan sistem telah dapat memberikan notifikasi saat volume saat ini \geq batas volume ATAU penurunan debit \geq batas debit. Untuk pengembangan sistem di masa mendatang, disarankan integrasi sensor tekanan serta konektivitas *Internet of Things* (IoT) guna memungkinkan pemantauan dan notifikasi penggantian filter secara jarak jauh melalui perangkat seluler

Daftar Pustaka

- [1] N. C. Elvania, *Buku Ajar Pengolahan Air*, Pertama. Bandung: Widina Media Utama, 2025.
- [2] P. A. E. Sari, Y. Yushardi, and S. Sudarti, "Analisis Teknologi Pengolahan Air untuk Meningkatkan Kualitas Air Bersih," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 10, no. 13, pp. 645–650, 2024.
- [3] F. Trifirò and P. Zanirato, "Water purification: physical, mechanical, chemical and biological treatments," *Mathews J Pharma Sci*, vol. 8, no. 03, p. 42, 2024.
- [4] M. Selintung and S. Syahrir, "Studi Pengolahan Air Melalui Media Filter Pasir Kuarsa (Studi Kasus Sungai Malimpung)," in *Hasil Penelitian Fakultas Teknik*, 2012, pp. 978–979. doi: 10.13140/RG.2.2.10247.83362.
- [5] A. Indra and A. Sutanto, "Prototipe alat pencuci *cartridge* filter usaha air minum isi ulang," *INOVTEK POLBENG*, vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2016.
- [6] G. Viccione, S. Evangelista, and G. de Marinis, "Experimental analysis of the hydraulic performance of filtering *cartridges* in drinking water networks," *Water (Switzerland)*, vol. 10, no. 5, pp. 1–17, 2018, doi: 10.3390/w10050629.
- [7] G. Viccione and S. Evangelista, "Head loss induced by filter *cartridges* in drinking water networks," in *Proceedings of the 15th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2017)*, Rhodes, Greece, 2017.
- [8] A. Zaharia *et al.*, "Scanning Electron Microscope Analysis of Polypropylene Filter Cartridges Used in Drinking Water Purification Systems," *Water (Switzerland)*, vol. 16, no. 1, 2024, doi: 10.3390/w16010165.
- [9] PT Delta Puro Indonesia, "Menentukan Ukuran Micron Filter Cartridge," www.deltapuro.com. Accessed: Jun. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.deltapuro.com/2019/09/menentukan-ukuran-micron-filter.html>
- [10] A. W. Hasbiah, L. Mulyatna, and W. R. Pahilda, "Penyisihan total coliform dalam air hujan menggunakan media filter zeolite termodifikasi, karbon aktif, dan melt blown filter *cartridge*," *Infomatek*, vol. 21, no. 1, pp. 15–26, 2019.
- [11] Z. Hikmah, F. Kriswandana, and S. Suprijandani, "Penurunan Total Bakteri Coliform Menggunakan elt Blown Cartridge Filter dan Ultraviolet di Wisata Religi Maulana Malik Ibrahim Gresik," *J. Penelit. Kesehatan" SUARA FORIKES"(Journal Heal. Res. Forikes Voice)*, vol. 12, no. 4, pp. 402–405, 2021.
- [12] J. Jubaidi and M. Gazali, "Filtrasi Air Sumur Gali Menjadi Air Minum Menggunakan Filter Air (0.3 μ dan 0.1 μ), Filter Fe dan Filter Mn Serta Filter Karbon Aktif," *J. Nurs. Public Heal.*, vol. 9, no. 1, pp. 40–46, 2021.
- [13] I. P. Nugraha, I. G. A. P. R. Agung, and P. Rahardjo, "Rancang Bangun Alat Pengingat Penggantian Water Filter MC2 Memanfaatkan SMS Berbasis Mikrokontroler Atmega-328," *SPEKTRUM*, vol. 3, no. 2, pp. 41–47, 2016, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/25363>

- [14] banyubersih.com, "Filter Spoon 10" 5 micron." Accessed: Jun. 06, 2025. [Online]. Available: [https://banyubersih.com/product/filter-spoon-cartridge-filter-10"-5-micron/](https://banyubersih.com/product/filter-spoon-cartridge-filter-10)
- [15] N. Sutjahjo, F. Anggraini, and R. Pamekas, "Konsumsi dan pelanggan air minum di kota besar dan metropolitan," *J. Permukim.*, vol. 6, no. 3, pp. 138–146, 2011.
- [16] R. R. Iyengar, "The water flow monitoring module," *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 106–113, 2016.
- [17] G. W. Nugroho and R. Effendi, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Luas Permukaan Kulit Menggunakan Konveyor dan Sensor Optik Berbasis Arduino," *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 1, pp. F1–F7, 2022.