

NASKAH ORISINAL

Aplikasi *Smart Water Filter* Terintegrasi Panel Surya Untuk Penyediaan Air Bersih Pada Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona

Ali Musyafa¹ | Imam Abadi¹ | Muhammad Khamim Asy'ari^{1,*} | Ardyas Nur Aufa² | Muhammad Roy Ashiddiqi² | Kafi Hannan Alhadi³ | Chairul Imron⁴ | Nisfatul Lamdia¹ | Mochamad Raffi Isyanto¹

¹Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

²Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

³Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁴Departemen Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Muhammad Khamim Asy'ari, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: mkasyari@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Pengukuran, Keandalan, Risiko, dan Keselamatan, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Pondok Tahfidzul Quran Saqona, Surabaya menggunakan air tanah sebagai sumber utama air bersih, yang belum melalui proses filtrasi modern. Hal ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi santri dan pengelola Pondok Pesantren. Salah satu upaya dalam mengatasi masalah tersebut adalah dengan menyediakan *Smart Water Filter* melalui pengabdian kepada masyarakat. Pengabdian masyarakat ini bertujuan menyediakan solusi penyediaan air bersih yang hemat energi dan ramah lingkungan melalui penerapan *Smart Water Filter* berbasis panel surya di Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona, Surabaya. Teknologi yang diusulkan memungkinkan penyaringan air tanah menjadi air layak pakai secara otomatis dan berkelanjutan tanpa bergantung pada listrik PLN. Metode kegiatan terdiri dari empat tahap, antara lain : perancangan sistem mekanik water filter berbasis *reverse osmosis*, perancangan sistem elektrik panel surya, perancangan sistem *monitoring* TDS, dan pengujian *Smart Water Filter*. Hasil implementasi *Smart Water Filter* berbasis sensor TDS menunjukkan kinerja yang akurat dan presisi dengan nilai masing-masing sebesar 99,18% dan 99%, dengan penurunan nilai TDS dari 113–115 ppm menjadi 105–107 ppm setelah filtrasi. Integrasi dengan panel surya juga telah berhasil dilakukan, sehingga *Smart Water Filter* terbukti tidak hanya efektif dalam penyaringan air tetapi juga mengimplementasikan energi terbarukan secara berkelanjutan.

Kata Kunci:

Air Bersih, Panel Surya, Pondok Pesantren, *Smart Water Filter*, *Total Dissolved Solids*.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Akses terhadap air bersih sangat penting untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari, salah satu aplikasi air bersih digunakan untuk mandi, wudhu, mencuci pakaian, memasak, dan kebutuhan konsumsi santri di pondok pesantren. Tidak semua pondok pesantren memiliki akses terhadap air bersih yang memenuhi standar kesehatan, seperti halnya di Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona di Kelurahan Medokan Ayu, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Pondok Pesantren ini menggunakan air tanah sebagai sumber utama air bersih, yang belum melalui proses filtrasi modern. Penggunaan air yang tidak memenuhi standar kualitas berisiko menyebabkan gangguan kesehatan bagi santri dan pengelola Pondok Pesantren^[1, 2].

Salah satu upaya dalam menyediakan air bersih di Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona adalah dengan menggunakan sistem *water filter*. Sistem ini dapat memfiltrasi air menjadi siap pakai untuk digunakan dalam kebutuhan harian di Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona. Sistem ini dilengkapi dengan sistem pengukuran TDS yang selanjutnya digunakan untuk menentukan waktu penjadwalan *flushing* sehingga disebut *Smart Water Filter*. Sistem ini juga menggunakan panel surya sebagai sumber energi listrik. Penggunaan *Smart Water Filter* bertujuan untuk memastikan kualitas air tetap layak digunakan dengan memantau nilai TDS^[3]. Ketika nilai TDS melebihi 300 ppm, sistem akan secara otomatis melakukan *flushing* untuk membersihkan filter dan menjaga kinerja penyaringan tetap optimal^[4].

Kegiatan pengabdian ini mengusulkan penerapan teknologi *Smart Water Filter* yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber listrik. Pemanfaatan energi surya diperlukan karena sistem filtrasi air memerlukan suplai daya untuk mengoperasikan pompa, sensor *Total Dissolved Solids* (TDS), dan sistem kontrol otomatis *flushing*. Penggunaan panel surya juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional, menekan biaya operasional, serta meningkatkan keberlanjutan pengoperasian sistem^[5]. Air dari sumber lokal seperti air tanah dapat diolah secara otomatis dan efisien sehingga menjadi air layak pakai dengan dukungan penggunaan panel surya. Teknologi ini memungkinkan air dari sumber lokal seperti air tanah diproses secara otomatis dan efisien sehingga menjadi air layak pakai. Sistem ini menggunakan panel surya sebagai sumber energi listrik sehingga sistem dapat beroperasi mandiri dan berkelanjutan, tanpa ketergantungan pada jaringan listrik utama^[5]. Program ini sejalan dengan tema unggulan Pusat Kajian Teknologi Tepat Guna (TTG) ITS Tahun 2024, terutama di sektor air dan sanitasi bersih, yang mendorong pengembangan sistem penyediaan air bersih berbasis pemberdayaan masyarakat. Program ini juga mendukung pemanfaatan teknologi energi surya sebagai energi bersih dan terbarukan untuk sistem pengolahan air^[1]. Implementasi kegiatan ini di Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona diharapkan dapat menjadi model percontohan penerapan teknologi penyediaan air bersih berbasis energi bersih yang dapat direplikasi ke komunitas lain di kawasan *urban* dan *semi-urban*.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Pembangunan lingkungan sekitar menjadi salah satu langkah awal untuk mewujudkan kesejahteraan global melalui fokus *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 6 dan 7. Peningkatan kesehatan masyarakat dan kebersihan lingkungan diperlukan adanya sanitasi yang layak dan air yang bersih. Mitra yang dipilih adalah yang saat ini terdampak dengan sanitasi dan air yang kurang layak untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pembuatan sebuah sistem yang dapat mengakomodasi kekurangan yang ada di wilayah yang terdampak untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kelayakan sanitasi, maka terdapat beberapa solusi yang ditawarkan antara lain:

1. Melakukan edukasi kepada masyarakat pondok pesantren terkait air bersih dan sanitasi yang baik serta pemanfaatan energi terbarukan serta mampu menjadi metode transisi energi.
2. Membuat alat berupa *Smart Water Filter* yang dapat memfiltrasi air menjadi siap pakai dengan memanfaatkan energi terbarukan berupa panel surya. *Smart Water Filter* dilengkapi *monitoring* berkala terhadap kualitas air hasil penyaringan, termasuk pengukuran parameter penting yaitu TDS (*Total Dissolved Solids*). Hal ini bertujuan untuk memastikan air yang dihasilkan selalu dalam standar layak pakai, yaitu di bawah 300 ppm. Jika nilai TDS yang didapat lebih dari 300 ppm, maka akan dilakukan *flushing*.

Pelaksanaan kegiatan melibatkan partisipasi dosen sebanyak 7 dosen dan mahasiswa yang berjumlah 20 mahasiswa. Adanya kerja sama antara dosen dan mahasiswa diharapkan mampu membangun kegiatan berkelanjutan dalam pemberdayaan masyarakat sekitar.

1.3 | Tujuan, Dampak, dan Manfaat

Target luaran kegiatan ini adalah:

Dalam pengabdian masyarakat ini adapun tujuan, manfaat, dan dampak dari penerapan aplikasi Smart Water Filter terintegrasi panel surya yang dipaparkan dalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Tujuan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini memiliki dua tujuan yang ingin dicapai, diantaranya:

- (a) Meningkatkan akses terhadap air bersih yang layak pakai bagi santri dan pengelola Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona melalui penerapan teknologi *Smart Water Filter*.
- (b) Mengimplementasikan penggunaan energi terbarukan berbasis panel surya untuk mendukung operasional sistem penyaringan air secara mandiri, efisien, dan berkelanjutan.

2. Manfaat

Bagi Mitra (Pondok Pesantren):

- (a) Mendapatkan solusi nyata atas permasalahan keterbatasan air bersih melalui instalasi sistem penyaringan yang modern dan efektif.
- (b) Memiliki sistem air bersih yang hemat biaya operasional karena didukung oleh energi panel surya.
- (c) Meningkatkan pemahaman pengurus dan santri terhadap pentingnya air bersih dan pemanfaatan energi terbarukan.

Bagi Tim Pelaksana (Dosen dan Mahasiswa):

- (a) Menerapkan ilmu dan teknologi tepat guna secara langsung di masyarakat.
- (b) Meningkatkan keterlibatan aktif dalam pemberdayaan komunitas berbasis solusi keberlanjutan.

3. Dampak

Kegiatan pengabdian masyarakat ini, diharapkan dapat memberi dampak antara lain:

- (a) Mitra dapat secara mandiri menyediakan air bersih bagi lingkup pondok pesantrennya serta mengurangi permasalahan ketersediaan air bersih.
- (b) Memperoleh umpan balik terkait penerapan teknologi filtrasi air yang dilengkapi panel surya dari mitra.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Edukasi tentang Pentingnya Air Bersih dan Sanitasi

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan dan kualitas hidup. Ketersediaan air bersih yang memenuhi standar kesehatan dapat mengurangi risiko penyakit berbasis lingkungan seperti diare, infeksi kulit, dan gangguan pencernaan^[6]. Air digunakan dalam berbagai aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, memasak, dan konsumsi sehingga kualitas air sangat menentukan tingkat kesehatan masyarakat. Penyediaan air bersih yang aman dan berkelanjutan menjadi aspek penting dalam kehidupan sehari-hari, serta pengelolaan sumber air juga perlu diperhatikan untuk menjaga kualitas air dalam jangka panjang.

Sanitasi merupakan faktor yang tidak terpisahkan dari penyediaan air bersih dalam menjaga kesehatan lingkungan. Sanitasi mencakup pengelolaan limbah, kebersihan lingkungan, serta perilaku hidup bersih dan sehat yang saling berkaitan. Kurangnya akses terhadap sanitasi yang layak dapat meningkatkan paparan terhadap kontaminasi lingkungan dan memperbesar beban penyakit yang berkaitan dengan layanan air, sanitasi, dan higiene^[6]. Tantangan layanan ini juga masih berkaitan dengan ketimpangan akses, kapasitas pengelolaan, dan keberlanjutan layanan di berbagai wilayah^[7]. Peningkatan sanitasi harus dilakukan secara bersamaan dengan penyediaan air bersih.

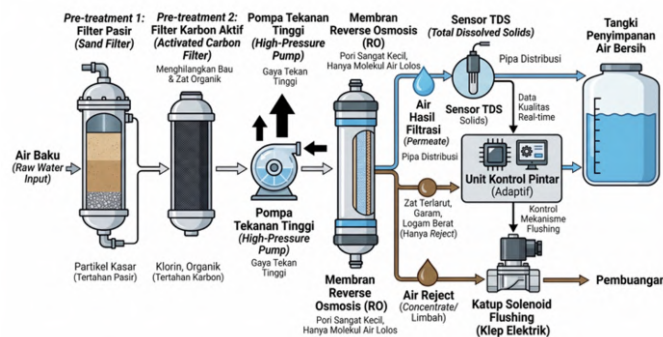
Edukasi mengenai pentingnya air bersih dan sanitasi menjadi langkah penting dalam meningkatkan kesadaran masyarakat. Edukasi dapat dilakukan melalui penyuluhan, pelatihan, maupun penerapan teknologi yang mendukung penggunaan air bersih. Edukasi dalam lingkungan pondok pesantren sangat penting karena penggunaan air dilakukan secara komunal oleh banyak penghuni. Santri dan pengelola diharapkan mampu memahami pentingnya menjaga kualitas air serta menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat melalui edukasi. Hal ini juga mendukung keberhasilan implementasi teknologi pengolahan air yang diterapkan di lingkungan pondok pesantren.

2.2 | Sistem Mekanik Smart Water Filter berbasis Reverse Osmosis

Sistem penyaringan air (*Water Filter*) merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan kontaminan seperti partikel padat, mikroorganisme, dan zat terlarut. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah RO (*Reverse Osmosis*), yaitu proses pemisahan zat terlarut dari air menggunakan membran semipermeabel dengan bantuan tekanan tinggi^[8]. Teknologi ini mampu menyaring partikel hingga ukuran sangat kecil sehingga menghasilkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi^[9]. Sistem RO banyak digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air minum. Penggunaan teknologi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air secara signifikan.

Proses filtrasi pada sistem RO terdiri dari beberapa tahapan yang saling terintegrasi. Tahap awal dilakukan melalui *pre-treatment* menggunakan filter pasir dan karbon aktif untuk menghilangkan kotoran kasar, bau, dan zat organik^[8]. Air dialirkan menuju membran RO untuk menyaring zat terlarut seperti garam dan logam berat. Proses ini menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik dan aman untuk digunakan. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam menjaga efektivitas sistem filtrasi, sehingga desain sistem harus mempertimbangkan urutan proses filtrasi secara tepat.

Sistem mekanik *Smart Water Filter* terdiri dari beberapa komponen utama seperti pompa air, tabung filter, pipa distribusi, dan tangki penyimpanan. Pompa digunakan untuk memberikan tekanan agar air dapat melewati media filtrasi dan membran RO secara optimal. Kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh kondisi filter, sehingga diperlukan perawatan rutin seperti *flushing* untuk menjaga performa penyaringan tetap optimal^[9]. Tanpa perawatan yang baik, sistem dapat mengalami penurunan kinerja akibat penumpukan kotoran pada filter. Oleh karena itu, sistem harus dirancang agar mudah dalam proses pemeliharaan. Sistem mekanik *water filter* berbasis *reverse osmosis* ditampilkan Gambar 1.



Gambar 1 Sistem Mekanik Reverse Osmosis.

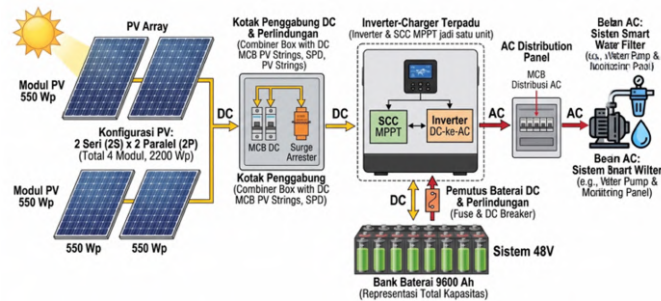
Sistem RO dapat dikombinasikan dengan teknologi monitoring berbasis sensor TDS (*Total Dissolved Solids*). Parameter TDS digunakan sebagai indikator jumlah zat terlarut dalam air sehingga dapat membantu dalam memastikan kualitas air hasil filtrasi^[4]. Monitoring dilakukan secara *real-time* untuk mengetahui kondisi air yang dihasilkan. Data yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan, seperti penentuan waktu *flushing*. Dengan demikian, sistem menjadi lebih adaptif dan efisien dalam menjaga kualitas air^[10].

2.3 | Sistem Elektrik Panel Surya

Panel surya merupakan teknologi yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Pemanfaatan energi surya semakin berkembang karena bersifat terbarukan, ramah lingkungan, dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap

energi konvensional^[5]. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung maupun disimpan dalam baterai untuk digunakan sesuai kebutuhan sistem. Hal ini menjadikan panel surya sebagai solusi alternatif dalam penyediaan energi listrik, serta mendukung upaya pengurangan emisi karbon.

Sistem panel surya terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Komponen tersebut meliputi modul panel surya, baterai, *charge controller*, dan *inverter*. Panel surya menghasilkan energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) yang kemudian disimpan dalam baterai. *Charge controller* berfungsi mengatur proses pengisian baterai agar tidak terjadi kerusakan. *Inverter* digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus bolak-balik (AC) sesuai kebutuhan beban^[11]. Kombinasi komponen ini memungkinkan sistem bekerja secara optimal dan stabil. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

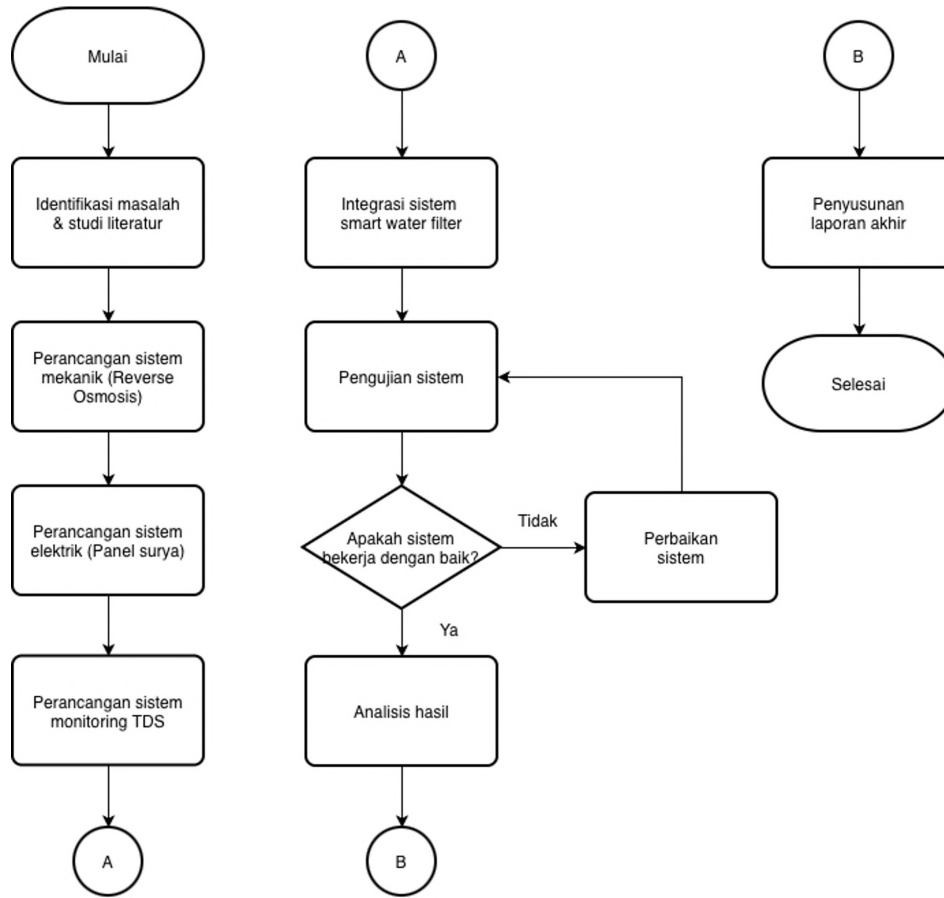
Pemanfaatan panel surya dalam sistem pengolahan air memberikan berbagai keuntungan. Panel surya dapat mengurangi ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional dan menekan biaya operasional^[12]. Penggunaan energi surya mendukung konsep keberlanjutan dan ramah lingkungan dalam sistem teknologi. Integrasi panel surya dengan sistem pemurnian air telah banyak dikembangkan sebagai solusi penyediaan air bersih, terutama di daerah dengan keterbatasan akses listrik^[5]. Hal ini sangat relevan untuk diterapkan pada sistem *Smart Water Filter*.

Panel surya dalam sistem *Smart Water Filter* digunakan sebagai sumber energi untuk mengoperasikan pompa air dan sistem monitoring kualitas air. Sistem dapat beroperasi tanpa bergantung pada listrik PLN dengan adanya sumber energi mandiri. Hal ini sangat bermanfaat terutama pada lokasi dengan keterbatasan akses listrik. Selain itu, penggunaan panel surya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem secara keseluruhan. Integrasi panel surya dengan sistem *Smart Water Filter* menjadi solusi yang tepat dalam pengembangan sistem pengolahan air berbasis teknologi.

3 | METODE KEGIATAN

Metode kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Tahapan kegiatan diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan sistem. Tahapan selanjutnya dilakukan perancangan sistem mekanik *Smart Water Filter* berbasis *Reverse Osmosis*, perancangan sistem elektrik panel surya, dan perancangan sistem *monitoring* kualitas air menggunakan sensor *Total Dissolved Solids* (TDS). Integrasi dan pengujian sistem dilakukan setelah seluruh subsistem dirancang untuk mengevaluasi kinerjanya secara keseluruhan. Hasil pengujian selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis dan penyempurnaan sistem agar dapat beroperasi secara optimal dan berkelanjutan.

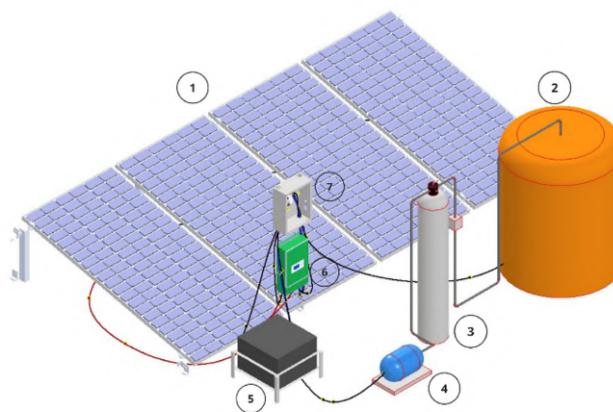
Gambar 3 menunjukkan tahapan kegiatan pengabdian yang dilakukan secara sistematis, dimulai dari identifikasi masalah hingga tahap pengujian dan evaluasi sistem. Setiap tahapan saling berkaitan, dengan hasil dari proses perancangan digunakan sebagai dasar integrasi sistem sebelum dilakukan pengujian. Apabila hasil pengujian belum sesuai, maka dilakukan perbaikan sistem hingga diperoleh kinerja yang optimal. Rincian tahapan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dijelaskan lebih lanjut pada Subbab 3.1 sampai dengan 3.4.



Gambar 3 Diagram Alur Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat.

3.1 | Perancangan Sistem Mekanik Water Filter Berbasis Reverse Osmosis

Perancangan mekanik *Smart Water Filter* berbasis *reverse osmosis* dilakukan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai rancangan fisik sistem^[8, 9]. Rancangan ini menampilkan alur perpipaan, penempatan komponen penyaringan, serta integrasi dengan panel surya sebagai sumber energi. Visualisasi rancangan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Gambar Mekanik Sistem *Smart Water Filter*.

Untuk mempermudah identifikasi setiap bagian pada rancangan mekanik *Smart Water Filter*, komponen-komponen yang ditunjukkan dengan penomoran pada Gambar 4 dijabarkan lebih lanjut pada Tabel 1.

Tabel 1 Daftar Komponen Mekanik Smart Water Filter

Nomor	Nama Komponen
1	Panel Surya
2	Tangki Air
3	Filter Air
4	Pompa
5	Baterai
6	Inverter
7	Panel Box

Setiap komponen utama pada sistem memiliki spesifikasi tertentu untuk memastikan proses filtrasi dan distribusi air berjalan optimal. Rincian ukuran, kapasitas, dan karakteristik mekanik dari setiap komponen ditampilkan pada Tabel 2 sebagai acuan dalam proses perancangan dan instalasi.

Tabel 2 Spesifikasi Mekanik Smart Water Filter

Komponen	Ukuran	Keterangan
Pipa	$\frac{3}{4}$ Inc	2 Meter
Filter	26x28x141 Cm	Filter karbon aktif dan pasir dengan Berat : 11 Kg, Volume : 62 Liter , Tekanan 15 s/d 90 Psi , Temperatur : 2 s/d 43 °C
Tandon	2000 liter	Tinggi : 1,564 Meter , Diameter tandon : 1,44 Meter , Diameter tutup : 0,4 Meter , inlet : 1 Inch , Tebal dinding tandon : 0,01 Meter , Berat : 47 Kg.
Kran Wudhu	$\frac{1}{2}$ Inc	12 Buah

3.2 | Perancangan Sistem Elektrik Panel Surya

Sistem elektrik panel surya dirancang sebagai sumber energi utama yang digunakan untuk mengoperasikan seluruh komponen pada sistem *Smart Water Filter* berbasis *reverse osmosis*. Energi listrik yang dihasilkan dari panel surya disimpan dalam baterai dan diatur melalui *inverter* agar sesuai dengan kebutuhan beban, seperti pompa air dan sistem *monitoring* kualitas air melalui parameter *Total Dissolved Solid*^[11]. Perancangan sistem ini dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan daya masing-masing komponen agar sistem dapat beroperasi secara efisien dan berkelanjutan. Perhitungan kebutuhan daya, tegangan, dan arus pada setiap komponen utama dilakukan untuk menentukan spesifikasi panel surya. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3 yang memuat parameter dan spesifikasi pembangkit listrik tenaga panel surya.

Tabel 3 Hasil perhitungan parameter dan spesifikasi pembangkit listrik tenaga panel surya

Komponen	Parameter	Nilai Perhitungan	Nilai Spesifikasi	Satuan
Pompa	Daya	450	150	Watt
Sistem Monitoring TDS	Tegangan; Arus	5.5; 6	3.3 – 5.5; 3 – 6	Volt; mA
Panel Surya	Daya	100 – 500	580	Watt Peak

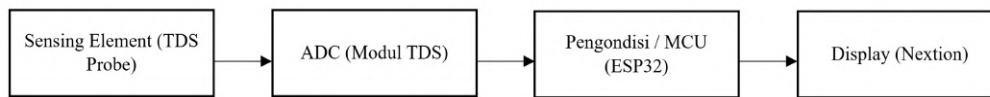
Bersambung ke halaman berikutnya

Tabel 3 – Sambungan dari halaman sebelumnya

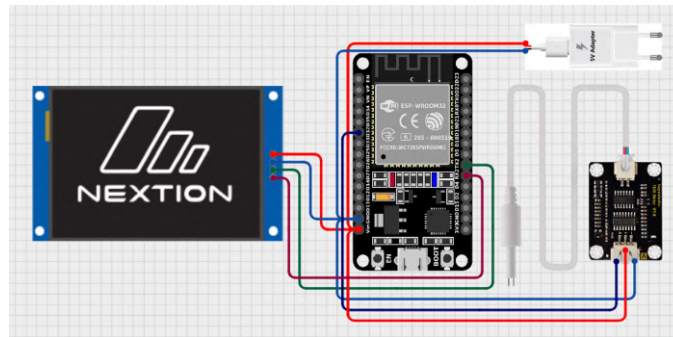
Komponen	Parameter	Nilai Perhitungan	Nilai Spesifikasi	Satuan
Baterai	Tegangan; Arus Jam	48; 100	48; 100	Volt; Ampere-hour (Ah)
Inverter	Daya; Tegangan	3000; 48	3800; 48	VA; Volt

3.3 | Perancangan Sistem Monitoring TDS

Sistem *monitoring Total Dissolved Solid* (TDS) dirancang untuk memantau kualitas air hasil penyaringan secara *real-time*. Parameter TDS digunakan sebagai indikator tingkat kemurnian air yang menunjukkan jumlah zat terlarut seperti mineral, garam, dan logam^[4]. Sistem ini terdiri atas sensor TDS sebagai elemen pengindera, modul ADC untuk konversi sinyal analog ke digital, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, serta layar *Nextion display* sebagai media penampil nilai TDS dalam satuan *parts per million* (ppm)^[10, 13]. Untuk menjelaskan alur kerja sistem secara menyeluruh, diagram blok perancangan sistem *monitoring* TDS ditunjukkan pada Gambar 5.

**Gambar 5** Diagram Blok Sistem Monitoring TDS.

Implementasi rangkaian dibuat dalam bentuk skematik untuk menggambarkan hubungan antar komponen secara rinci berdasarkan diagram blok tersebut. Skematik lengkap sistem monitoring TDS ditampilkan pada Gambar 6.

**Gambar 6** Skematik Sistem Monitoring TDS.

Konfigurasi koneksi dan kebutuhan *input-output* tiap komponen dirangkum dalam Tabel 4 untuk memastikan integrasi komponen berjalan sesuai fungsi.

Tabel 4 Konfigurasi Sistem Monitoring

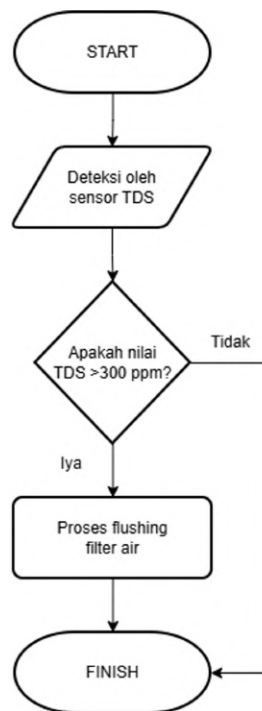
Komponen	Adaptor 5V		Input A/D	Output A/D
	+	-		
ESP32	V _{in}	GND	Digital (TDS)	Digital (RX; TX)
Sensor TDS	X	X	ESP32 (V _{in} dan GND)	Digital (ESP32: D32)

Bersambung ke halaman berikutnya...

Tabel 4 – Sambungan dari halaman sebelumnya

Komponen	Adaptor 5V		Input	Output
	+	-		
Nextion	X	X	ESP32 (V_{in} dan GND)	Display (ppm)

Proses pengaturan jadwal pencucian (*flushing*) pada sistem secara sistematis dibuat alur logika penjadwalan yang ditampilkan dalam bentuk diagram alir. Diagram alir ini menunjukkan tahapan keputusan dan urutan operasi yang digunakan untuk menentukan waktu *flushing* berdasarkan kondisi operasional sistem sesuai Gambar 7.

**Gambar 7** Diagram Alir Waktu Penjadwalan *Flushing*.

3.4 | Pengujian Smart Water Filter yang Terintegrasi Panel Surya

Pengujian *Smart Water Filter* dilakukan dengan mengambil sampel air sebelum dan sesudah proses filtrasi. Setiap sampel kemudian diuji menggunakan *TDS meter* untuk mengukur tingkat *Total Dissolved Solids* (TDS) yang menunjukkan jumlah zat padat terlarut dalam air. Nilai TDS hasil pengukuran dari kedua sampel tersebut kemudian dicatat dan diplot dalam bentuk grafik untuk mempermudah analisis perbandingan kualitas air. Efektivitas sistem *Smart Water Filter* dapat diketahui berdasarkan hasil perbandingan nilai TDS sebelum dan sesudah filtrasi dalam menurunkan kadar zat terlarut dan meningkatkan kualitas air sehingga sesuai dengan standar air bersih.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Dokumentasi visual terhadap proses dan hasil implementasi *Smart Water Filter* yang telah terintegrasi dengan panel surya dilakukan untuk memberikan gambaran awal mengenai kondisi dan keberhasilan penerapan sistem. Gambar 8 menampilkan hasil instalasi dan operasional sistem yang menjadi dasar dalam melakukan analisis kinerja pada tahap berikutnya.

Dokumentasi visual terhadap proses dan hasil implementasi *Smart Water Filter* yang telah terintegrasi dengan panel surya dilakukan untuk memberikan gambaran awal mengenai kondisi dan keberhasilan penerapan sistem. Tahapan pemasangan *Smart Water Filter* ditampilkan pada Gambar 8. Rangkaian keseluruhan *Smart Water Filter* yang terhubung dengan sumber daya panel surya ditampilkan pada Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan keterhubungan antara sistem filtrasi air, sistem *monitoring* kualitas air, serta sistem kelistrikan berbasis panel surya yang bekerja secara terintegrasi.



Gambar 8 Pemasangan (a) *Water Filter* (b) Panel Surya (c) Panel Box .



Gambar 9 Implementasi (a) Panel Surya (b) Sistem Kelistrikan (c) Sistem *Smart Water Filter*.

Pengujian sistem *monitoring* TDS dilakukan untuk memastikan ketepatan pembacaan sensor sebelum digunakan pada pengukuran utama. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai cairan standar 720 ppm, pembacaan alat standar, serta pembacaan sensor TDS. Pengujian dilakukan secara berulang untuk melihat konsistensi data dan mengidentifikasi adanya deviasi antara sensor dan alat referensi. Hasil pengujian tersebut dirangkum dalam Tabel 5 sebagai dasar evaluasi performa sensor.

Tabel 5 Hasil Pengujian Sistem Monitoring TDS

No	Nilai Cairan Standar (ppm)	Pembacaan Alat Standar (ppm)	Pembacaan Sensor TDS (ppm)
1	720	719	718,16
2	720	719	718,16
3	720	719	713,11
4	720	719	718,16
5	720	719	717,53
6	720	719	712,48
7	720	719	708,09

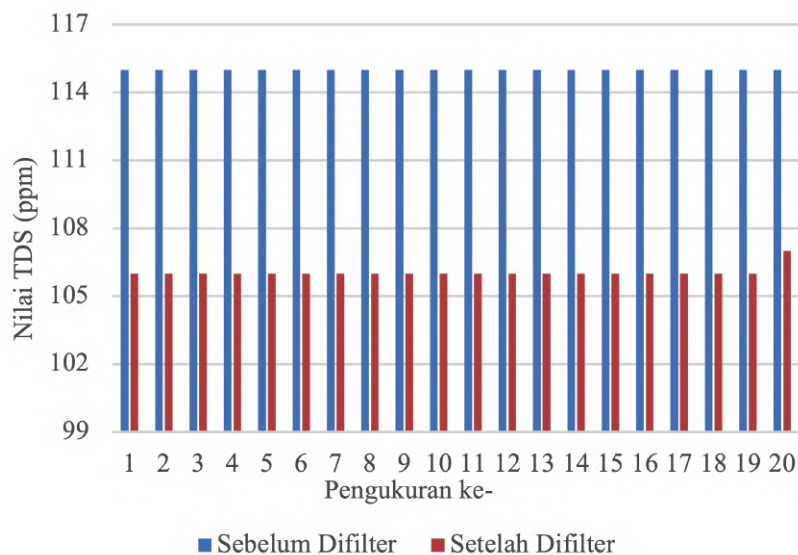
Bersambung ke halaman berikutnya...

Tabel 5 – Sambungan dari halaman sebelumnya

No	Nilai Cairan Standar (ppm)	Pembacaan Alat Standar (ppm)	Pembacaan Sensor TDS (ppm)
8	720	719	709,97
9	720	719	703,73
10	720	719	710,6
11	720	719	709,36
12	720	719	704,97
13	720	719	718,16
14	720	719	719,43
15	720	719	715
16	720	719	709,35
17	720	719	704,97
18	720	719	718,16
19	720	719	719,43
20	720	719	715

Hasil pengujian sistem *monitoring* TDS bahwa pembacaan sensor menunjukkan pola yang konsisten terhadap nilai cairan standar meskipun masih terdapat selisih kecil pada beberapa titik pengukuran. Data pengujian tersebut menjadi dasar untuk memastikan bahwa sensor bekerja dalam rentang toleransi yang dapat diterima sebelum digunakan pada pengujian lebih lanjut. Parameter performa sistem *monitoring* TDS berupa akurasi dan presisi dihitung berdasarkan hasil pengukuran. Ringkasan nilai akurasi serta presisi sensor disajikan pada Tabel 6.

Hasil pengujian nilai TDS sebelum dan setelah proses filtrasi untuk melihat efektivitas sistem *Smart Water Filter* ditampilkan pada Gambar 10.

**Gambar 10** Grafik Hasil Pengujian *Smart Water Filter*.

Hasil pengukuran berulang terlihat bahwa nilai TDS sebelum difiltrasi konsisten berada pada kisaran 113–115 ppm, sedangkan nilai TDS setelah difiltrasi turun secara signifikan ke kisaran 105–107 ppm pada setiap pengukuran. Pola grafik menunjukkan penurunan nilai TDS yang stabil dan konsisten pada seluruh percobaan, sehingga mengindikasikan bahwa sistem filtrasi bekerja

secara efektif dalam menurunkan jumlah zat terlarut. Gambar 10 juga memperlihatkan bahwa perbedaan antara kedua kondisi berlangsung relatif konstan, menunjukkan performa filtrasi yang baik dan tidak mengalami degradasi selama pengujian.

Tahap terakhir dalam pengabdian kepada masyarakat adalah penyerahan alat kepada mitra sekaligus dengan penyuluhan cara kerja dan perawatan alat. Dokumentasi penyerahan alat kepada mitra dan penyuluhan terkait pengoperasian dan perawatan *Smart Water Filter* ditampilkan pada Gambar 11-12.



Gambar 11 Foto Penyerahan Alat Kepada Mitra.



Gambar 12 Penyuluhan Teknis Alat.

Kegiatan edukasi kepada mitra dilaksanakan bersamaan dengan proses serah terima alat sebagai bagian dari transfer pengetahuan dan teknologi. Edukasi dilakukan melalui penyuluhan teknis kepada pengelola dan santri Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona dengan tujuan agar mitra mampu memahami prinsip kerja, cara pengoperasian, serta pemeliharaan sistem secara mandiri. Materi yang disampaikan meliputi penjelasan mengenai sistem filtrasi air, sistem *monitoring* kualitas air berbasis sensor TDS, serta sistem kelistrikan berbasis panel surya yang digunakan pada *Smart Water Filter*.

Mitra memberikan respon yang sangat positif terhadap pelaksanaan kegiatan ini. Mitra menyampaikan bahwa penerapan *Smart Water Filter* berbasis panel surya memberikan manfaat nyata dalam meningkatkan kualitas air yang digunakan di lingkungan pondok pesantren berdasarkan hasil diskusi selama proses serah terima. Sistem ini juga dinilai mampu mendukung efisiensi biaya operasional melalui pemanfaatan energi terbarukan. Mitra juga berharap agar program serupa dapat terus dikembangkan dengan teknologi yang lebih maju sehingga manfaatnya dapat dirasakan secara lebih luas.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Smart Water Filter berbasis sensor TDS berhasil menunjukkan kinerja yang akurat dan presisi dengan nilai masing-masing sebesar 99,18% dan 99%, dengan penurunan nilai TDS dari 113–115 ppm menjadi 105–107 ppm setelah filtrasi. Hal ini menandakan peningkatan kualitas air yang signifikan. Integrasi dengan panel surya juga telah berhasil dilakukan, sehingga *Smart Water Filter* terbukti tidak hanya efektif dalam penyaringan air tetapi juga mengimplementasikan energi terbarukan secara berkelanjutan. Mitra memberikan respon yang positif terhadap penerapan sistem ini karena mampu meningkatkan kualitas air yang digunakan serta membantu efisiensi biaya operasional melalui pemanfaatan energi surya. Mitra juga berharap agar pengembangan teknologi serupa dapat terus dilakukan sehingga manfaatnya dapat dirasakan secara lebih luas di lingkungan pondok pesantren.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat – Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui skema Perjanjian Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat Berbasis Produk dengan nomor kontrak 1965/PKS/ITS/2025.

Referensi

1. El-Kanj HG, Alomari MM, Alshdaifat NI. A renewable smart IoT-based water desalination system: A validated Kuwaiti case study. *Results in Engineering* 2025;28:107693.
2. Cao S, Thomas A, Li C. Emerging Materials for Interfacial Solar-Driven Water Purification. *Angewandte Chemie International Edition* 2023;62(8):e202214391.
3. Mazhar AA, Chan KY, Pang WL, Ng ZN. Solar Powered Water Purification System. *Journal of Engineering Science and Technology* 2025;20(4):104–113.
4. Hidayatullah M, Sofyan S, Topan PA, Andriani T, Nurhairunnisah N. Monitoring System of Water Quality on Hydroponic Planting Media using Total Dissolved Solid (TDS) Sensor Based Arduino Uno R3. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas* 2022;14(2):108–115.
5. Arifin Z, Tjahyana DDDP, Juwana WE, Rachmanto RA, Yaningsih I. Implementation of Solar-Powered Water Purification Technology to Enhance Quality of Life in Rural Areas. *Jurnal SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat)* 2024;13(2):347–358.
6. Wolf J, Johnston RB, Ambelu A, Arnold BF, Brauer M, Chola L, et al. Burden of disease attributable to unsafe drinking water, sanitation, and hygiene in domestic settings: a global analysis for selected adverse health outcomes. *The Lancet* 2023;401(10393):2060–2071.
7. Bose D, Sridhar R, Dhakal S, Kumar S, Gupta A, Das B, et al. Overcoming water, sanitation, and hygiene challenges in critical regions of the global community. *Water-Energy Nexus* 2024;7:277–296.
8. Abdallat R, Bdour A, Haifa AA, Al Rawash F, Almakhadmah L, Hazaimah S. Development of a sustainable, green, and solar-powered filtration system for *E. coli* removal and greywater treatment. *Global Journal of Environmental Science and Management* 2024;10(2):435–450.
9. Agung A, Bagus G. FILTERING SYSTEMS FOR APPLICATION IN IOT-BASED AQUACULTURE. *Journal of Aquaculture Technology and Engineering* 2025;20(1):27–47.
10. Forhad HM, Rahman MM, Islam MS, Hasan MM, Uddin J. IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs). *Heliyon* 2024;10(23):e40746.
11. Chua WFD, Lim CL, Koh YY, Kok CL. A Novel IoT Photovoltaic-Powered Water Irrigation Control and Monitoring System for Sustainable City Farming. *Electronics* 2024;13(4):676.

12. Kolathur S, Khatiwada D, Ullah E. Life cycle assessment and life cycle costing of a building-scale, solar-driven water purification system. *Energy Nexus* 2023;10:100208.
13. Flores-Iwasaki M, Guadalupe GA, Pachas-Caycho M, Chapa-Gonza S, Mori-Zabarburú RC, Guerrero-Abad JC. Internet of Things (IoT) Sensors for Water Quality Monitoring in Aquaculture Systems: A Systematic Review and Bibliometric Analysis. *AgriEngineering* 2025;7(3):1–28.

Cara mengutip artikel ini: Musyafa', A., Abadi, I., Asy'ari, M. K., Aufa, A. N., Ashidiqi, M. R., Alhadi, K. H., Imron, C., Lamdia, N., Isyanto, M. R., (2026), Aplikasi *Smart Water Filter* Terintegrasi Panel Surya Untuk Penyediaan Air Bersih Pada Pondok Pesantren Tahfidzul Quran Saqona, *Sewagati*, 10(2):403–416, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i2.9070>.