

Sistem Filtrasi Air Otomatis dan Monitoringnya berbasis IoT (*Internet of Things*) Bertenaga Surya

Osama Afgan Wahyu Putra Prasetyo¹, Aris Budiman²

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo, Indonesia

²Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo, Indonesia

 Email korespondensi: osamaafganwahyu@gmail.com

Abstrak. Air merupakan sumber daya alam yang sangat berperan penting dalam kehidupan setiap makhluk terutama bagi manusia, mulai dari kebutuhan untuk air minum, memasak, mandi, dan mencuci. Akan tetapi masih banyak masyarakat yang kesulitan mendapatkan air bersih pada beberapa daerah dikarenakan beberapa faktor seperti jauh akan sumber mata air dan penggunaan sumur yang kualitas airnya tidak stabil. Pada kasus tersebut air yang sebelumnya tidak layak dikonsumsi harus melewati beberapa proses seperti halnya filtrasi ataupun penyaringan dari kotoran seperti tanah lumpur dan juga zat-zat yang tidak dibutuhkan. Proses filtrasi otomatis ini menggunakan pengukuran kualitas tingkat kekeruhan air dengan menggunakan sensor turbidity, selain itu juga terdapat pengukuran jumlah padatan air atau partikel terlarut dalam air dengan sensor TDS dan juga terdapat sensor PH air dapat mengukur tingkat keasaman atau kebasahan dari air serta terdapat lampu ultraviolet (UV) yang berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen seperti bakteri dan virus. yang mana nilai dari pengukuran dapat diakses melalui aplikasi *blynk*. Dengan begitu diharapkan masyarakat dapat menjaga kebersihan air dan mengawasi kualitasnya menggunakan jaringan *Internet of Things*. Melalui sensor-sensor yang terhubung, sistem ini dapat mendeteksi konsentrasi zat terlarut, TDS, mengukur tingkat kekeruhan air TURBIDITY dan mengukur tingkat keasaman atau kebasahan air PH.

Kata kunci: Air Bersih; Filtrasi; IoT; Turbidity; Ultraviolet



PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu elemen utama yang sangat penting dalam menunjang kehidupan seluruh makhluk hidup di bumi, khususnya manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, air digunakan untuk berbagai keperluan seperti minum, memasak, mandi, mencuci, irigasi pertanian, serta sebagai bagian dari proses industri dan sanitasi. Ketersediaan air bersih yang layak konsumsi menjadi indikator utama kualitas hidup masyarakat. Namun, permasalahan keterbatasan akses air bersih masih menjadi isu besar di banyak wilayah, terutama di daerah terpencil dan pedesaan. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh terbatasnya infrastruktur serta tingginya potensi kontaminasi air akibat aktivitas manusia maupun alam.

Sumber air seperti sumur, sungai, dan mata air yang digunakan oleh masyarakat belum tentu memenuhi standar kualitas. Kandungan air dapat tercemar oleh limbah domestik, zat kimia, mikroorganisme patogen, serta logam berat. Selain itu, perubahan musim seperti musim hujan dapat meningkatkan kekeruhan air akibat partikel-partikel yang terbawa dari permukaan tanah. Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan alat dan teknologi untuk menyaring serta memantau kualitas air. Akibatnya, masyarakat berisiko menggunakan air yang tidak layak, yang berdampak pada kesehatan, seperti munculnya penyakit diare, kolera, dan infeksi kulit.

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, pemanfaatan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi pendekatan yang menjanjikan. Sistem filtrasi air otomatis berbasis IoT mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kualitas air secara real-time dan jarak jauh. Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem filtrasi otomatis yang dilengkapi dengan tiga sensor utama, yaitu sensor turbidity, TDS, dan pH. Sensor turbidity mengukur tingkat kekeruhan berdasarkan cahaya yang tersebar dari partikel tersuspensi, sensor TDS mengukur kandungan padatan terlarut seperti garam dan logam berat, dan sensor pH menilai tingkat keasaman air yang mempengaruhi keamanan air untuk dikonsumsi.

Data dari sensor akan dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang juga berperan sebagai penghubung *WiFi*. Data ini kemudian dikirim ke aplikasi *Blynk*, sebuah platform pemantauan IoT berbasis *smartphone* yang memungkinkan pengguna mengetahui kondisi air secara *real-time*. *Blynk* juga memungkinkan pengendalian jarak jauh terhadap sistem, termasuk mengaktifkan dan menonaktifkan komponen seperti pompa dan *solenoid valve*.

Dalam proses filtrasi, sistem ini memanfaatkan metode mekanis bertingkat yang menggunakan kapas, pasir, dan pecahan genteng. Setiap media berfungsi menyaring kotoran dalam ukuran yang berbeda untuk menghasilkan air yang lebih jernih. Selain itu, lampu ultraviolet (UV) ditambahkan sebagai sistem sterilisasi untuk membunuh



mikroorganisme berbahaya yang tidak bisa disaring secara mekanik. Energi surya menawarkan solusi alternatif yang berkelanjutan. Indonesia, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari 4,8 kWh/m²/hari, memiliki potensi besar untuk pengembangan teknologi berbasis energi surya [1].

METODE

Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mendukung perancangan sistem filtrasi air otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan mengkaji berbagai literatur terkait teknologi sensor turbidity, TDS, dan pH. Ketiga sensor tersebut digunakan untuk memantau kualitas air berdasarkan tingkat kekeruhan, kandungan zat terlarut, dan keasaman. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan terhubung dengan aplikasi *Blynk* untuk pemantauan *real-time*. Selain filtrasi mekanis, sistem dilengkapi lampu UV untuk sterilisasi mikroorganisme. Untuk mendukung operasional.

Implementasi

Implementasi merupakan tahap penting untuk memastikan seluruh komponen sistem bekerja sesuai fungsi. Pengujian dilakukan terhadap integrasi sensor turbidity, TDS, dan pH dengan NodeMCU ESP32, serta kontrol solenoid valve, pompa DC, dan lampu UV. Data kualitas air dikirim secara *real-time* ke aplikasi *Blynk* melalui *WiFi*. Sistem ini didukung oleh tenaga surya yang dimana mampu menghemat penggunaan energi listrik dan sistem ini juga dilengkapi dengan kontrol otomatis katup *solenoid valve* yang menggunakan sumber listrik AC untuk menjamin performa optimal, dengan ini sistem yang di kembangkan tidak hanya memberikan pengawasan terhadap kualitas air, tetapi juga mencapai efisien energi tinggi dengan penghematan konsumsi energi listrik yang signifikan dalam filtrasi air bersih.

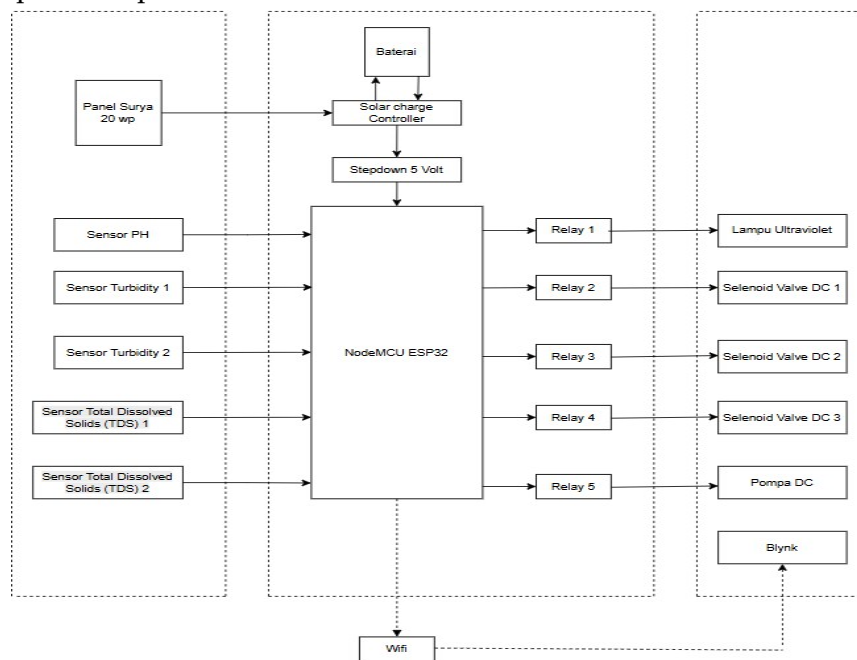
Pengujian dan Pengumpulan Data

Setelah proses perakitan alat selesai, tahap selanjutnya adalah melakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem. Selama proses ini, dilakukan observasi terhadap fungsi setiap komponen. Jika ditemukan kendala atau ketidaksesuaian dalam pengoperasian, dilakukan perbaikan dan pengujian ulang hingga alat berfungsi dengan baik. Setelah sistem dianggap stabil dan sesuai dengan spesifikasi, dilakukan pengumpulan data dari hasil pengujian untuk dianalisis lebih lanjut. Data tersebut digunakan untuk menilai keakuratan, keandalan, serta efektivitas kerja alat dalam memenuhi tujuan yang telah ditetapkan.



Rancangan Sistem Keseluruhan

Perancangan keseluruhan sistem ini bertujuan memberikan gambaran bagaimana alat dirancang agar mampu bekerja sesuai tujuan yang ditetapkan. Diagram blok sistem alat dapat dilihat pada Gambar 1, yang menampilkan tiga bagian utama. Bagian pertama adalah input, meliputi catu daya dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang menyediakan sumber energi mandiri dan ramah lingkungan, serta sensor-sensor kualitas air yaitu sensor turbidity untuk mengukur tingkat kekeruhan, sensor TDS untuk mendeteksi kandungan zat terlarut, dan sensor pH air untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan air sebagai masukan untuk sistem filtrasi. Bagian kedua adalah proses, yang meliputi *stepdown* 5V untuk menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V agar sesuai dengan kebutuhan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler utama. NodeMCU ESP32 mengatur seluruh operasi dan monitoring sistem, termasuk pengendalian pompa, lampu UV yang berfungsi untuk sterilisasi air dari mikroorganisme patogen, sementara *solenoid* katup tetap menggunakan listrik AC untuk menjamin performa optimal. Mikrokontroler ini juga terhubung ke jaringan *WiFi* untuk mengirimkan data secara nirkabel ke platform pemantauan berbasis IoT.



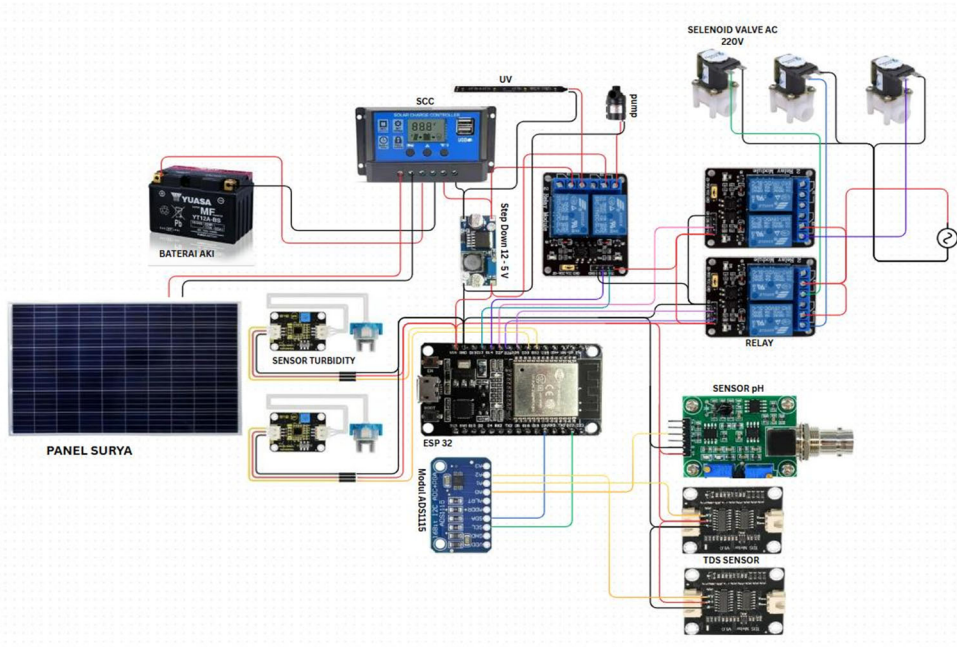
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Bagian ketiga adalah output, yang terdiri dari *solenoid valve* AC untuk mengatur aliran air, pompa DC untuk memompa air melalui sistem filtrasi secara berulang, dan relay sebagai pengendali. Relay yang digunakan adalah tipe *Normally Open* (NO), yang akan aktif ketika menerima sinyal dari NodeMCU ESP32. Relay ini berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan aliran listrik ke *solenoid valve* dan Pompa DC berdasarkan perintah dari mikrokontroler.



Sistem ini juga terintegrasi dengan *blynk* sebagai platform pemantauan dan notifikasi jarak jauh. Melalui *blynk*, pengguna dapat memonitor kondisi air dan kinerja sistem secara *real-time*, sehingga memungkinkan kontrol yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan filtrasi air. Diagram sistem memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana setiap komponen berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai efisiensi serta efektivitas dalam sistem filtrasi air otomatis berbasis IoT.

Perancangan Alat



Gambar 2. Rangkaian Hardware

Gambar 2, sistem perancangan filtrasi air otomatis ini menggunakan beberapa sensor sebagai masukan untuk memantau kualitas air secara menyeluruh. Terdapat 2 buah sensor turbidity yang berfungsi untuk mengukur tingkat kejernihan air berdasarkan nilai *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan 2 sensor TDS (Total Dissolved Solids) untuk mengukur kandungan padatan terlarut dalam air, dan 1 sensor pH untuk mendeteksi tingkat keasaman atau kebasaan air.

Agar pembacaan sensor analog menjadi lebih akurat, sistem ini juga dilengkapi dengan modul ADS1115, yaitu konverter *analog-to-digital* (ADC) eksternal 16-bit yang memberikan resolusi tinggi dan presisi lebih baik dibandingkan ADC internal ESP32. Modul ini sangat penting terutama saat membaca data dari sensor pH dan TDS yang sensitif terhadap perubahan tegangan kecil.

Perangkat ini dikendalikan oleh NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler utama, yang menerima data dari seluruh sensor melalui input analog dari ADS1115. Nilai-nilai yang diperoleh dari sensor akan dibandingkan dengan ambang batas yang telah



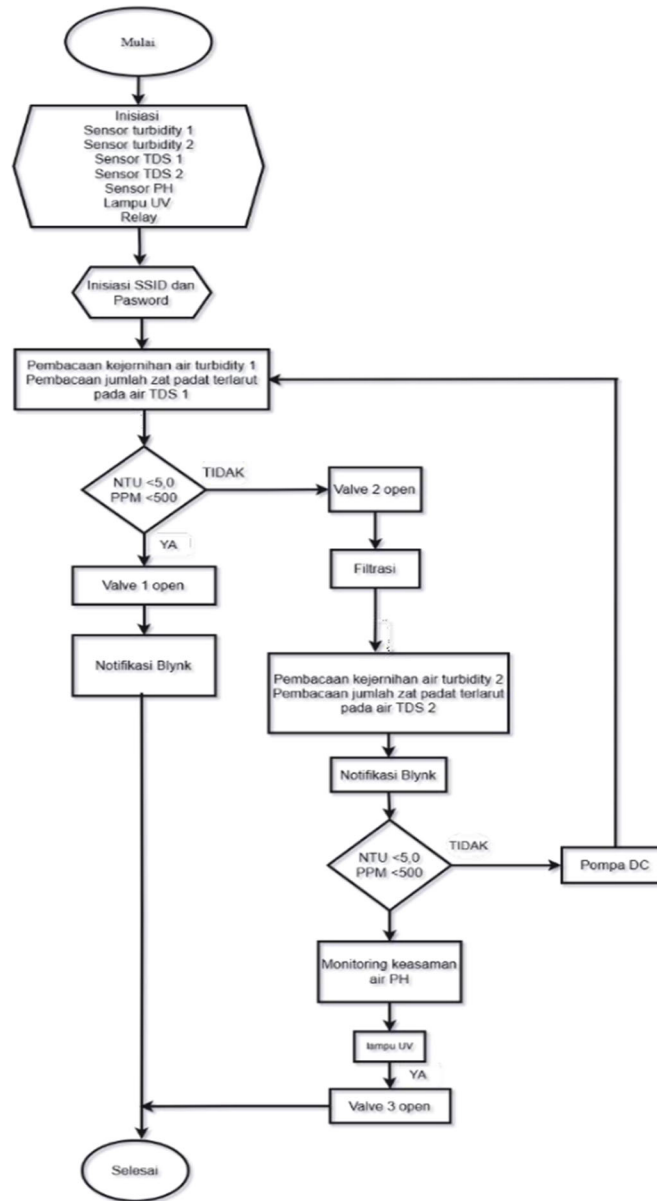
ditentukan. Jika nilai melebihi batas tersebut, maka relay akan diaktifkan untuk mengendalikan *solenoid valve* AC dan Pompa DC guna memulai proses filtrasi. Sebagai bagian dari sistem penyaringan, juga disertakan lampu UV untuk proses sterilisasi air guna membunuh mikroorganisme berbahaya. Seluruh hasil pengukuran dan status sistem dikirim secara *real-time* melalui platform Blynk, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi air dan kinerja sistem dari jarak jauh secara efisien dan praktis.

Perancangan Sistem Alat

4 sistem dimulai dengan tahap inisiasi dan konfigurasi komponen utama seperti sensor turbidity, TDS, dan pH, serta aktuator seperti valve dan lampu UV. Proses diawali dengan memonitoring kejernihan air oleh sensor turbidity 1 valve 2 bekerja secara terus menerus untuk valve 2 membuka selama 5 detik dan menutup selama 2 detik untuk mengisi bak penampung 2 yang terdapat sistem filtrasi. Setelah filtrasi, sensor turbidity 2 memeriksa ulang kejernihan air. Jika kejernihan air $< 5,0$ NTU, valve 1 dan 3 diaktifkan fungsi dari valve 1 untuk airmasuk ke bak penampung 1 dan fungsi dari valve 3 untuk mengeluarkan air bersih hasil dari filtrasi. Jika $> 5,0$ NTU, pompa dc diaktifkan untuk memompa air ke bak penampung 1 untuk memulai filtrasi ulang.

Sistem juga menggunakan dua sensor TDS, sebelum dan sesudah filtrasi, untuk memastikan kadar zat padat terlarut kurang dari 500 ppm. Jika melebihi, maka akan dilakukan proses penyaringan lagi. Sensor pH digunakan hanya untuk monitoring, tanpa mengontrol actuator, dan juga terdapat lampu Ultraviolet (UV) yang bertujuan untuk menyeterilkan air atau membunuh kuman. Semua data dikirim secara *real-time* ke aplikasi *blynk*, memungkinkan pengguna memantau kondisi air.





Gambar 3. Flowchart System

Perancangan Blynk

Alat ini nantinya dapat memberikan notifikasi yang dikirimkan melalui aplikasi *blynk*, sehingga diperlukan akun *blynk* sebagai tempat menerima pesan dari hasil pembacaan berbagai sensor, seperti sensor turbidity (kekeruhan air), sensor TDS (*Total Dissolved Solids*), dan sensor pH air. Dalam proses penggunaan *blynk*, diperlukan auth token (*Authentication Token*) yang diperoleh dari aplikasi *blynk* setelah membuat project baru dan menambahkan perangkat yang sesuai. Selanjutnya, auth token tersebut dimasukkan ke dalam program bersama dengan SSID dan password *WiFi* agar perangkat dapat terhubung ke jaringan internet dan berkomunikasi dengan server *blynk*.



Sensor turbidity akan memantau tingkat kejernihan air, sensor TDS akan mengukur jumlah padatan terlarut dalam air, dan sensor pH akan mendeteksi tingkat keasaman atau kebasaan air. Hasil pembacaan dari masing-masing sensor akan dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi *blynk*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kualitas air secara langsung dan menerima notifikasi apabila nilai yang terdeteksi melebihi ambang batas tertentu.

Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menilai kinerja sistem monitoring kualitas air bersih. Hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai referensi melalui perhitungan selisih, persentase *error*, dan rata-rata *error* guna menentukan akurasi sensor. Data dikirim dan ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi *blynk*, sehingga memudahkan interpretasi parameter kualitas air. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kelayakan sistem sebagai solusi monitoring kualitas air secara *real-time*.

Pada nilai selisih pengukuran untuk melihat pembacaan sensor di mana akan membandingkan nilai alat ukur manual dengan pembacaan sensor secara aktual, nilai selisih pengukuran dan nilai akurasi dapat dirumuskan seperti persamaan berikut [2].

$$\text{Selisih pengukuran} = \text{nilai acuan} - \text{nilai terukur} \quad (1)$$

$$\text{Nilai error \%} = \frac{\text{selisih pengukuran}}{\text{nilai acuan}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{nilai error} \quad (3)$$

HASIL

Pengujian dan Pengukuran Panel Surya

Pengujian terhadap panel surya dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter penting, yaitu tegangan, arus, dan daya keluaran. Proses pengukuran dilakukan pada lima waktu yang berbeda dalam satu hari untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai performa panel surya di bawah intensitas cahaya matahari yang bervariasi. Pengambilan data menggunakan alat ukur berupa multimeter digital yang berfungsi sebagai referensi dalam mengevaluasi nilai tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan panel. Nilai daya dihitung berdasarkan hasil kali antara tegangan dan arus yang terukur. Seluruh data pengukuran yang diperoleh digunakan untuk menilai kinerja panel surya secara keseluruhan. Selain itu, untuk mengetahui sejauh mana akurasi pengukuran mendekati nilai sebenarnya, Tabel berikut menyajikan hasil pengukuran dari pengujian panel surya yang telah dilakukan.



Tabel 1. Data Pengukuran Panel Surya

Waktu	Kondisi Cuaca	Panel Surya		
		Tegangan [V]	Arus [A]	Daya [W]
08:00	Cerah Berawan	15.2	1.6	24.32
10:00	Cerah	17.6	2.3	40.48
12:00	Terik	18.4	2.8	51.52
14:00	Cerah Berawan	17	2.1	35.7
16:00	Mendung	14.5	1.5	21.75

Tabel 2. Data Pengukuran Panel Surya Saat Pompa Menyala

Waktu	Panel Surya		
	Tegangan Panel [V]	Arus Panel [A]	Daya Panel [W]
08:00	12.4	0.9	11.16
10:00	13.8	1.5	20.7
12:00	14.6	1.9	27.74
14:00	13.5	1.4	18.9
16:00	11.8	0.8	9.44

Tabel 3. Data Pengukuran Panel Surya Saat Lampu UV Menyala

Waktu	Panel Surya		
	Tegangan Panel [V]	Arus Panel [A]	Daya Panel [W]
8:00	12	0.8	9.6
10:00	13.4	1.4	18.76
12:00	14.2	1.7	24.14
14:00	13.1	1.3	17.03
16:00	11.4	0.7	7.98

Tabel 1 pukul 12.00 saat cuaca terik, menunjukkan kinerja optimal mendekati kapasitas maksimumnya. Pada pukul 10.00 dan 14.00, daya yang dihasilkan masing-masing sebesar 40,48 watt dan 35,7 watt, menandakan bahwa kondisi cuaca cerah hingga cerah berawan masih mendukung performa panel dengan baik. Sementara itu, daya terendah tercatat pada pukul 08.00 dan 16.00, masing-masing sebesar 24,32 watt dan 21,75 watt, akibat intensitas cahaya matahari yang masih rendah di pagi hari dan mulai menurun di sore hari, ditambah kondisi cuaca yang berawan hingga mendung. Hasil ini menunjukkan bahwa performa panel surya sangat dipengaruhi oleh waktu dan kondisi

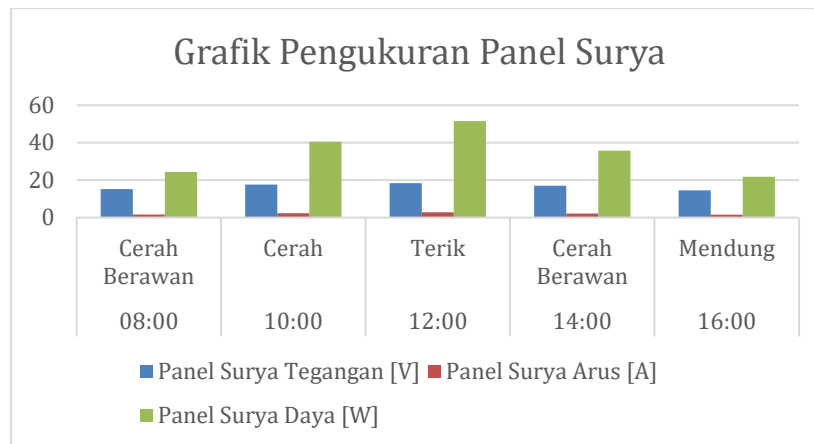


cuaca. Oleh karena itu, penggunaan sistem pendukung seperti MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dan baterai penyimpan energi sangat disarankan untuk menjaga kestabilan daya, terutama saat penyinaran matahari kurang optimal.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran panel surya saat pompa menyala, dengan pencatatan tegangan, arus, dan daya pada lima waktu berbeda dalam sehari: pukul 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, dan 16:00. Daya tertinggi dicapai pada pukul 12:00 sebesar 27,74 watt, saat intensitas sinar matahari mencapai puncaknya. Pada pagi hari pukul 08:00 dan sore pukul 16:00, daya panel menurun signifikan, masing-masing menjadi 11,16 watt dan 9,44 watt karena intensitas cahaya matahari dan sudut penyinaran yang belum/tidak optimal. Sedangkan pada pukul 10:00 dan 14:00, daya yang dihasilkan masih dalam kisaran cukup stabil, yaitu 20,7 watt dan 18,9 watt, mendukung operasional pompa. Secara keseluruhan, daya output dari panel surya sangat bergantung pada intensitas matahari. Aktivitas pompa tidak menurunkan performa panel selama pencahayaan cukup. Waktu optimal untuk pengoperasian pompa adalah antara pukul 10:00 hingga 14:00. Untuk menjamin stabilitas operasi di luar waktu tersebut, penggunaan baterai sebagai penyimpanan energi sangat disarankan.

Pengukuran panel surya saat lampu UV menyala dilakukan pada lima waktu berbeda dalam sehari: pukul 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, dan 16:00. Hasil menunjukkan bahwa daya tertinggi dihasilkan pada pukul 12:00 sebesar 24,14 watt, saat intensitas sinar matahari berada pada titik maksimum. Daya cenderung rendah pada pukul 08:00 dan 16:00, masing-masing sebesar 9,6 watt dan 7,98 watt, karena rendahnya intensitas cahaya di pagi dan sore hari. Sementara itu, pada pukul 10:00 dan 14:00, daya berada pada kisaran menengah, yaitu 18,76 watt dan 17,03 watt, yang masih cukup untuk mendukung operasional lampu UV. Secara keseluruhan, terlihat bahwa performa panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari. Lampu UV sebagai beban tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan output daya selama sinar matahari mencukupi. Oleh karena itu, penggunaan lampu UV sebaiknya dioptimalkan pada pukul 10:00 hingga 14:00. Untuk menjamin kinerja sistem tetap stabil.





Gambar 4. Grafik Pengukuran Panel Surya

Pengujian Kamera pada Berbagai Kondisi

Tabel 4. Pengujian Sensor TDS Meter dengan Alat Ukur Penguji Kualitas Air Digital AMTAST

No	TDS 1 (ppm)	TDS 2 (ppm)	Selisih (ppm)	TDS AMTAST (ppm)	Error AMTAST (%)
1	555	552	3	553	0.09
2	636	629	7	632	0.08
3	542	537	5	539	0.09
4	464	459	5	461	0.11
5	564	556	8	560	0

Tabel 4 Pengukuran TDS dilakukan menggunakan dua sensor TDS yang berbeda, serta satu alat pengukur digital standar yaitu AMTAST. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai TDS dari kedua sensor memiliki selisih yang relatif kecil, yaitu antara 3 hingga 8 ppm. Nilai TDS yang diukur oleh alat AMTAST selalu berada di antara atau mendekati nilai rata-rata dari kedua sensor. Sebagai contoh, pada pengukuran pertama, TDS 1 mencatat 555 ppm dan TDS 2 mencatat 552 ppm, sedangkan alat AMTAST menunjukkan 553 ppm, dengan *error* perbandingan hanya sebesar 0,09%. Demikian juga pada pengukuran lainnya, nilai *error* berada dalam kisaran sangat rendah, yaitu antara 0,08% hingga 0,11%.

Hal ini menunjukkan bahwa pembacaan sensor TDS pada sistem prototipe sangat mendekati hasil alat ukur standar, dan dapat diandalkan dalam memantau kualitas air. *Error* yang sangat kecil mengindikasikan bahwa sensor memiliki akurasi yang baik dan dapat digunakan sebagai alternatif pengukuran digital selama dikalibrasi dengan benar. Dengan demikian, sensor TDS dalam sistem ini telah terbukti mampu menghasilkan data



yang sebanding dengan alat AMTAST dan dapat diterapkan pada sistem monitoring kualitas air secara *real-time*.

Pengujian Sensor Turbidity

Tabel 5. Data Pengujian Sensor Turbidity

No	Kondisi air	Turbidity 1	Turbidity 2
1	Bersih	3,79	3,67
2	Sedikit kotor	5,68	4,13
3	Kotor	7,98	4,78
4	Sangat Kotor	8,93	4,98

Tabel 5 Pengukuran turbiditas dilakukan untuk empat jenis kondisi air: bersih, sedikit kotor, kotor, dan sangat kotor, menggunakan dua sensor turbiditas. Hasil menunjukkan bahwa nilai turbiditas meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat kekotoran air, yang sesuai dengan prinsip bahwa air semakin keruh akan memiliki nilai NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) yang lebih tinggi. Pada kondisi air bersih, nilai turbiditas yang terukur cukup rendah, yaitu 3,79 NTU oleh sensor pertama dan 3,67 NTU oleh sensor kedua, menunjukkan konsistensi yang baik antar sensor. Namun, pada kondisi air sedikit kotor hingga sangat kotor, mulai terlihat perbedaan pembacaan antara kedua sensor. Misalnya, pada air sedikit kotor, sensor pertama mencatat 5,68 NTU sedangkan sensor kedua mencatat 4,13 NTU. Perbedaan ini semakin besar pada air sangat kotor, dengan nilai 8,93 NTU dari sensor pertama dan hanya 4,98 NTU dari sensor kedua.

Perbedaan hasil pembacaan antara kedua sensor menunjukkan adanya kemungkinan perbedaan sensitivitas atau kalibrasi antara sensor pertama dan kedua. Sensor pertama tampak lebih responsif terhadap peningkatan kekeruhan dibandingkan sensor kedua. Meskipun demikian, kedua sensor tetap menunjukkan tren yang sama, yaitu semakin tinggi tingkat kekotoran air, semakin besar nilai turbiditas yang tercatat. Untuk keperluan monitoring kualitas air yang lebih akurat, disarankan untuk melakukan kalibrasi sensor secara berkala dan, bila perlu, menggunakan sensor dengan spesifikasi yang lebih presisi.

Pengujian Sensor PH

Tabel 6. Pengujian Sensor pH Meter dengan Alat Ukur Penguji Kualitas Air Digital AMTAST

No	pH AMTAST	pH Prototipe	Error (%)
1	6.8	6.7	1.47
2	7.2	7	2.78
3	6.5	6.3	3.08
4	5.6	5.4	3.57
5	7.4	7.2	2.7



Tabel 6 dapat diamati bahwa Pengukuran pH dilakukan untuk lima sampel menggunakan dua perangkat, yaitu pH meter AMTAST sebagai referensi dan pH meter prototipe sebagai alat uji. Hasil menunjukkan bahwa nilai pH yang diukur oleh prototipe secara umum berada sedikit di bawah nilai pH dari AMTAST, dengan selisih rata-rata 0,2 satuan pH. Besarnya *error* yang dihitung berdasarkan persentase selisih terhadap nilai AMTAST berada dalam rentang 1,47% hingga 3,57%. Nilai *error* terendah tercatat pada pengukuran pertama, yaitu sebesar 1,47%, sedangkan *error* tertinggi terjadi pada pengukuran keempat sebesar 3,57%.

Meskipun terdapat sedikit deviasi antara hasil pengukuran prototipe dan alat standar, nilai *error* yang relatif kecil menunjukkan bahwa pH meter prototipe masih berada dalam batas toleransi akurasi untuk aplikasi monitoring kualitas air secara umum. Konsistensi selisih antar pengukuran juga menandakan bahwa prototipe cukup stabil, meskipun disarankan untuk dilakukan kalibrasi lebih lanjut agar tingkat akurasinya dapat ditingkatkan. Dengan demikian, prototipe pH meter ini memiliki potensi untuk digunakan sebagai alat ukur alternatif yang efisien dan ekonomis, khususnya untuk aplikasi di lapangan atau sistem monitoring otomatis.

Pengujian *Solenoid Valve* dan Pompa DC

Pengujian berikut ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *solenoid valve* dan pompa dc dalam berbagai kondisi air. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati respon *solenoid valve* ketika sensor turbiditiy dan sensor tds mendeteksi variasi tingkat kekeruhan dan jumlah total padatan yang terlarut dalam air dan pompa dc sebagai sarana filtrasi berulang.

Tabel 7. Pengujian *Solenoid Valve* dan Pompa DC

NO	Kondisi Air	Valve 1	Valve 2	Valve 3	Pompa DC
1	Bersih	Buka	buka tutup <i>Realtime</i>	Buka	Mati
2	Sedikit Kotor	Buka	buka tutup <i>Realtime</i>	Buka	Mati
3	Kotor	Buka	buka tutup <i>Realtime</i>	Buka	Mati
4	Sangat Kotor	Tutup	buka tutup <i>Realtime</i>	Tutup	Aktif

Tabel 7 dapat diamati bahwa Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui respon kerja tiga katup (*solenoid valve 1*, *solenoid valve 2*, dan *solenoid valve 3*) serta pompa DC terhadap empat kondisi air yang berbeda, yaitu bersih, sedikit kotor, kotor, dan sangat kotor. Hasil menunjukkan bahwa pada kondisi air bersih hingga kotor, *solenoid valve 1* dan *solenoid valve 3* dalam keadaan terbuka, yang memungkinkan aliran air masuk ke sistem dan keluar setelah proses filtrasi. Sementara itu, *solenoid valve 2* melakukan fungsi buka-tutup secara real time sebagai bagian dari proses filtrasi aktif. Dalam ketiga kondisi



tersebut, pompa DC tetap dalam kondisi mati karena kualitas air masih dalam ambang batas yang dapat ditangani tanpa bantuan tekanan tambahan dari pompa.

Namun, pada kondisi air sangat kotor, terjadi perubahan signifikan dalam perilaku sistem. *Solenoid valve* 1 dan *solenoid valve* 3 tertutup, mencegah air masuk dan keluar dari sistem secara langsung. Pompa DC dalam kondisi aktif, yang menunjukkan bahwa sistem mendeteksi kualitas air yang sangat buruk dan membutuhkan tekanan tambahan untuk mengembalikan air ke proses awal atau penampungan ulang. Meskipun *solenoid valve* 2 tetap melakukan buka-tutup *real-time*, hal ini dilakukan sebagai bagian dari proses filtrasi intensif.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol otomatis katup dan pompa bekerja secara adaptif berdasarkan tingkat kekotoran air. Ketika kualitas air menurun drastis, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa dan menutup jalur masuk serta keluar untuk menjaga siklus air tetap dalam sistem sampai mencapai kualitas yang layak. Mekanisme ini mendukung efisiensi penggunaan energi dan memastikan bahwa hanya air yang sudah memenuhi standar kualitas yang dikeluarkan dari sistem.

Pengujian Durasi Filter

Pada pengujian ini memiliki tujuan untuk mengamati durasi proses filter serta menentukan tahapan lama proses tersebut berlangsung berdasarkan kondisi air. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui efisiensi waktu yang dibutuhkan oleh system dalam menyaring air dengan berbagai tingkat kekeruhan.

Tabel 8. Pengujian Durasi Filtrasi

NO	Kondisi Air	Durasi (Menit)		
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	Bersih	1	1	1
2	Sedikit Kotor	3	3	3
3	Kotor	6	6	6
4	Sangat Kotor	9	9	9

Tabel 8 ini dapat di amati bahwa Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi waktu yang dibutuhkan oleh sistem dalam memproses air dengan berbagai tingkat kekeruhan, yaitu bersih, sedikit kotor, kotor, dan sangat kotor. Hasil dari tiga kali pengujian menunjukkan pola yang konsisten: semakin kotor air, semakin lama durasi yang dibutuhkan oleh sistem untuk menyelesaikan proses filtrasi atau penanganan. Pada kondisi air bersih, sistem hanya memerlukan waktu 1 menit untuk setiap pengujian. Untuk air sedikit kotor, waktu yang dibutuhkan meningkat menjadi 3 menit, sedangkan



air kotor membutuhkan waktu hingga 6 menit. Pada kondisi air sangat kotor, sistem membutuhkan waktu terlama, yaitu 9 menit, untuk menyelesaikan proses dalam setiap siklus pengujian.

Peningkatan durasi ini mencerminkan kompleksitas penanganan air berdasarkan tingkat kualitasnya. Semakin tinggi tingkat kekeruhan, maka proses filtrasi atau sirkulasi ulang air menjadi lebih intens dan memakan waktu. Konsistensi waktu pada setiap level kondisi air juga menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil dan dapat diprediksi, serta mampu menyesuaikan durasi operasionalnya secara otomatis berdasarkan sensor pembacaan kualitas air.

Dapat disimpulkan bahwa sistem mampu beradaptasi secara dinamis terhadap kondisi air dengan mengatur durasi kerja secara otomatis, memastikan proses pemurnian berjalan efisien sesuai kebutuhan. Hal ini mendukung efektivitas sistem dalam menjaga kualitas air yang diolah, sekaligus menunjukkan kinerja sensor dan aktuator yang responsif dan andal.

PEMBAHASAN

Penelitian tentang sistem filtrasi air otomatis menggunakan sensor turbidity berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan perancangan sistem ini serta mengukur output dari perangkat yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan dengan fokus pada kinerja sensor turbidity, sensor TDS (*Total Dissolved Solids*), dan sensor pH sebagai komponen utama dalam sistem ini. Nilai-nilai yang dihasilkan oleh ketiga sensor tersebut menjadi indikator utama untuk menentukan efektivitas dan efisiensi dari proses filtrasi yang diimplementasikan dalam sistem.

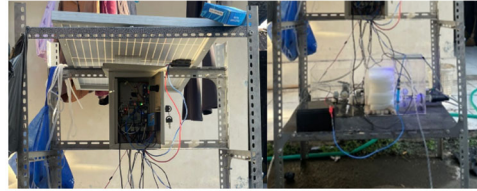
Sensor turbidity digunakan untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air, sensor TDS untuk mengukur jumlah zat terlarut dalam air, dan sensor pH untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan air. Integrasi ketiga sensor ini memungkinkan sistem untuk melakukan pemantauan kualitas air secara menyeluruh dan real-time. Hasil dari pengujian ini tidak hanya membantu dalam menilai performa masing-masing sensor dalam mendeteksi parameter air yang relevan, tetapi juga untuk memvalidasi kemampuan sistem dalam mengolah air dengan tepat sesuai dengan standar kualitas air yang diinginkan.



Desain Piranti



- Scc
- Relay
- step down
- Esp 32
- Modul ADS1115



- Panel box
- Panel surya
- Bak penampung air
- Filtrasi air
- Batrai
- Lampu uv
- Selenoid valve
- Sensor Turbidity
- Sensor TDS
- Sensor PH
- pompa Dc

Gambar 5. Desain Piranti Sistem

Perancangan sistem filtrasi air otomatis berbasis sensor turbidity, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4, disusun dengan mengintegrasikan dua elemen utama, yaitu elektrikal dan mekanis.

Pada aspek elektrikal, sistem ini mengatur kerja berbagai sensor, seperti sensor turbidity, TDS, dan pH, serta aktuator seperti pompa air dan katup otomatis (*valve AC*). Seluruh komponen dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan jaringan *Internet of Things* (IoT). Melalui platform seperti Blynk, pengguna dapat memantau dan mengendalikan sistem secara jarak jauh melalui smartphone. Sebagai sumber daya utama, sistem ini menggunakan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), sehingga lebih hemat energi dan ramah lingkungan.

Sementara itu, pada aspek mekanis, fokus diarahkan pada struktur fisik unit filtrasi, termasuk penempatan katup AC, jalur aliran air, pompa DC, dan media penyaring seperti pasir silika, karbon aktif, serta lapisan keramik. Desain tata letak komponen dibuat agar mendukung proses penyaringan secara efisien dan berkelanjutan.

Dengan sinergi antara desain elektrikal dan mekanis, sistem dapat beroperasi secara otomatis dan responsif. Sistem mampu mendeteksi kualitas air berdasarkan nilai kekeruhan, dan secara cerdas mengaktifkan proses filtrasi atau pengurusan saat diperlukan. Pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber listrik utama juga menjadikan sistem ini ideal untuk digunakan di area dengan akses listrik terbatas. Hasil akhirnya adalah sistem yang efisien, mandiri, dan andal dalam menjaga kualitas air bersih yang dihasilkan.



Monitoring *Internet of Things* (IOT)



Gambar 6. Tampilan Blynk

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem filtrasi air otomatis memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam memantau kualitas air secara *real-time*. Salah satu platform yang populer dan mudah digunakan untuk pengembangan sistem IoT adalah aplikasi *blynk*, yang memungkinkan integrasi antara mikrokontroler (seperti NodeMCU, ESP32, atau Arduino dengan modul *Wi-Fi*) dengan smartphone melalui antarmuka berbasis internet.

Dalam sistem ini, berbagai sensor seperti TDS (*Total Dissolved Solids*), pH dan turbiditas, dipasang pada jalur filtrasi air untuk mendeteksi kondisi air secara berkelanjutan. Data dari sensor tersebut dikirimkan ke *cloud blynk* dan ditampilkan dalam bentuk *dashboard* di aplikasi smartphone. Melalui Blynk, pengguna dapat melihat data seperti nilai pH air, tingkat kekeruhan (NTU), kadar TDS (ppm).

Keunggulan utama dari penggunaan Blynk dalam sistem ini adalah kemudahan akses dan kendali. Ketika sensor mendeteksi bahwa air terlalu kotor atau nilai TDS melebihi ambang batas, sistem dapat secara otomatis menutup *valve* output dan mengaktifkan pompa untuk melakukan resirkulasi air. Semua aktivitas ini dapat dipantau langsung melalui Blynk.

Secara keseluruhan, penggunaan Blynk dalam sistem IoT untuk pemantauan filtrasi air otomatis mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kenyamanan pengguna. Sistem



ini tidak hanya mempermudah proses pengawasan kualitas air, tetapi juga mampu melakukan pengambilan keputusan otomatis berdasarkan data sensor, yang sangat penting untuk menjaga kualitas air tetap dalam standar aman dan layak pakai.

KESIMPULAN

Sistem filtrasi air otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang didukung oleh tenaga surya terbukti menjadi solusi efektif dan berkelanjutan dalam menjaga kualitas air bersih. Dengan mengintegrasikan sensor TDS, pH, dan turbidity, sistem ini mampu mendeteksi kualitas air secara *real-time* dan merespons kondisi tersebut secara otomatis melalui pengaktifan pompa DC, lampu UV, dan *solenoid valve*. Seluruh proses berjalan tanpa perlu intervensi manual, menjadikan sistem ini efisien dalam operasionalnya. Proses filtrasi dilakukan secara bertahap melalui media fisik, sirkulasi ulang air, serta sterilisasi UV untuk memastikan air yang dihasilkan layak digunakan maupun dikonsumsi. Penggunaan tenaga surya sebagai sumber energi utama juga menambah nilai keberlanjutan sistem ini, khususnya untuk wilayah terpencil atau dengan keterbatasan infrastruktur listrik.

Keunggulan lain dari sistem ini adalah kemampuan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui platform *Blynk*, yang memungkinkan pengguna untuk mengawasi kualitas air dan status sistem hanya dengan menggunakan *smartphone*. Hal ini memberikan kemudahan, efisiensi waktu, dan kenyamanan dalam pengelolaan air bersih sehari-hari. Sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di berbagai lingkungan seperti rumah tangga, fasilitas pendidikan, pertanian, hingga industri skala kecil dan menengah.

Sebagai arah pengembangan ke depan, sistem ini dapat ditingkatkan melalui integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) agar mampu melakukan analisis prediktif terhadap tren kualitas air. Penambahan fitur seperti *dashboard* berbasis *web*, sistem alarm otomatis, serta modul penyimpanan energi dari baterai lithium juga dapat meningkatkan keandalan sistem dalam berbagai kondisi cuaca. Selain itu, pengembangan sistem pada skala komunitas atau desa akan memperluas manfaatnya dalam mewujudkan pengelolaan air bersih yang lebih inklusif dan berkelanjutan. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya menjadi solusi teknologi, tetapi juga berperan penting dalam mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan dan pengembangan *Smart Water Management* berbasis IoT di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah. Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan



penulisan ini dengan baik. Shalawat dan salam juga tidak lupa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW. Dengan terselesaikannya naskah publikasi ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lancar.
2. Dosen pembimbing penelitian ini, Bapak Aris Budiman, S.T., M.T yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini.
3. Bapak/Ibu dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama perkuliahan, sehingga membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini tanpa kendala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Peta Potensi Energi Surya di Indonesia, 2023. [Online]. Tersedia: <https://www.bmkg.go.id>
- [2] S. Nurlaili, S. Samputri, dan M. A. Rusli, "Perancangan Sistem Monitoring Parameter Lingkungan Berbasis IoT di Gudang Penyimpanan," *Celebes Science Education*, Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Negeri Makassar, 2024.
- [3] G. Jullio, H. T. Frianto, dan R. Lubis, "Water treatment system pemantau kualitas air bersih berbasis IoT menggunakan modul Wi-Fi ESP32 dengan Thunkable," *Jurnal Ilmiah Otomasi, Politeknik Negeri Medan*, 2024.
- [4] A. F. Daru, A. M. Hirzan, F. B. Saputra, dan P. A. Christianto, "Implementation of ESP8266 and turbidity sensor in water turbidity monitoring model using Fuzzy Tsukamoto," *JACTA*, vol. 6, no. 2, 2024. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.54554/jacta.2024.06.02.001>
- [5] W. H. Sugiharto, H. Susanto, dan A. B. Prasetijo, "Real-time water quality assessment via IoT: Monitoring pH, TDS, temperature, and turbidity," *Ingenierie des Systemes d'Information*, vol. 28, no. 4, pp. 823–831, 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.18280/isi.280403>
- [6] A. Buchori, A. Kusmanto, A. Burhanuddin, dan T. Hiyama, "Hybrid Water Feedback Solutions Using Internet of Thing (IoT) Enabled Water Pumps Powered by Solar Panels," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 10, no. 1, 2024.
- [7] C. Z. Zulkifli, S. Garfan, M. Talal, et al., "IoT-Based Water Monitoring Systems: A Systematic Review," *Water*, vol. 14, no. 22, p. 3621, 2022.
- [8] R. Ahmed, M. E. Ahamed, S. M. F. Islam, dan M. T. Alam, "IoT Based Water Purification and Monitoring System Using Solar Energy," *Capstone Project*, American International University–Bangladesh, 2024.



- [9] R. Ahmed, M. E. Ahamed, S. M. F. Islam, dan M. T. Alam, "IoT Based Water Purification and Monitoring System Using Solar Energy," Capstone Project, American International University–Bangladesh, 2024.

