

RANCANG BANGUN PENGOLAH AIR HUJAN MENJADI AIR MINUM BERBASIS ELEKTROLISIS AIR DENGAN *SMART CONTROL SYSTEM* BERFILTER UV

I Putu Sugiantara¹, I Kadek Aelin², I Gusti Agung Putu Raka Agung³,
I Putu Elba Duta Nugraha⁴, Pratolo Rahardjo⁵

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{3,4,5}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

putu.sugiantara028@student.unud.ac.id¹, kadek.aelin024@student.unud.ac.id²,
rakaagung@unud.ac.id³, elba.nugraha@unud.ac.id⁴, pratolo@unud.ac.id⁵

ABSTRAK

Krisis air di Bali, khususnya di Kabupaten Badung, mendorong pemanfaatan teknologi pemanenan air hujan sebagai solusi konservatif. Penelitian ini mengembangkan sistem pengolahan air hujan berbasis elektrolisis dengan integrasi IoT dan filter UV di SMAN 1 Mengwi. Teknologi elektrolisis memisahkan ion asam dan basa untuk menghasilkan air minum dari air hujan. Sensor pH dan TDS untuk mengetahui pH dan tingkat kekeruhan dari air pada tandon. *Smart control system* berbasis IoT memantau dan mengendalikan *system* secara *online* dari HP android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi kapasitansi adaptor (1 μF –680 μF) mempercepat elektrolisis dari 90 menit menjadi 30 menit, dengan voltase output 310 V –321 V. Uji statistik membuktikan pengaruh kapasitansi terhadap voltase (sig. 0,006) dan waktu elektrolisis (sig. 0,000). Filter UV telah mampu dalam mensterilkan bakteri hingga 0 E. Coli berdasarkan hasil uji laboratorium. Kesimpulannya, sistem bekerja presisi dengan RSD 1% dalam memantau kualitas air, sementara kapasitansi besar meningkatkan voltase dan efisiensi elektrolisis. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi variasi arus, diode, dan pengembangan algoritma *smart control* yang lebih adaptif.

Kata kunci : Elektrolisis Air Hujan, *Smart Control System*, Filter UV

ABSTRACT

The water crisis in Bali, especially in Badung Regency, encourages the use of rainwater harvesting technology as a conservative solution. This research develops an electrolysis-based rainwater treatment system with IoT integration and UV filters at SMAN 1 Mengwi. Electrolysis technology separates acid and alkaline ions to produce drinking water from rainwater. pH and TDS sensors to determine the pH and turbidity level of the water in the reservoir. *IoT-based smart control system* monitors and controls the system online from an Android cellphone. The test results showed that the variation in the capacitance of the adapter (1 μF –680 μF) accelerated electrolysis from 90 minutes to 30 minutes, with an output voltage of 310 V –321 V. Statistical tests proved the effect of capacitance on voltage (sig. 0.006) and electrolysis time (sig. 0.000). UV filters have been able to sterilize bacteria up to 0 E. Coli based on laboratory test results. In conclusion, the system works precisely with a 1% RSD in monitoring water quality, while the large capacitance increases the voltage and efficiency of electrolysis. Further research is suggested to explore current variations, diodes, and the development of *more adaptive* smart control algorithms.

Key Words Rainwater Electrolysis, *Smart Control System*, UV Filter

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar yang harus dijaga kualitas dan ketersediaannya. Namun, pertumbuhan populasi dan konsumsi yang meningkat, ditambah dengan pencemaran air serta dampak krisis iklim, menyebabkan potensi krisis air bersih di berbagai daerah, termasuk di Provinsi Bali. Berdasarkan data infrastruktur Sistem Penyediaan Air Baku (SPAB), diperkirakan pada tahun 2025, Pulau Bali akan mengalami defisit air bersih sebesar 1051,91 liter/detik akibat meningkatnya kebutuhan air yang sebelumnya tercatat sebesar 5.951,92 liter/detik pada tahun 2021 menjadi 7.991,29 liter/detik pada tahun 2025 [7]. Kabupaten Badung, sebagai wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi, turut menghadapi permasalahan serupa dengan kekurangan air bersih mencapai 749,05 liter/detik serta kualitas air tanah yang kurang layak sebagai bahan baku air minum [12].

Upaya untuk mengatasi permasalahan ini dapat dilakukan melalui pemanfaatan teknologi pemanenan air hujan (PAH). PAH merupakan mekanisme pengumpulan air hujan untuk digunakan kembali, yang telah diterapkan di beberapa wilayah, seperti di Desa Seraya, Karangasem, untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat. Namun, air hujan yang ditampung perlu melalui proses pengolahan tambahan agar memenuhi standar air minum, salah satunya melalui metode elektrolisis. Elektrolisis air menggunakan aliran listrik untuk memisahkan ion asam dan ion basa sehingga menghasilkan air alkali yang lebih bersih dan sehat. Metode ini lebih efisien dibandingkan filtrasi karbon yang membutuhkan waktu lama atau reverse osmosis yang memiliki biaya tinggi [14].

Salah satu sekolah yang telah menerapkan PAH dengan metode elektrolisis adalah SMAN 1 Mengwi, Kabupaten Badung. Bersama Konservasi Indonesia dan YCI Bali, sekolah ini telah mengembangkan program "Budaya Air Hujan" sebagai upaya edukasi dan konservasi air tanah. Namun, sistem yang ada masih memiliki kekurangan, seperti belum

adanya sistem otomasi, filtrasi bakteri, serta peningkatan kecepatan elektrolisis yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pemanenan dan pengolahan air hujan berbasis elektrolisis yang dilengkapi dengan teknologi Internet of Things (IoT).

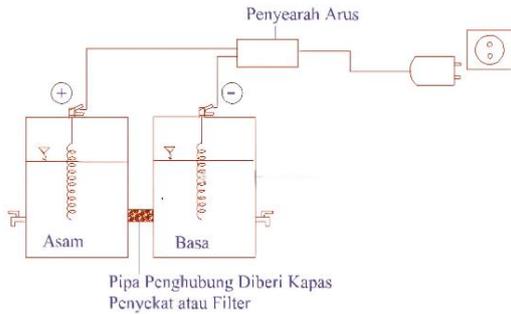
Sistem ini dirancang untuk menangkap air hujan dari bangunan sekolah yang kemudian disaring dan diolah menggunakan teknologi elektrolisis, didukung dengan *smart control system* berbasis IoT yang memantau kualitas air melalui sensor pH dan TDS. *Solenoid valve* otomatis digunakan untuk mengontrol aliran air, sementara lampu UV berfungsi untuk sterilisasi bakteri. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam penyediaan air minum berkualitas di lingkungan sekolah serta mendukung konservasi air bawah tanah [15].

Penelitian ini bertujuan untuk membangun serta menganalisis akurasi dan presisi *smart control system* dalam memonitor nilai TDS dan pH air, serta mengevaluasi pengaruh variasi kapasitor pada adaptor elektrolisis dalam mempercepat proses elektrolisis pengolahan air hujan menjadi air minum. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas delapan plan *smart control system* dalam mengoperasikan *valve* dan filter sinar UV guna mensterilkan bakteri pada air hujan sehingga layak dikonsumsi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis Air Hujan

Krisis air di Bali semakin meningkat seiring bertambahnya kebutuhan air yang diperkirakan mencapai 7.991,29 liter/detik pada tahun 2025, melebihi kapasitas infrastruktur yang tersedia. Pemanenan air hujan (PAH) menjadi solusi alternatif yang efektif, terutama jika dikombinasikan dengan metode elektrolisis dan filtrasi UV untuk meningkatkan kualitas air [14].

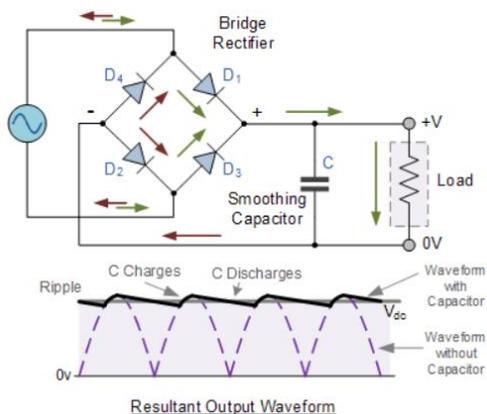


Gambar 1. Elektrolisis Air Hujan [5]

Pada Gambar 1 dapat terlihat proses elektrolisis air dengan arus listrik DC yang memisahkan molekul air menjadi air basa yang aman dikonsumsi dan air asam yang dapat dimanfaatkan sebagai antiseptik atau pupuk. Proses ini tidak hanya menyediakan air minum berkualitas tetapi juga mendukung pengelolaan air yang lebih efisien dan ramah lingkungan [5].

2.2 Adaptor Elektrolisis

Adaptor Elektrolisis menggunakan *Full bridge rectifier* yang merupakan rangkaian dengan empat diode untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dengan menyearahkan kedua sisi gelombang [2]. Namun, tegangan DC yang dihasilkan masih mengandung riak, yaitu komponen AC yang tidak diinginkan, yang dapat menyebabkan kehilangan panas dan gangguan lainnya. Untuk mengurangi riak ini, digunakan filter kapasitor yang berfungsi menstabilkan tegangan keluaran seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Full bridge rectifier [2]

Filter kapasitor bekerja dengan menyimpan dan melepaskan muatan guna

mengurangi fluktuasi tegangan pada keluaran *rectifier* [4]. Kapasitor ini dipasang paralel dengan beban untuk meningkatkan kestabilan tegangan DC rata-rata. Dalam *sistem full wave rectifier*, penggunaan filter kapasitor lebih efektif dibandingkan pada *half wave rectifier* karena menyearahkan kedua sisi gelombang, sehingga *ripple* yang dihasilkan lebih kecil dan efisiensi daya lebih tinggi.

2.3 Smart Control System

Smart control system merupakan sistem kendali berbasis mikrokontroler yang mengintegrasikan berbagai sensor dan modul elektronik untuk otomatisasi dan pemantauan. Sensor *pH* dan *TDS* digunakan untuk mengukur tingkat keasaman serta jumlah zat padat terlarut dalam air, memastikan kualitas air tetap terjaga [1]. Modul ESP32 berperan sebagai pusat kendali dengan konektivitas nirkabel yang memungkinkan komunikasi data secara *online* dalam aplikasi *IoT*. *Arduino IDE* digunakan sebagai *platform* pemrograman untuk mengontrol perangkat, memudahkan proses pengkodean dan pengunggahan program ke mikrokontroler seperti yang tertera pada Gambar 3 [13].



Gambar 3. Arduino IDE [13]

Sistem ini dilengkapi dengan modul LM2596 untuk menyesuaikan tegangan, relay untuk mengontrol arus listrik, serta *solenoid valve* yang mengatur aliran air secara otomatis. *Water level* sensor digunakan untuk memantau ketinggian air, sementara *LCD I2C 16x2* menampilkan informasi yang diperlukan bagi pengguna [8]. Dengan kombinasi perangkat ini, *smart control system* dapat mengelola dan mengoptimalkan berbagai proses secara efisien, terutama dalam pengolahan air dan sistem otomatisasi lainnya.

2.4 Akurasi

Accuracy (akurasi) adalah ukuran seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya, yang menunjukkan tingkat ketepatan suatu sistem dalam menghasilkan data yang valid [10]. Dalam penelitian ini, akurasi diuji dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap alat ukur standar sebagai referensi, sehingga dapat diketahui seberapa besar deviasi nilai yang dihasilkan. Evaluasi akurasi bertujuan untuk memastikan keandalan sensor dalam mengukur parameter tertentu serta menilai efektivitas sistem dalam memberikan data yang akurat.

2.5 Presisi

Precision (presisi) mengacu pada tingkat konsistensi hasil pengukuran yang dihasilkan secara berulang tanpa memperhatikan kesesuaiannya dengan nilai sebenarnya [11].

$$RSD = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \tag{1}$$

S = Standar deviasi sampel
 \bar{x} = Nilai rata rata populasi

Salah satu metode umum dalam menilai presisi adalah perhitungan *Relative Standard Deviation (%RSD)*, yang membandingkan standar deviasi dengan rata-rata hasil pengukuran dalam bentuk persentase seperti yang terlihat pada persamaan 1 [9]. Semakin kecil nilai %RSD, semakin stabil dan konsisten suatu sistem dalam menghasilkan data, dengan rentang ketelitian dikategorikan dari sangat teliti ($\leq 1\%$) hingga tidak teliti ($> 5\%$) [9].

2.6 Uji t

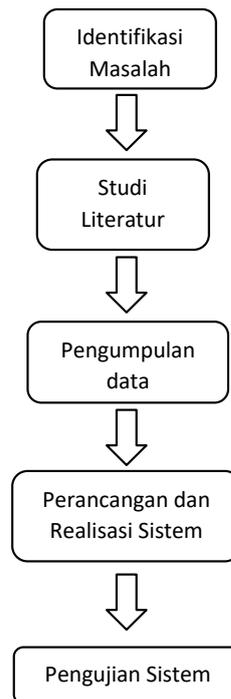
Uji t digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh suatu variabel independen terhadap variabel dependen secara individu [3]. Pengujian ini dilakukan dengan tingkat signifikansi 5%, dengan dua pendekatan keputusan: membandingkan nilai t hitung dengan t tabel atau menggunakan probabilitas signifikansi. Jika t hitung $>$ t tabel atau nilai signifikansi $<$ 0,05, maka hipotesis diterima, yang berarti variabel independen memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

2.7 Uji Signifikansi Simultan (Uji F)

Uji F digunakan untuk mengevaluasi pengaruh semua variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen dalam model regresi [3]. Nilai F dihitung dan dibandingkan dengan tingkat signifikansi 0,05 untuk menentukan apakah hubungan antara variabel-variabel tersebut signifikan atau tidak. Jika nilai signifikan $F \leq 0,05$ atau F hitung $>$ F tabel, maka hipotesis alternatif diterima, yang menunjukkan bahwa semua variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Mengwi, Badung. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Januari sampai Desember 2024. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Langkah 1. Identifikasi masalah

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah salah satunya tentang air minum.

Langkah 2. Studi literatur

Pada tahap ini, melakukan penelusuran dan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, teori yang relevan, serta

teknologi atau metode yang telah digunakan untuk menyelesaikan masalah yang diidentifikasi.

Langkah 3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk perancangan dan realisasi sistem penelitian ini.

Langkah 4. Perancangan dan realisasi Sistem

Setelah melalui tahap 1,2,3 tahap 4 akan dilakukan perancangan sistem mulai dari penggunaan *software*, *hardware* dan sensor hingga sistem dapat direalisasikan pada tempat penelitian.

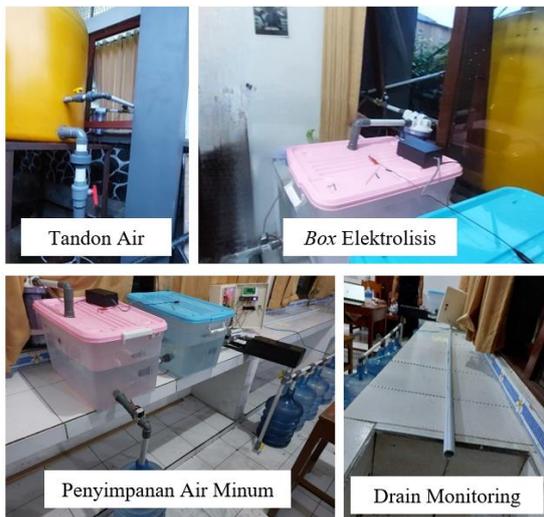
Langkah 5. Pengujian Sistem

Sistem yang dirancang akan diuji, pada tahap ini akan dilakukan pengujian, 9 variasi kapasitas, akurasi dan presisi sensor pH dan TDS, pengujian fungsi *valve smart control system*, dan Filter UV.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Desain alat ini mengintegrasikan teknologi elektrolisis dan IoT untuk mengolah air hujan menjadi air minum yang dilakukan di gedung SMAN 1 Mengwi yang memiliki daya listrik 5.000 watt.



Gambar 5. Realisasi di SMAN 1 Mengwi

Alat ini menggunakan *smart control system* untuk mengatur aliran air hujan yang masuk ke tandon penampungan, dimana air kemudian difiltrasi dan masuk ke *box* elektrolisis untuk dilakukan elektrolisis menggunakan adaptor 318 V yang ditenagai

listrik PLN. Komponen utama termasuk sensor pH dan TDS untuk memantau kualitas air, lampu UV untuk sterilisasi, baterai LifePO4 untuk sumber energi dari *smart control system*.

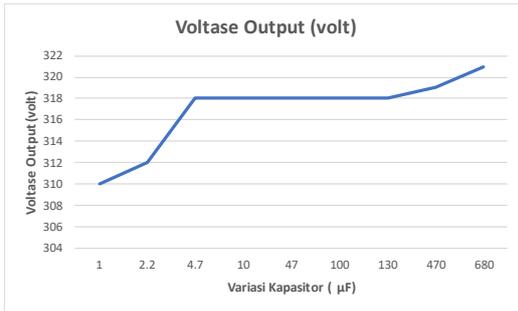
4.2 Uji Adaptor Elektrolisis

Pengujian adaptor elektrolisis ini bertujuan untuk memastikan pengaruh besar kapasitansi terhadap voltase dari adaptor elektrolisis dan pengaruhnya terhadap variasi kecepatan proses elektrolisis pada air hujan. Pengujian Adaptor Elektrolisis dapat dilihat pada Tabel 1.

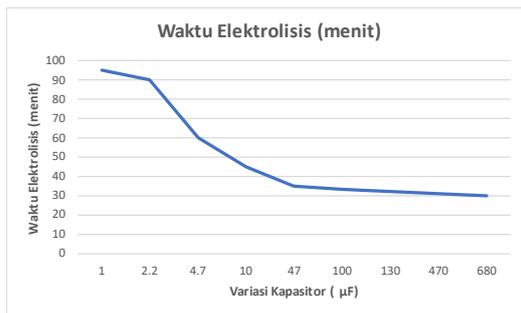
Tabel 1. Pengujian Adaptor Elektrolisis

No	Kapasitansi Polar 450 V	Voltase Output (volt)	Waktu Elektrolisis (menit)
1	1 µF	310	95
2	2,2 µF	312	90
3	4,7 µF	318	60
4	10 µF	318	45
5	47 µF	318	35
6	100 µF	318	33
7	130 µF	318	32
8	470 µF	319	31
9	680 µF	321	30

Dari hasil uji pada Tabel 1 hasil pengukuran adaptor elektrolisis menunjukkan bahwa tegangan output tanpa beban lebih besar dari tegangan input. Tegangan output DC mendekati nilai tegangan puncak ($\sqrt{2} \times$ Tegangan RMS input), seperti pada input 220 V AC RMS yang menghasilkan tegangan puncak sekitar 311 V. Kapasitor dalam rangkaian menyimpan energi saat puncak siklus AC dan melepaskannya perlahan, menjaga tegangan output tetap stabil. Kapasitansi besar (470 µF dan 680 µF) menghasilkan *ripple* tegangan kecil, sehingga voltase output lebih stabil mendekati 318–321V. Diagram hubungan nilai tegangan output dengan nilai kapasitansi dapat dilihat pada Gambar 6 dan diagram hubungan waktu elektrolisis dengan nilai kapasitansi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Diagram tegangan output



Gambar 7. Diagram waktu elektrolisis

Waktu elektrolisis menunjukkan penurunan yang berbanding terbalik dengan peningkatan kapasitansi dan voltase output. Kapasitansi kecil (1–2,2 µF) menghasilkan voltase lebih rendah (310–312 V) dan waktu elektrolisis lebih lama (90–95 menit), sedangkan kapasitansi besar (470–680 µF) menghasilkan voltase lebih tinggi (319–321 V) dan waktu lebih singkat (30–31 menit). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitansi yang digunakan, semakin cepat proses elektrolisis atau pemisahan ion dalam air.

Tabel 2. Uji t Pengaruh Kapasitor Terhadap Voltase
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	311,184	1,631		190,774	0,000
	Kapasitor	1,457	0,376	0,826	3,879	0,006

a. Dependent Variable: Voltase

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan variabel kapasitor memiliki nilai signifikansi sebesar 0,006, nilai tersebut lebih kecil dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variabel kapasitor berpengaruh terhadap variabel voltase. Nilai koefisien regresi untuk

variabel kapasitor adalah sebesar 3,879 dengan tingkat signifikansi 0,006 lebih kecil dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variabel kapasitor berpengaruh positif.

Tabel 3. Uji t Pengaruh Kapasitor Terhadap Waktu
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	107,987	14,0709		7,342	0,000
	Kapasitor	-0,346	0,052	-0,929	-6,624	0,000

a. Dependent Variable: Waktu

Tabel 3 dapat dijelaskan variabel kapasitor memiliki nilai signifikansi sebesar 0,000, nilai tersebut lebih kecil dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variabel kapasitor berpengaruh terhadap variabel waktu. Nilai koefisien regresi untuk variabel kapasitor adalah sebesar -6,624. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variabel kapasitor berpengaruh negatif.

Tabel 4. Uji F Pengaruh Kapasitor dan tegangan output Terhadap Waktu
ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	63437,545	2	31718,773	279,681	0,000
	Residual	680,464	6	113,411		
	Total	64118,010	8			

a. Dependent Variable: Waktu

b. Predictors: (Constant), Kapasitor, Voltase

Berdasarkan hasil uji F pada Tabel 4 diperoleh nilai F sebesar 279 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 yang kurang dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kapasitor dan voltase secara bersama-sama berpengaruh terhadap variabel waktu.

Uji regresi menunjukkan bahwa kapasitansi berpengaruh positif terhadap voltase (koefisien 3,879; sig. 0,006) dan negatif terhadap waktu elektrolisis (koefisien -6,624; sig. 0,000). Uji F juga menunjukkan bahwa kapasitansi dan voltase bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap waktu elektrolisis (F = 279; sig. 0,000). Kapasitansi besar meningkatkan penyaringan ripple,

menstabilkan voltase, dan mempercepat reaksi elektrolisis dengan menyediakan energi lebih besar untuk mengionisasi larutan. Dengan demikian, adaptor dengan kapasitansi besar lebih efisien dalam mempercepat proses elektrolisis sambil menjaga kestabilan voltase output.

4.3 Pengujian Smart Control System

4.3.1 Pengujian Modul Sensor pH dan TDS

Pada pengujian sensor pH dan TDS akan dilakukan uji kalibrasi dari modul pH dan TDS terlebih dahulu. Pengujian akurasi ini menggunakan alat ukur TDS meter pada air minum mineral ber TDS 124 ppm sebagai pembanding serta larutan *buffer* dengan pH 6,86 yang dapat dilihat pada pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian Akurasi Modul Sensor pH (a) dan TDS (b)

Hasil pengujian kalibrasi sensor pH dan TDS yang dilakukan telah ditampilkan pada *serial monitor Arduino IDE*, yang kemudian dibandingkan dengan data yang diperoleh menggunakan alat ukur standar. Data yang tercatat dari kedua sensor tersebut dirangkum secara sistematis dalam Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Akurasi Modul Sensor pH dan TDS

Indikator	Hasil Sensor	Perbandingan	Selisih
pH	6,85	6,86	0,01
TDS	128,91ppm	129 ppm	1,00 ppm

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 5 pengukuran nilai pH menunjukkan hasil sebesar 6,85 pada sensor, dengan

perbandingan alat standar sebesar 6,86, menghasilkan selisih sebesar 0,01. Untuk pengukuran nilai TDS, sensor mencatat hasil sebesar 128,91 ppm, sedangkan alat standar mencatat nilai sebesar 129 ppm, dengan selisih sebesar 1,00 ppm. Pada pengujian sensor pH dan TDS ini bertujuan untuk menguji presisi dari modul pH dan TDS. Pengujian kerja ini dilakukan sebanyak 36 kali dengan mengukur nilai TDS dan pH air hujan pada *monitoring box* hasil uji yang dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Standar Deviasi Sensor pH

n	Hasil Sensor pH (xi)	\bar{x}	$xi - \bar{x}$	$(xi - \bar{x})^2$
1	6,78	6,81	-0,03	0,0007
2	6,79	6,81	-0,02	0,0003
3	6,79	6,81	-0,02	0,0003
4	6,86	6,81	0,05	0,0028
5	6,81	6,81	0,00	0,0000
6	6,76	6,81	-0,05	0,0022
7	6,83	6,81	0,02	0,0005
8	6,84	6,81	0,03	0,0011
9	6,84	6,81	0,03	0,0011
10	6,73	6,81	-0,08	0,0059
11	6,80	6,81	-0,01	0,0000
12	6,83	6,81	0,02	0,0005
13	6,79	6,81	-0,02	0,0003
14	6,79	6,81	-0,02	0,0003
15	6,80	6,81	-0,01	0,0000
16	6,87	6,81	0,06	0,0040
17	6,79	6,81	-0,02	0,0003
18	6,80	6,81	-0,01	0,0000
19	6,85	6,81	0,04	0,0019
20	6,84	6,81	0,03	0,0011
21	6,85	6,81	0,04	0,0019
22	6,83	6,81	0,02	0,0005
23	6,73	6,81	-0,08	0,0059
24	6,80	6,81	-0,01	0,0000
25	6,84	6,81	0,03	0,0011
26	6,88	6,81	0,07	0,0053
27	6,83	6,81	0,02	0,0005
28	6,77	6,81	-0,04	0,0014
29	6,81	6,81	0,00	0,0000
30	6,79	6,81	-0,02	0,0003
31	6,79	6,81	-0,02	0,0003
32	6,78	6,81	-0,03	0,0007
33	6,85	6,81	0,04	0,0019
34	6,76	6,81	-0,05	0,0022
35	6,78	6,81	-0,03	0,0007
36	6,77	6,81	-0,04	0,0014
Nilai Standar Deviasi, $S = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(xi - \bar{x})^2}{n-1}}$				0,037
Nilai Standar Deviasi Relatif, $RSD = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$				1%

Berdasarkan Tabel 6, Sensor pH menunjukkan performa stabil dengan standar deviasi 0,037 lebih kecil dari nilai *mean* 6,81,

menandakan data yang konsisten. Dengan sebagian besar nilai pH dalam kisaran $\pm 0,05$ dari rata-rata dan %RSD sebesar 1%, sensor ini terbukti presisi dalam memantau kestabilan pH selama elektrolisis.

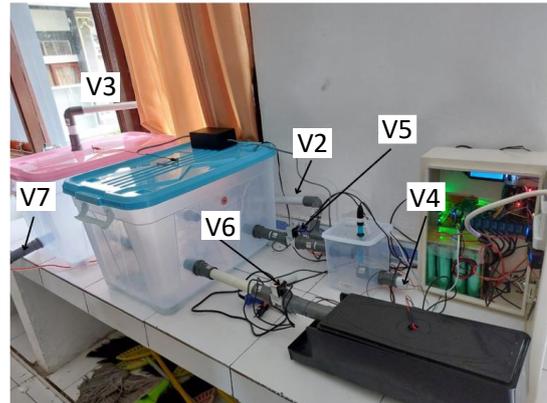
Tabel 7. Standar Deviasi Sensor TDS

n	Hasil Sensor TDS (x_i)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	110.11	112,04	-1,93	3,73
2	114.23	112,04	2,19	4,79
3	109.56	112,04	-2,48	6,15
4	112.86	112,04	0,82	0,67
5	111.76	112,04	-0,28	0,08
6	112.86	112,04	0,82	0,67
7	109.01	112,04	-3,03	9,18
8	112.58	112,04	0,54	0,29
9	113.13	112,04	1,09	1,19
10	112.86	112,04	0,82	0,67
11	110.11	112,04	-1,93	3,73
12	113.41	112,04	1,37	1,88
13	113.13	112,04	1,09	1,19
14	111.76	112,04	-0,28	0,08
15	113.68	112,04	1,64	2,69
16	111.48	112,04	-0,56	0,31
17	111.48	112,04	-0,56	0,31
18	114.23	112,04	2,19	4,79
19	112.58	112,04	0,54	0,29
20	111.21	112,04	-0,83	0,69
21	112.58	112,04	0,54	0,29
22	113.96	112,04	1,92	3,69
23	110.93	112,04	-1,11	1,23
24	110.66	112,04	-1,38	1,91
25	112.86	112,04	0,82	0,67
26	113.68	112,04	1,64	2,69
27	111.48	112,04	-0,56	0,31
28	113.13	112,04	1,09	1,19
29	113.41	112,04	1,37	0,00
30	111.48	112,04	-0,56	0,31
31	111.48	112,04	-0,56	0,31
32	112.31	112,04	0,27	0,07
33	112.31	112,04	0,27	0,07
34	110.38	112,04	-1,66	2,76
35	110,11	112,04	-1,93	3,73
36	110,66	112,04	-1,38	1,91
Nilai Standar Deviasi, $S = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$				1,36
Nilai Standar Deviasi Relatif, $RSD = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$				1%

Berdasarkan Tabel 7, Sensor TDS menunjukkan konsistensi dengan standar deviasi 1,34 lebih kecil dari nilai *mean* 112,04 ppm. Dengan nilai TDS dalam kisaran ± 2 dari rata-rata dan %RSD 1%, sensor ini bekerja presisi dalam memantau kualitas air selama proses elektrolisis.

4.3.2 Uji Valve Smart Control System

Pada uji *valve Smart Control System* memastikan bahwa *valve* dapat dikendalikan melalui aplikasi MIT App Inventor dan berjalan sesuai logika. Nilai *valve* 0 untuk menandakan *valve* dalam kondisi tertutup dan nilai *valve* 1 untuk menandakan *valve* dalam kondisi *open* mengalirkan air seperti yang tertera pada Gambar 9.



Gambar 9. Uji Valve Smart control system

Hasil uji kerja *Valve Smart control system* selanjutnya diamati dan disajikan pada Tabel 8.

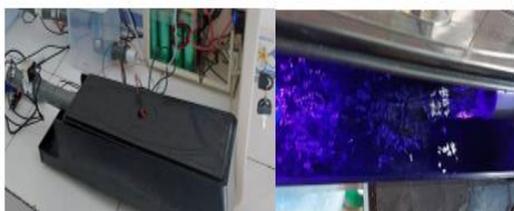
Tabel 8. Uji Valve Smart Control System

No	Kondisi Valve	Valve						
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
1	Kondisi pertama	0	1	0	0	0	0	0
2	Kondisi jika air tidak layak panen	1	1	0	1	0	0	0
3	Kondisi air layak panen	0	0	1	1	0	0	0
4	Kondisi air saat elektrolisis	0	0	0	0	0	0	0
5	Kondisi air saat setelah elektrolisis	0	0	0	0	1	0	0
6	Kondisi saat pH dan ZDS terpenuhi	0	0	0	1	0	1	0
7	Kondisi saat pH dan ZDS tidak terpenuhi	0	0	1	1	0	0	0
8	drain asam	0	0	0	0	0	0	1

Pada Tabel 8, Valve Smart control system telah menunjukkan kinerja yang sesuai dengan desain. Hal ini membuktikan bahwa setiap valve dapat berfungsi sesuai perintah yang diberikan melalui sistem kontrol, dengan hasil yang terlihat pada perbedaan aliran air di setiap kondisi pengujian.

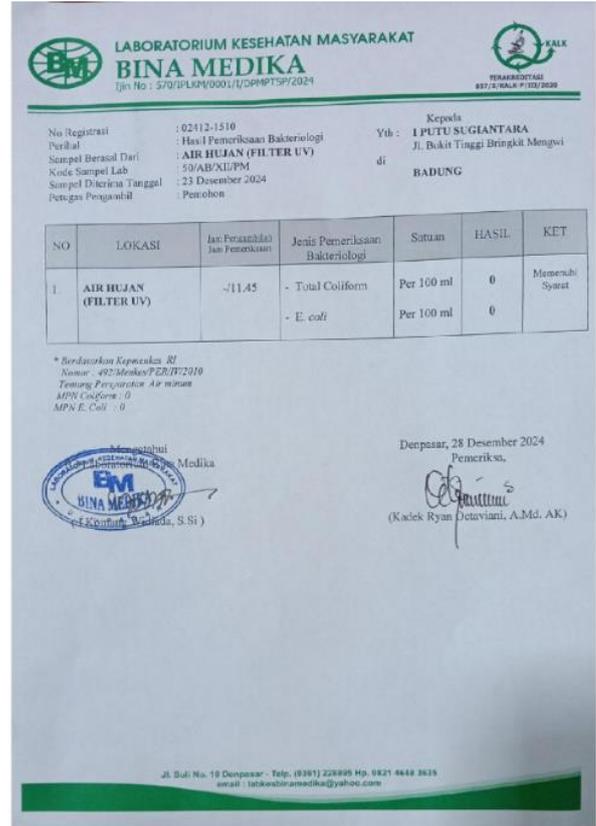
4.3.3 Uji Kerja LED UV

Uji kerja LED UV bertujuan untuk memastikan bahwa tidak ada bakteri pada air yang telah dielektrolisis seperti terlihat pada Gambar 10. Sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 pasal 3 ayat 1 yang menyatakan: Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Persyaratan air minum, untuk parameter wajib mensyaratkan kadar maksimum bakteri pada air minum maksimal adalah 0 per 100 ml sampel air khususnya pada bakteri *E.Coli* dan bakteri coliform.



Gambar 10. Uji kerja LED UV

Setelah melakukan pengujian bakteri pada Laboratorium Bina Medika Denpasar maka hasil uji akan dicantumkan seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Uji Laboratorium

Hasil uji kerja LED UV menunjukkan efektivitas tinggi dalam membunuh bakteri yang terdapat pada air hujan, khususnya setelah melalui proses elektrolisis. Berdasarkan pengujian laboratorium di Bina Medika Denpasar, air yang telah diberi perlakuan menggunakan filter UV mencatatkan skor 0 pada bakteri *E. coli* dan bakteri coliform, sepenuhnya memenuhi standar yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 pasal 3 ayat 1 [6]. Hal ini membuktikan bahwa filter UV bekerja secara optimal dalam membunuh bakteri khususnya *E.Coli* dan koliform sehingga air hasil olahan aman untuk dikonsumsi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan dari penelitian rancang bangun pengolah air hujan menjadi air minum berbasis elektrolisis air dengan smart control system bertenaga EBT di SMAN 1 Mengwi sebagai berikut:

1. *Smart control system* monitoring bekerja presisi dalam memantau TDS dan pH air, dengan sensor memiliki RSD 1%, menunjukkan akurasi tinggi. Pengujian adaptor elektrolisis menunjukkan kapasitansi berpengaruh signifikan terhadap voltase dan waktu elektrolisis, meningkatkan voltase dari 310 V (1 μ F) menjadi 321 V (680 μ F) serta mempercepat elektrolisis dari 90–95 menit menjadi 30–31 menit.
2. *Valve Smart Control System* berfungsi sesuai desain, dan filter UV berhasil mensterilkan air hujan. Hasil uji laboratorium Bina Medika Denpasar menunjukkan kadar bakteri, termasuk E. Coli dan coliform, mencapai 0, memastikan air layak konsumsi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chuzaini, F. and Dzulkifli, D. 2022. IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS). *Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), pp. 46–56.
- [2] Ferdiansyah, I. et al. 2021. Desain SPWM Single Phase Full Bridge Inverter pada Sistem Uninterruptible Power Supply 500W. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 7(1), pp. 10–16.
- [3] Ghozali, I. 2018. Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program. IBM SPSS 25. Edisi 9. Semarang: Badan Penerbit UNDIP.
- [4] Giyantara, A. dkk. 2019. Analisis Rangkaian Full Wave Rectifier dengan Filter Kapasitor, Pembagi Tegangan, Buffer dan Penguat Differensial pada Sensor Arus. *SPECTA Journal of Technology*, 3(2), pp. 1–9.
- [5] Hidayat, K.R., Winarno, D.J. and Kusumastuti, D.I. 2021. Analisis Kualitas Air Hasil Pengolahan Air Hujan Dengan Metode Elektrolisis Menjadi Air Minum. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 8(4), pp. 693–702.
- [6] Kemenkes, R.I. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010. Kementerian Kesehatan RI.
- [7] KLHK. 2021. Dokumen Status Daya Dukung Air Pulau Bali. Available at: <http://ppebalinusra.menlhk.go.id/wp-content/uploads/2022/11/Dokumen-Status-Air-Pulau-Bali-2021.pdf>.
- [8] Kusumadiarti, R.S. and Qodawi, H. 2021. Implementasi Sensor Water Level Dalam Sistem Pengatur Debit Air Di Pesawahan. *PETIK: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 7(1), pp. 19–29.
- [9] Nisa, K. 2024. Uji Presisi Penetapan Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode Dpph Dengan Pelarut Sampel Aquades. *Akademi Farmasi Surabaya*.
- [10] Nugroho, K. and Murdowo, S. 2022. Klasifikasi Jenis Hewan Pada Kebun Binatang Dengan Menggunakan Metode Deep Neural Network. *Jurnal Ilmiah Infokam*, 18(1), pp. 46–51.
- [11] Simbolon, D. dkk. 2024. Presisi dan Akurasi Pengukuran Panjang dan Tinggi Badan Anak. Penerbit NEM.
- [12] Sundra, I.K. 2007. Kualitas Air Bawah Tanah di Wilayah Pesisir Kabupaten Badung. *Ecotrophic*, 1(2), p. 378936.
- [13] Widodo, A.E. and Suleman, S. 2020. Otomatisasi Pemilah Sampah Berbasis Arduino Uno. *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, 6(1), pp. 12–18.
- [14] Winatama, A., Sumaryo, S. and Kurniawan, E. 2022. Rancang Bangun Perangkat Water Ionizer Sebagai Sistem Filtrasi Air Minum Dengan Menggunakan Metode Elektrolisis. *eProceedings of Engineering*, 9(5).
- [15] Wulandari, A.S.R. and Ilyas, A. 2019. Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia: Tata Pengurusan Air

dalam Bingkai Otonomi Daerah.
Gema Keadilan, 6(3), pp. 287–299.