

Aplikasi *Monitoring* Kualitas Air Pada *Torent* Menggunakan Sensor PH-4502C Berbasis *Internet of Things*

Vallen Chandra Praditya¹, Diwahana Mutiara Candrasari²

^{1,2}Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Yos Sudarso

Info Articles

Keywords:
Blackbox Testing;
Internet of Things (IoT);
pH-4502C Sensor;
Prototype; Water Quality
Monitoring

Abstrak

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menghadirkan inovasi dalam pemantauan kualitas air yang lebih efisien dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi monitoring kualitas air pada *torent* menggunakan sensor pH-4502C berbasis IoT, dengan studi kasus di SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem yang terdiri dari sensor pH-4502C, mikrokontroler, dan platform IoT. Data pH air yang dihasilkan oleh sensor pH-4502C diambil dan dikirimkan secara *real-time* ke server melalui koneksi internet. Aplikasi web digunakan untuk memantau kualitas air secara *online* dan mengakses data historis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diimplementasikan dapat memantau kualitas air secara akurat dan efisien. Dengan adanya sistem ini, SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto dapat memantau kualitas air pada *torent* mereka secara efektif sehingga memungkinkan tindakan preventif yang cepat jika terdapat perubahan yang signifikan dalam kualitas air. Penelitian ini menggambarkan potensi penggunaan IoT dalam pemantauan kualitas air yang dapat diterapkan di berbagai sektor termasuk pendidikan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT.

Abstract

The development of Internet of Things (IoT) technology has introduced innovations in more efficient and accurate water quality monitoring. This research aims to develop a water quality monitoring application for torrents using the pH-4502C sensor-based IoT, with a case study at SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto. The research methodology is using experimental, involving the design and implementation of a system consisting of the pH-4502C sensor, microcontroller, and IoT platform. The pH data generated by the pH-4502C sensor is collected and transmitted in real-time to a server via an internet connection. The developed web application enables users to monitor water quality online and access historical data. The results of the research demonstrate that the implemented system can accurately and efficiently monitor water quality through a web interface. With this system, SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto can effectively monitor the water quality in their torrents,

enabling prompt preventive measures in the event of significant changes in water quality. This research illustrates the potential of IoT in water quality monitoring, which can be applied across various sectors, including education. Furthermore, this study can be a reference for further research in the development of IoT-based water quality monitoring systems

✉ Alamat Korespondensi:
E-mail: ¹vallenchandra4@gmail.com, ²candrasari5860@stikomys.ac.id,

p-ISSN 2621-9484
e-ISSN 2620-8415

PENDAHULUAN

Lebih dari 98% air di daratan tersembunyi di bawah permukaan tanah, dua persen sisanya terlihat sebagai air di sungai, danau dan *reservoir*. Sumber air bersih pada umumnya didapatkan melalui sumber mata air di dalam tanah. Untuk menarik air dari dalam tanah digunakan pompa air dimana ada kemungkinan terjadinya kebocoran sehingga air yang disalurkan menjadi tercampur dengan kotoran seperti tanah dan pasir. Perkembangan teknologi informasi pada masa ini dapat dikatakan amat cepat, didukung dengan adanya internet sebagai media akses informasi. Perkembangan teknologi ini dapat dilihat pada kegiatan secara konvensional menjadi terkomputerisasi. *Internet of Things* merupakan sebuah konsep yang memanfaatkan konektivitas internet dengan tujuan untuk memberikan manfaat pada kehidupan manusia (Candrasari dkk, 2022). Cara kerja IoT yaitu dengan memanfaatkan sebuah bahasa pemrograman dimana tiap-tiap perintah dapat menghasilkan adanya interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tidak dibatasi oleh jarak. (Efendi, 2018).

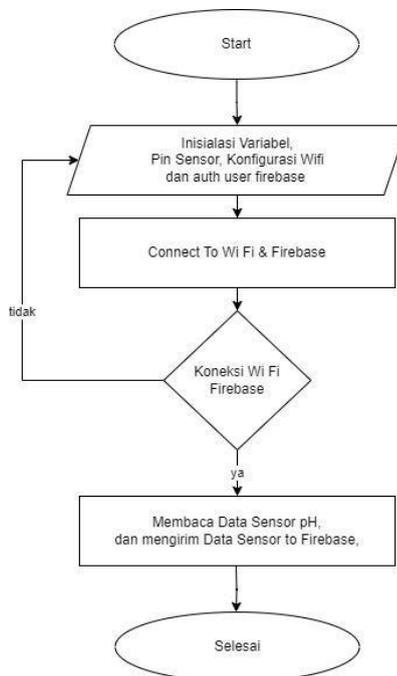
Studi kasus pada SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto dilakukan untuk pengontrolan tempat penampungan air (*torent*) yang masih minim pengecekan (Tardian, 2020). Pengecekan belum dilakukan secara rutin dan berkala karena kurangnya tenaga ahli dalam bidang kebersihan pada *torent* dan kurangnya pengetahuan *toolman* yang mengurus *torent*. Kurangnya tenaga ahli dapat dibantu dengan konsep *Internet of Things*. Penelitian ini akan dibuat suatu sistem untuk *monitoring* kualitas air tangki berbasis IoT menggunakan sensor kekeruhan air di SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto yang dapat menghasilkan indikator air jernih (Haryanto dkk, 2021). Standar pengukuran kejernihan air diharuskan memiliki pH air $6,5 < \text{pH} < 9$ satuan ukur kejernihan air.

Penelitian ini didukung oleh kajian-kajian sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Haryanto dan Fadhil (2021) tentang sistem pemantau dan pengontrol akuarium dalam pemeliharaan ikan hias dari jarak jauh. Titik kematian ikan pada pH asam adalah 4 dan pada pH basa adalah 11. Kerusakan parameter ekosistem lingkungan akuarium dapat menyebabkan beberapa ikan mati. Selain itu, Trisnawan dan Kartikasari (2020) melakukan penelitian tentang sistem monitoring kualitas air dengan

menggunakan IoT. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem mampu me-monitoring secara *real-time*, berdasarkan nilai *delay* pada data transfer yang didapat. Dengan adanya sistem *monitoring* kualitas air ini diharapkan mampu memantau kualitas air secara *real-time* melalui web.

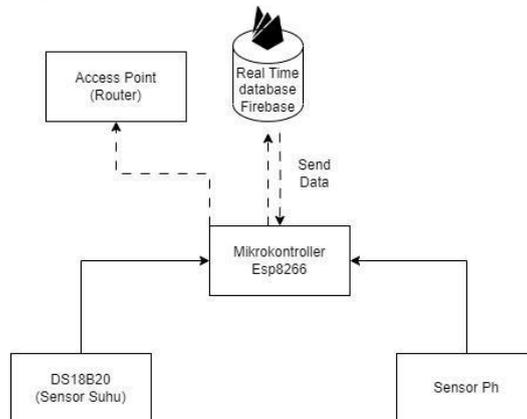
METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif yang didukung oleh metode pengembangan perangkat lunak dengan model *prototype*. Terdapat beberapa langkah pada sistem monitoring yaitu dimulai dari program yang melakukan inisialisasi variabel hingga sistem terhubung ke jaringan *Wi-Fi* dan *firebase* sehingga data yang telah terbaca akan dikirimkan ke *firebase* untuk disimpan sesuai pada diagram *flowchart* di Gambar 1.



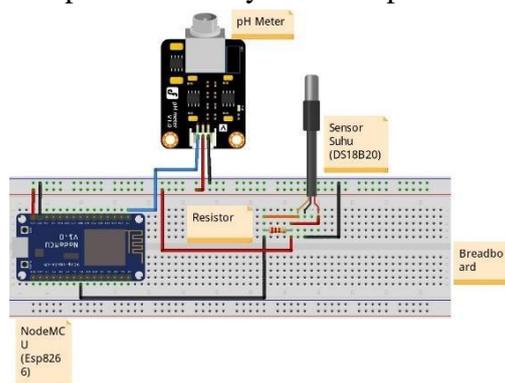
Gambar 1. Flowchart Alat Monitoring Kualitas Air

Untuk memudahkan proses perancangan dan cara kerja masing-masing rangkaian maka dibuat suatu diagram blok pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Pada blok diagram di atas, terdapat sebuah mikrokontroler untuk mengumpulkan data dari dua jenis sensor yaitu sensor suhu (*DS18B20*) untuk mengukur suhu air dalam tandon dan sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman (pH) dalam air. Data dari sensor tersebut dikirim ke sebuah *database* yaitu *firebase* yang dapat diakses dan dikelola secara *online* dan dapat ditampilkan pada sebuah *website* sehingga pengguna dapat melihat data suhu dan pH yang diukur secara *real-time*. Selanjutnya, rangkaian pada Gambar 3. terdiri dari beberapa komponen yaitu ESP8266 sebagai pusat pengendali keseluruhan alat yang mendapat sumber daya dari adaptor 12V 1A.



Gambar 3. Rangkaian Sistem

Kemudian Gambar 4. merupakan sketsa alat yang diletakkan pada samping *torent* agar lebih mudah dalam pengecekan kondisi air dan alat secara berkala.



Gambar 4. Sketsa Desain Alat

Uji coba produk yang dilakukan pada penelitian adalah uji kelayakan produk dengan cara validasi oleh pengguna terkait melalui angket seperti pada Tabel 1. Selanjutnya pengujian *blackbox* pada fungsionalitas perangkat lunak menggunakan teknik *equivalence partitions*. Evaluasi sistem dilakukan dengan metode SUS dengan 5 orang manajemen sekolah, 5 orang guru, dan 5 orang karyawan.

Tabel 1. Tabel Pengukuran Kepuasan Pengguna

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban				
		STS	TS	N	S	SS
1	Saya berpikir akan menggunakan sistem ini.					
2	Saya merasa sistem ini rumit digunakan.					
3	Saya merasa sistem ini mudah digunakan					

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban				SS
		STS	TS	N	S	
4	Saya membutuhkan bantuan dari orang lain.					
5	Saya merasa fitur-fitur sistem ini berjalan dengan semestinya.					
6	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi pada sistem ini).					
7	Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan sistem ini dengan cepat.					
8	Saya merasa sistem ini membingungkan.					
9	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan sistem ini.					
10	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini.					
Jumlah Jawaban Keseluruhan						

Setiap kriteria jawaban memiliki nilai seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Nilai Kriteria Jawaban

Jawaban	Nilai
STS (Sangat Tidak Setuju)	1
TS (Tidak Setuju)	2
N (Netral)	3
S (Setuju)	4
SS (Sangat Setuju)	5

Pertanyaan positif dihitung menggunakan rumus $(x-1)$ sedangkan pertanyaan yang berkonotasi negatif dihitung menggunakan rumus $(5-x)$. Setelah mendapatkan nilai pada kuesioner, dilanjutkan menghitung rata-rata nilai untuk mendapatkan hasil evaluasi dan ditentukan interpretasi seperti Tabel 3.

Tabel 3. Interpretasi SUS Score

SUS score	Grade	Adjective rating
> 80.3	A	Excellent
68 – 80.3	B	Good
68	C	Okay
51 – 68	D	Poor
< 51	F	Awful

HASIL DAN PEMBAHASAN

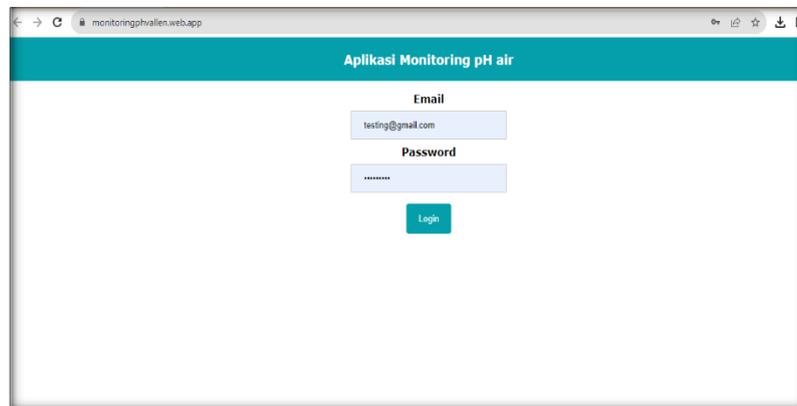
1. Implementasi Sistem Monitoring

Alat kualitas air pada Gambar 5. diletakan pada *torent* SD Al Irsyad Al Islammiyah 01 dimana penempatan *torent* di atas gedung yang tertutup atap galvalum. Terdapat sensor pH dan sensor suhu yang diletakan didalam wadah botol yang akan digunakan untuk proses pengukuran pH air.



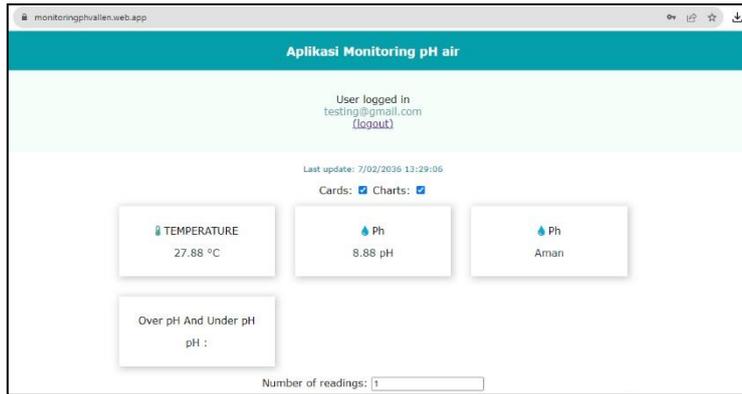
Gambar 5. Rangkaian Alat Monitoring Kualitas Air Dalam Akrilik

Implementasi perangkat keras menggunakan program NodeMCU yang merupakan mikrokontroler seperti Arduino hanya saja mikrokontroler jenis ini ditambahkan fitur modul WIFI ESP8266 sehingga untuk pemrogramannya dapat memakai *sketch* dengan Arduino IDE yang telah disesuaikan tipe/jenis *board*-nya. Implementasi aplikasi web dimulai dari halaman *login* dimana akses sistem *monitoring* Ph air menggunakan akun pada *database administrator* yang dibuat oleh peneliti.



Gambar 6. Halaman *Login* Sistem *Monitoring* berbasis *Website*

Output halaman ketika *button login* ditekan akan langsung dialihkan pada halaman *dashboard* yang menampilkan *summary* pada Gambar 7.



Gambar 7. Output Halaman Login Sistem

Timestamp	Temp (°C)	pH
17/10/2023 21:29:29	28.44	9.59
17/10/2023 21:29:19	28.44	9.70
17/10/2023 21:29:09	28.44	9.70
17/10/2023 21:28:59	28.50	9.58
17/10/2023 21:28:48	28.44	9.63
17/10/2023 21:28:38	28.44	9.58
17/10/2023 21:28:28	28.44	9.65
17/10/2023 21:28:18	28.44	9.80
17/10/2023 21:28:08	28.44	9.77
17/10/2023 21:27:58	28.38	9.61

Gambar 8. Hasil Pengukuran PH air dalam aplikasi *monitoring*

Berdasarkan Gambar 8 alat yang dibuat sudah berhasil mengukur suhu dan PH air yang sudah terintegrasi dengan aplikasi berbasis *website* yang dibuat.

2. Pengujian Alat dan *Web Monitoring*

Pengujian alat dimulai dari pengujian perangkat keras Arduino EPS8266. Selanjutnya pengujian tingkat akurasi sensor dengan cara mengkalibrasi katoda pH dan penghubung cairan yang harus tercelup seluruhnya dalam larutan buffer. Sebagai pembanding hasil pengukuran level pH cairan digunakan kertas lakmus.

Pengujian sistem pemantauan pH air terhadap sensor pH-c dilakukan selama 1 minggu, dimulai pada tanggal 4-7 September 2023 pukul 08.00 WIB. Pengujian dilakukan dengan cara melihat aplikasi *website*, kinerja sensor, dan alat yang digunakan. Pengujian sensor *pH-4502c* dilakukan dengan mencelupkan kedalam *torent* dan sensor suhu. Skala pH di bawah 6 menandakan under pH, 6 – 9 menandakan pH normal, dan di atas 9 menandakan over pH. Pengujian kalibrasi sensor pH-4520C dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan dengan nilai yang terukur pada kertas lakmus. Pengujian sebanyak 7 kali menggunakan beberapa sampel air yang berbeda dan diperoleh rata-rata pH dan suhu seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Pengujian pH dan suhu beberapa sampel air

Sampel Air	Tanggal	Sensor		Hasil Pengujian
		pH	Suhu	
pH air di bawah 6	4/9/2023	5.60	28.52	Berhasil
pH air normal	4/9/2023	7.71	28.52	Berhasil

Sampel Air	Tanggal	Sensor		Hasil Pengujian
		pH	Suhu	
pH air di atas 9	5/9/2023	9.68	28.43	Berhasil
Air campuran (pH di bawah 6, normal, dan di atas 9)	6/9/2023	7.56	28.12	Berhasil
Air teh	6/9/2023	7.13	29.76	Berhasil
Air irigasi	7/9/2023	7.75	28.35	Berhasil

Pengujian kesesuaian waktu *update* data di *website* dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara waktu pengiriman data oleh ESP8266 dengan waktu update data oleh *website*. Pada pengujian ini diambil 10 sampel data yang kemudian hasil selisish waktu diketahui dari pengurangan waktu *update* data di *website* dengan waktu pengiriman data oleh ESP8266 yang dilihat dari *website* seperti pada Gambar 9.

Timestamp	Temp (°C)	pH
18/10/2023 15:00:36	29.81	7.70
18/10/2023 15:00:26	29.81	7.75
18/10/2023 15:00:16	29.81	7.77
18/10/2023 15:00:06	29.75	7.61
18/10/2023 14:59:55	29.75	7.73
18/10/2023 14:59:45	29.81	7.59
18/10/2023 14:59:35	29.75	7.66
18/10/2023 14:59:25	29.88	7.73
18/10/2023 14:59:15	29.81	7.73
18/10/2023 14:59:05	29.81	7.63

Gambar 9. Pengujian Kesesuaian Waktu Update Data di *Website*

Dari 10 kali percobaan didapatkan selisih waktu antara pengiriman data oleh ESP8266 dengan penerimaan data oleh *Website* sebesar 2,5 detik. Selisih waktu disebabkan oleh proses penghubungan alat ke server *website*. Pengujian sistem *monitoring* dilakukan beberapa uji coba seperti pengujian perangkat keras, konektivitas, dan pengujian secara langsung dari penggunaanya dimana hasilnya seperti Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sistem *Monitoring* berbasis *Website*

No	Deskripsi Pengujian	Kasus uji	Hasil yang diharapkan	Hasil
1.	<i>Login</i> sistem	Memasukkan url halaman monitoring dan <i>controlling</i> melalui <i>address bar browser</i>	Menampilkan halaman <i>login</i>	✓
		Menuliskan email yang tidak sesuai	Menampilkan pemberitahuan error format email salah	✓
		Memasukkan email yang tidak terdaftar	Menampilkan pemberitahuan error email tidak terdaftar	✓
		Tidak memasukkan email pada <i>input box</i> email	Menampilkan pemberitahuan error <i>input box</i> email	✓

No	Deskripsi Pengujian	Kasus uji	Hasil yang diharapkan	Hasil
			harus di isi	
		Tidak memasukkan <i>password</i> pada <i>input box password</i>	Menampilkan pemberitahuan <i>error input box password</i> harus di isi	✓
		Memasukkan <i>password</i> yang tidak sesuai pada saat <i>register</i>	Menampilkan pemberitahuan <i>error password</i> salah	✓
2.	Halaman Monitoring	Menampilkan nilai sensor yang tercatat terakhir pada <i>database</i>	Dapat menampilkan data nilai sensor secara <i>realtime</i>	✓
		Menampilkan nilai sensor tanpa <i>refresh browser</i>	Dapat menampilkan data nilai sensor tanpa <i>refresh</i>	✓
4.	<i>Logout system</i>	Pada saat menekan button <i>logout</i>	Kembali ke halaman login	✓
		<i>User</i> diberi pilihan pesan pada saat ingin <i>logout</i>	Tampil pesan apakah user yakin ingin <i>logout</i>	✓

Evaluasi sistem dilakukan dengan metode SUS (System Usability Scale) yang dilakukan di SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto dengan membagikan kuesioner pada kepala sekolah, guru, dan karyawan di SD Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto yang berjumlah 15 orang. Hasil perhitungan kuesioner pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sistem *Monitoring* berbasis *Website*

Skor Hasil Hitung											Jumlah	Nilai (Jumlah x 2.5)
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
1	3	4	4	4	3	1	3	4	3	30	75	
4	4	4	3	1	4	1	2	4	3	30	75	
4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	37	92.5	
4	3	4	4	1	3	1	3	4	3	30	75	
4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	37	92.5	
4	3	4	4	4	4	1	1	4	2	31	77.5	
4	3	4	2	4	3	4	4	4	3	35	87.5	
4	3	4	3	4	3	4	2	4	3	34	85	
4	3	4	2	4	4	4	3	4	3	35	87.5	
4	3	4	3	4	4	4	3	1	4	34	85	
4	3	4	4	1	4	4	2	4	3	33	82.5	
4	3	4	4	4	3	4	3	4	2	35	87.5	
4	2	4	2	1	4	3	4	4	4	32	80	
4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	37	92.5	
4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	36	90	
Skor Rata-rata (Hasil Akhir)												84

Berdasarkan Tabel 6. didapatkan jumlah skor rata-rata akhir yaitu 84 yang artinya aplikasi *monitoring* kualitas air sangat *excellent*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sensor pH dapat memberikan pengukuran yang akurat terhadap tingkat pH dalam. Selain itu, *monitoring* pH dapat digunakan untuk mendeteksi polutan dan pencemar dalam air, karena perubahan pH yang signifikan sering kali merupakan tanda adanya masalah kualitas air. Data pH yang di-*monitoring* secara *real time* dapat membantu dalam manajemen pengelolaan sumber daya air yang penting, seperti air minum dan air irigasi. Dengan menggunakan sensor pH, kita dapat menjaga kualitas air yang baik, melindungi lingkungan, dan memastikan air yang aman untuk berbagai keperluan manusia dan ekosistem. Ini adalah alat yang sangat berharga dalam upaya menjaga kualitas air secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- D. Mutiara Candrasari, P. S. Prihatmajaya, C. A. Fransiska, and E. Pernada, "Pemanfaatan RFID (Radio Frequency Identification) Tag sebagai Alternatif Efektifitas Pemantauan Kehadiran Warga Sekolah di SMK Swagaya 2 Purwokerto Berbasis Website dengan Menggunakan Metode Uji Kualitas Mccall's Quality."
- Y. Efendi, "*INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE*," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>
- A. Tardian, "Manajemen Strategi Peningkatan Mutu Pendidikan Di Sd Al Irsyad Al Islamiyyah 01 Purwokerto," 2020.
- H. Haryanto, K. Kristono, and M. Fadhil, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air (pH dan Kekeruhan) pada Akuarium Berbasis Internet of Things," *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, vol. 27, no. 2, pp. 185–195, 2021, doi: 10.36309/goi.v27i2.156.
- N. Suliyani, S. W. Suciwati, G. A. Pauzi, and A. Surtono, "Rancang Bangun Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Fototransistor dan LED Inframerah Berbasis Arduino Uno," *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 30–39, 2021, doi: 10.23960/jemit.v2i2.53.
- A. Firdhouzi, P. H. Trisnawan, and D. P. Kartikasari, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air dengan menggunakan Arsitektur Jaringan Internet of Things," *Pengembangan IT*, vol. 4, no. 10, pp. 3623–3629, 2020.
- A. F. Fernanda, "Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Sensor Turbidity Metode Nephelometri Berbasis Raspberry PI 3," *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 23–29, 2020, doi: 10.34010/telekontran.v8i1.3070.
- A. Noor, "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Sensor Dan Arduino Berbasis Web Mobile," *Joutica*, vol. 5, no. 1, p. 316, 2020, doi: 10.30736/jti.v5i1.329.
- R. Gunawan, A. Yusuf, and L. Nopitasari, "Rancang Bangun Sistem Presensi Mahasiswa Dengan Menggunakan Qr Code Berbasis Android," *Elkom : Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 14, no. 1, pp. 47–58, 2021.

- W. Susanto, G. Sukadarmika, and W. Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Untuk Pembudidayaan Ikan Patin Berbasis Internet of Things (Iot)," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 3, p. 128, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i03.p16.
- D. L. H. Nurul, R. F. Mimin, and Z. Doffa, "Prototipe Smart Home Dengan Modul Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot)," *Jurnal Teknik Informatika*, p. 3, 2019.
- H. P. Ramadhan, C. Kartiko, and A. Prasetiadi, "Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Menggunakan NodeMCU, Firebase, dan Flutter," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 6, no. 1, 2020, doi: 10.28932/jutisi.v6i1.2365.
- Y. Kurnia and D. Tantowi, "Simulasi Sistem Keamanan Kendaraan Roda Dua Dengan Smartphone dan GPS Menggunakan Arduino," *Jurnal Algor*, vol. 1, no. 2, 2020.
- M. Yusuf and Y. Astuti, "System Usability Scale (SUS) Untuk Pengujian Usability Pada Pijar Career Center," *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 131–138, Oct. 2020, doi: 10.34010/komputika.v9i2.2873.
- R. B. Trengginaz, A. Yusup, D. S. Sunyoto, M. R. Jihad, and Y. Yulianti, "Pengujian Aplikasi Pemesanan Tiket Kereta berbasis Website Menggunakan Metode Black Box dengan Teknik Equivalence Partitioning," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, vol. 3, no. 3, p. 144, Aug. 2020, doi: 10.32493/jtsi.v3i3.5349.