

PERANCANGAN SISTEM MONITORING KELAYAKAN KUALITAS AIR BERSIH DENGAN MULTISENSOR UNTUK AIR HIGIENE SANITASI MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

DESIGN OF CLEAN WATER QUALITY APPROPRIATENESS MONITORING SYSTEM WITH MULTISENSOR FOR HYGIENE SANITATION WATER USING FUZZY LOGIC METHOD

Rakyan Prajnagra, Sony Sumaryo², Porman Pangaribuan³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹rakyan@student.telkomuniversity.ac.id, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id,

³porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Air bersih sangat diperlukan untuk kebutuhan higiene dan sanitasi seperti mandi, mencuci, serta untuk bahan baku air minum yang kualitas nya harus memenuhi syarat tertentu. Permasalahan yang terjadi adalah seringkali kualitas air tersebut tidak dipedulikan, padahal hal tersebut sangatlah penting bagi kesehatan tubuh serta lingkungan sekitar, selain itu, masalah lain yang perlu diperhatikan yaitu ketidakpraktisan dalam menguji kualitas air yang harus dilakukan di laboratorium, oleh sebab itu diperlukannya suatu alat pemantauan dan penentuan kelayakan kualitas air bersih untuk kebutuhan higiene dan sanitasi pada tempat penampungan air secara *real time*.

Perancangan sistem monitoring kelayakan kualitas air bersih dengan multisensor untuk air higiene sanitasi menggunakan metode *fuzzy logic* adalah solusi untuk menjawab permasalahan pemantauan kualitas air. Dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, sistem dapat menampilkan tidak hanya nilai dari parameter yang berupa pH, TDS, suhu, dan kekeruhan, tetapi juga dapat menampilkan nilai dan status kelayakan kualitas air berdasarkan standar baku kualitas air bersih. Melalui sistem ini pula, yang sudah dilengkapi dengan modul WiFi, akan lebih mudah untuk memantau kualitas air melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* Android kapanpun dan dimanapun selama tersedia nya konektivitas internet.

Sistem yang dirancang dapat *me-monitoring* kelayakan kualitas air bersih untuk kebutuhan higiene sanitasi melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* Android. Kelayakan kualitas air tersebut diklasifikasikan menjadi “layak”, “kurang layak”, dan “sangat tidak layak”. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor yang tinggi yaitu diatas 95%. Rata-rata selang waktu yang dibutuhkan agar data dapat terkirim ke aplikasi Blynk dari mikrokontroler adalah 1,969 detik.

Kata Kunci: *Kualitas air, higiene sanitasi, fuzzy logic, internet of things*

Abstract

Clean water is needed for hygiene and sanitation such as bathing, washing, and for drinking water raw material which quality must fulfill certain requirements, but the real problem is, the things related to the clean water quality are often ignored, even though this is very important for the body health and surrounding environment, furthermore, another important issue is the impracticability of testing water quality which should be done in the laboratory, therefore a monitoring and the appropriateness of clean water quality for hygiene and sanitation needs determination tool in real time is needed on the water reservoirs.

The design of clean water quality appropriateness monitoring system with a multisensor for hygiene sanitation water using fuzzy logic method is a solution to answer water quality problems. By using the fuzzy logic method, the system not only display the values of parameters like pH, TDS, temperature, and turbidity, but also the value and status of water quality appropriateness based on clean water quality standards. This system has also been equipped with WiFi module, which will make it easier to monitor the water quality through the Blynk application on an Android smartphone anytime and anywhere as long as the internet connectivity is available.

The system that has been designed can monitor the appropriateness of clean water quality for hygiene sanitation needs through the Blynk application on an Android smartphone. The appropriateness of that water quality is classified into “acceptable”, “less feasible”, and “very unworthy”. From the test results, the accuracy of each sensor are above 95%, which indicates that the sensor accuracy is very high. The average delay calculated for the data to be sent to the Blynk application from the microcontroller is 1,969 seconds.

Keywords: *Water quality, hygiene sanitation, fuzzy logic, internet of things*

1. Pendahuluan

Sumber kehidupan manusia tidak terlepas dari peranan air bersih. Air bersih sangat dibutuhkan untuk kebutuhan higiene dan sanitasi seperti mandi, mencuci, serta untuk bahan baku air minum yang kualitas nya harus

memenuhi syarat-syarat fisika, kimia, mikrobiologi, dan radioaktivitas [1]. Pada dasarnya air yang bersih akan membawa dampak kesehatan yang baik untuk pemakai nya dan begitu pula sebaliknya, air yang tidak bersih akan membawa dampak buruk untuk kesehatan seperti menimbulkan penyakit diare, kolera, bahkan dapat menyebabkan kematian. PBB menyatakan bahwa setiap hari nya hampir 1.000 anak meninggal akibat air yang tercemar dan penyakit yang ditimbulkannya [2].

Pada tahun 2018 Badan Pusat Statistik mencatat bahwa jumlah penduduk Indonesia yang memiliki fasilitas cuci tangan dengan sabun dan air bersih hanya 78% [3] dan jumlah penduduk yang memiliki akses terhadap layanan higiene sanitasi layak hanya 69% [4]. Sumber air yang digunakan untuk fasilitas cuci tangan dan layanan higiene sanitasi bisa didapatkan dari mata air, air permukaan (sungai, waduk, dll), air tanah (sumur gali dan sumur bor), dan air hujan [5]. Setiap sumber air memiliki karakteristik masing masing. Dari segi kualitas, air permukaan merupakan yang terburuk dibanding sumber air lainnya, tetapi dari segi kuantitas sangat memadai ketersediaannya. Mata air merupakan sumber air dengan kualitas yang paling baik dibandingkan sumber air lainnya, namun saat ini mata air terus berkurang keberadaannya. Air tanah umumnya memiliki kandungan besi yang lebih tinggi dari sumber air yang lain. Sedangkan air hujan sangat bergantung kepada musim penghujan. Dari berbagai macam sumber air yang tersedia, diperlukannya pengecekan kualitas air sebelum digunakan, dikarenakan sumber air tersebut bisa berubah-ubah kondisi nya tergantung dari cuaca dan kondisi alam disekitar sumber air tersebut. Untuk saat ini pengecekan kualitas air sangat lah tidak praktis dikarenakan harus menguji sampel air ke laboratorium. Oleh sebab itu, dari permasalahan-permasalahan yang telah ada, diperlukannya alat pemantauan dan pengecekan kelayakan kualitas air bersih untuk kebutuhan higiene dan sanitasi pada tempat penampungan air secara *real time*.

Beberapa penelitian [6, 7], mengindikasikan bahwa diperlukannya sistem untuk mengukur parameter ditinjau yang berguna sebagai tolak ukur untuk kebersihan air, sehingga pada Tugas Akhir ini dilakukan pengembangan dengan membuat sistem kelayakan kualitas air dengan *multisensor* yang berfungsi untuk memantau kualitas air berdasarkan parameter yang berkaitan, seperti tingkat pH, kekeruhan, *Total Dissolved Solid* (TDS), dan suhu. Sistem tidak hanya menampilkan nilai pengukuran dari setiap parameter saja, tetapi juga menampilkan informasi berupa status kelayakan kualitas air dengan diproses menggunakan metode *fuzzy logic*. Selain itu pula, untuk kemudahan dalam pemantauan, data-data yang sudah diolah akan dikirimkan melalui WiFi untuk di tampilkan pada *smartphone* android dengan menggunakan konsep *Internet of Things* [8]. Penentuan kelayakan kualitas air didasarkan dari nilai pH dengan rentang 6,5 – 8,5, suhu air antara 20 – 40 °C, tingkat kekeruhan antara 0 – 25 NTU, dan TDS dengan kadar maksimum 1000 mg/L[1].

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 Kualitas Air Untuk Higiene Sanitasi

Kualitas air merupakan istilah untuk menyatakan kondisi air apakah dapat diterima untuk menopang berbagai kebutuhan dan kegunaan. Kualitas air juga menjadi acuan kesehatan suatu ekosistem atau lingkungan [9]. Air yang digunakan untuk kebutuhan higiene sanitasi merupakan air dengan kualitas tertentu untuk keperluan sehari hari seperti mandi dan sikat gigi, mencuci pakaian dan bahan pangan, serta bahan baku air minum. Menurut suatu uji coba yang dilakukan oleh *US Environmental Protection Agency* (USEPA) untuk mengukur kinerja dari sensor-sensor kualitas air [10], disimpulkan bahwa kontaminasi menyebabkan perubahan utama pada beberapa parameter kualitas air seperti pH, suhu, kekeruhan, dan konduktivitas yang dapat dinyatakan sebagai indikator garam terlarut dan berfungsi sebagai pengganti *Total Dissolved Solids* (TDS), sehingga diperlukannya pemantauan pada setiap parameter tersebut. Nilai kadar maksimum untuk empat parameter yang diperbolehkan untuk digunakan sebagai air higiene sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, yaitu pH berkisar antara 6,5 – 8,5, suhu air 20 – 40 °C, kekeruhan 25 NTU, dan *Total Dissolved Solid* (TDS) 1000 mg/L[1].

2.2 Fuzzy Logic

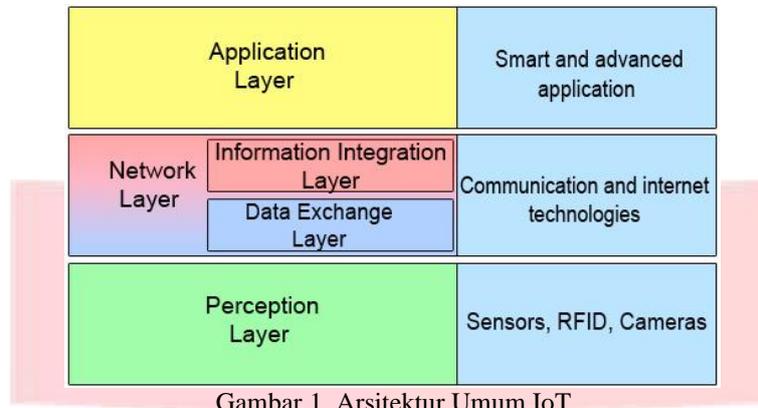
Logika *fuzzy* merupakan ilmu kecerdasan buatan yang dapat diartikan sebagai logika multi nilai lanjutan dimana nilai kebenarannya adalah variabel-variabel linguistik atau variabel yang mengandung ketidakpastian. Logika ini memungkinkan untuk mendefinisikan nilai antara benar/salah, ya/tidak, atau bahkan *high/low*, dan lain sebagainya. Jika diasumsikan benar dan salah itu dinyatakan dengan masing-masing nilai 1 dan 0, maka derajat kebenarannya diekspresikan dalam interval 0 sampai 1 [11].

Pada *fuzzy logic* terdapat algoritma penarikan kesimpulan dari beberapa kaidah atau aturan *fuzzy*, yang dinamakan dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) [12]. Metode FIS yang digunakan yaitu metode Sugeno. Pada metode Sugeno, implikasi menggunakan *Min* (AND) dan agregasi berupa *singleton*. Tahap *defuzzifikasi* metode Sugeno dilakukan dengan perhitungan Weight Average

$$u = \frac{\sum w_i * u_i}{\sum w_i} \quad (1)$$

2.3 Internet of Things

Internet of Things dikonseptualisasikan sebagai jaringan yang terdiri atas objek/sumber fisik dan atau virtual, yang dilengkapi dengan kemampuan mendeteksi, komputasi, dan komunikasi. Objek/sumber fisik dan atau virtual mencakup perangkat, kendaraan, bangunan yang tertanam dengan sensor, mikrokontroler, dan bahkan kumpulan jaringan, sehingga memungkinkan objek tersebut dapat terhubung bersama melalui jaringan protokol (IP) publik atau swasta dan saling bertukar data [13]. *Internet of Things* memiliki arsitektur yang terbagi atas 3 layer [14].



Gambar 1. Arsitektur Umum IoT

- *Perception Layer* : menangani kemampuan dalam memahami dan mendeteksi objek, serta mengumpulkan data secara *realtime*.
- *Network Layer* : melakukan transmisi data dan informasi menggunakan komunikasi dan teknologi internet.
- *Application Layer* : menyediakan fungsi untuk menyimpan, mengatur, dan memproses berbagai data yang diperoleh dari sensor, perangkat, dan layanan web, serta untuk menangani interaksi pengguna.

Dengan hadirnya *internet of thing*, maka dibutuhkan metode untuk mengukur kualitas suatu jaringan, agar layanan *internet of things* dapat beroperasi sesuai standar yang telah ditetapkan. Terdapat empat parameter QoS yaitu berupa *Throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Setiap parameter memiliki standar indeks nya masing-masing [15].

Tabel 1. Indeks QoS TIPHON

Indeks	Kategori	Throughput (bps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
4	Sangat Bagus	100	0	<150	0
3	Bagus	75	3	150 s/d 250	0 s.d 75
2	Sedang	50	15	250 s/d 350	75 s.d 125
1	Jelek	25	25	350 s/d 450	125 s.d 225

2.3 Multisensor

Sensor digunakan dalam hal pemantauan, proses kontrol, keamanan dan keselamatan. Pengumpulan berbagai data dapat di tangani dengan beberapa sensor. Kombinasi data yang berasal dari banyak sensor, serta informasi yang terkait, dinamakan dengan konsep multisensor. Teknologi Sensor dapat diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu sensor digital dan sensor analog. Sensor analog bernilai output analog, sehingga untuk dapat dibaca oleh sistem digital (mikrokontroler), maka dibutuhkan *Analog To Digital Converter* (ADC). ADC adalah pengubah *input* analog menjadi kode kode *digital*. Persamaan untuk mengubah besaran analog menjadi digital adalah sebagai berikut.

$$ADC = \frac{\text{Tegangan analog yang terbaca} \times \text{Resolusi ADC}}{\text{Tegangan referensi}} \quad (2)$$

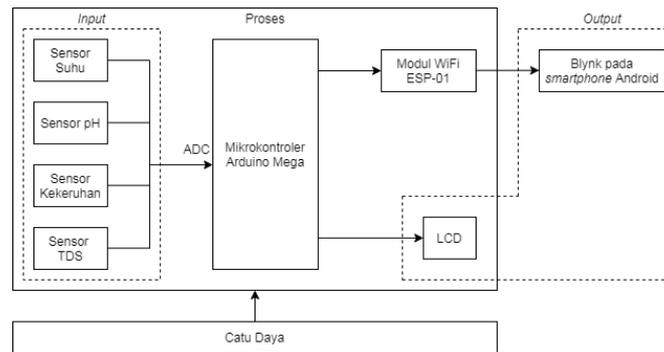
Sedangkan untuk menghitung nilai *output* yang ingin diketahui, maka substitusikan nilai ADC ke persamaan dibawah ini

$$\frac{ADC - ADC \text{ minimum}}{ADC \text{ maksimum} - ADC \text{ minimum}} = \frac{\text{Nilai output} - \text{Nilai minimum}}{\text{Nilai maksimum} - \text{Nilai minimum}} \quad (3)$$

3. Pembahasan

3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem *monitoring* kelayakan kualitas air dengan *multisensor* untuk air hygiene sanitasi menggunakan metode *Fuzzy Logic* terdiri atas 3 bagian, yaitu: masukan (*input*), proses (*process*), dan keluaran (*output*).



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Pada sistem ini, mikrokontroler Arduino Mega terhubung ke sensor pH, kekeruhan, TDS, dan suhu. Sinyal dari sensor-sensor seperti pH, kekeruhan, dan TDS perlu melewati proses ADC dikarenakan 3 sensor tersebut adalah sensor analog, sedangkan untuk sensor suhu yang merupakan sensor digital tidak akan melewati proses ADC. Mikrokontroler Arduino Mega yang berfungsi sebagai pengendali utama akan melakukan proses pengolahan data setelah dilakukannya pengondisian sinyal pada sensor analog. Data hasil pemrosesan akan ditampilkan pada LCD, selain itu data juga dikirim melalui modul Wi-Fi ESP-01 untuk dapat ditampilkan di aplikasi Blynk pada *smartphone* android.

Sumber daya yang dipakai untuk mencatu Arduino Mega, sensor-sensor, dan LCD berasal dari sumber listrik PLN dengan dihubungkan melalui adaptor AC/DC 9V 1A.

3.2 Pengujian Sensor

Sebelum melakukan pengujian, diperlukan nya kalibrasi terhadap masing masing sensor. Kalibrasi bertujuan untuk mendapatkan persamaan nilai parameter yang terukur dari besarnya tegangan. Metode yang digunakan untuk kalibrasi yaitu regresi linear.

$$\text{Nilai pH} = \frac{\text{Volt pH} - 0,558}{0,209} \quad (4)$$

$$\text{Nilai TDS} = \frac{\text{Volt TDS} - 0,054}{0,002} \quad (5)$$

$$\text{Nilai Kekeruhan} = \frac{4,339 - \text{Volt Kekeruhan}}{0,005} \quad (6)$$

Pengujian sensor dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui respon sensor. Respon sensor yang diukur pada pengujian ini yaitu tingkat akurasi dari perbedaan pembacaan setiap sensor dengan pembanding nya. Terdapat empat sensor yang diuji keakuratannya, yaitu sensor pH, TDS, kekeruhan, dan suhu.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Setiap Parameter

No.	Sensor	Persentase Error (%)	Akurasi (%)
1	pH	1,24	98,76
2	TDS	3,87	96,13
3	Kekeruhan	4,93	95,07
4	Suhu	1,86	98,14

Hasil pengujian sensor yang terlihat pada tabel 2, menunjukkan bahwa tingkat akurasi setiap sensor berada diatas 95% yang sensor-sensor tersebut akurat (mendekati 100%). Besar nya tingkat akurasi ini dipengaruhi oleh resolusi bit ADC, pengkalibrasian sensor, faktor internal sensor, dan perubahan suhu cairan.

3.3 Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai dan status kelayakan kualitas air. Hasil perhitungan nilai dan status kelayakan didapat dari pembacaan sensor setiap parameter yang kemudian di olah dengan metode *fuzzy logic*. Setiap pengujian nya, sensor setiap parameter dicelupkan pada cairan yang berbeda beda agar mendapatkan variasi data. Nilai dan status kelayakan kualitas air yang didapat setelah itu akan ditampilkan pada aplikasi Blynk di *smartphone* android, yang kemudian dibandingkan dengan nilai kelayakan yang didapat dari simulasi menggunakan aplikasi MATLAB. Hasil pengujian *Fuzzy Logic* dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Fuzzy Logic*

Pengujian Ke-	Nilai Pembacaan Sensor				Sistem		Simulasi MATLAB	
	PH	TDS (ppm)	Kekeruhan (NTU)	Suhu (°C)	Nilai	Status Kelayakan	Nilai	Status Kelayakan
1	6,5	260,5	10	19,5	0,825	Layak	0,825	Layak
2	6,45	70,82	2,1	37,5	0,87	Layak	0,87	Layak
3	6,83	82,5	8,3	27,55	0,9	Layak	0,9	Layak
4	8,5	146,2	23,08	39,09	0,9	Layak	0,836	Layak
5	7,45	145,5 3	15,7	40,26	0,838	Layak	0,782	Kurang Layak
6	6,45	2,5	25	19	0,709	Kurang Layak	0,673	Kurang Layak
27	11,7 5	1000	30,72	10,47	0,424	Sangat Tidak Layak	0,424	Sangat Tidak Layak
28	11,5 4	1000	705,2	7,83	0,424	Sangat Tidak Layak	0,424	Sangat Tidak Layak
29	9,21	1000	602,35	15,19	0,424	Sangat Tidak Layak	0,424	Sangat Tidak Layak
30	9,27	1000	705,2	17,72	0,424	Sangat Tidak Layak	0,424	Sangat Tidak Layak

Dari data yang telah didapatkan dari pengujian *fuzzy logic*, terdapat beberapa perbedaan antara nilai kelayakan oleh sistem dan MATLAB. Ketika terdapat perbedaan nilai, nilai kelayakan yang didapatkan oleh sistem selalu lebih besar dibandingkan nilai dari MATLAB, hal ini disebabkan karena data pembacaan sensor setiap parameter selalu dilakukan pembulatan terlebih dahulu pada MATLAB. Untuk hasil perhitungan *error* akibat perbedaan nilai antara sistem dan MATLAB, didapatkan nilai sebesar 0,67%, yang menunjukkan bahwa *fuzzy logic* yang dirancang mampu memproses nilai kelayakan dan mengklasifikasikan status kualitas air dengan baik.

3.4 Pengujian *Internet of Things*

Pengujian *Internet of Things* dilakukan dengan menguji *Quality of Service* pada jaringan internet dan untuk menguji aplikasi Blynk.

Pengujian QoS yaitu dengan menghitung besarnya *delay*, *packet loss*, *jitter*, dan *throughput*. Nilai hasil pengujian dari *delay*, *packet loss*, *jitter*, dan *throughput*, selanjutnya diubah ke indeks dan dikategorikan sesuai indeks nya masing masing yang didasari dari TIPHON. Jaringan yang diuji yaitu jaringan internet 4G Telkomsel pada waktu yang berbeda beda, sedangkan aplikasi yang digunakan untuk menguji QoS adalah Axence netTools 5 dan Speedtest.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Quality of Service*

QoS	Nilai	Indeks	Kategori
<i>Delay</i>	89,33 ms	4	Sangat Bagus
<i>Packet Lost</i>	75 (8,67 %)	3	Bagus
<i>Jitter</i>	18,33 ms	3	Bagus
<i>Throughput</i>	230 (92,3%) Kbps	4	Sangat Bagus

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa jaringan internet 4G Telkomsel memiliki *delay* yang rendah dan *throughput* yang besar sehingga dikategorikan sangat bagus dengan indeks 4, sedangkan untuk *packet lost* dan *jitter* dikategorikan bagus dengan indeks 3. Dengan menggunakan jaringan internet 4G Telkomsel, maka proses untuk pengiriman data juga akan berjalan semakin lancar.

Hasil QoS yang baik pada layanan 4G Telkomsel akan berpengaruh pada pengujian aplikasi blynk. Pengujian pada aplikasi Blynk bertujuan untuk menghitung berapa lama selang waktu yang dibutuhkan agar data terkirim ke aplikasi Blynk dari mikrokontroler sistem *monitoring* kualitas air bersih. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan layanan 4G Telkomsel.

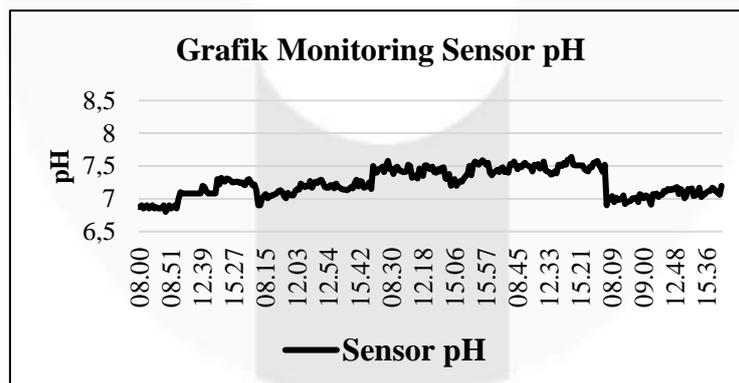
Tabel 5. Hasil Pengujian *Delay* Aplikasi Blynk

Pengujian Ke-	Waktu Kirim (Menit:Detik)	Waktu Terima (Menit : Detik)	Selang Waktu (Detik)
1	48 : 53,489	48 : 55	1,511
2	51 : 53,629	51 : 56	2,371
3	54 : 53,820	54 : 55	1,18
4	57 : 53,95	57 : 55	1,05
5	00 : 54,9	00 : 57	2,1
26	03 : 57,775	03 : 59	1,225
27	06 : 57,956	06 : 59	1,044
28	09 : 58,146	10 : 00	1,854
29	12 : 58,296	13 : 00	1,704
30	15 : 58,476	16 : 00	1,524
Rata – Rata			1,969

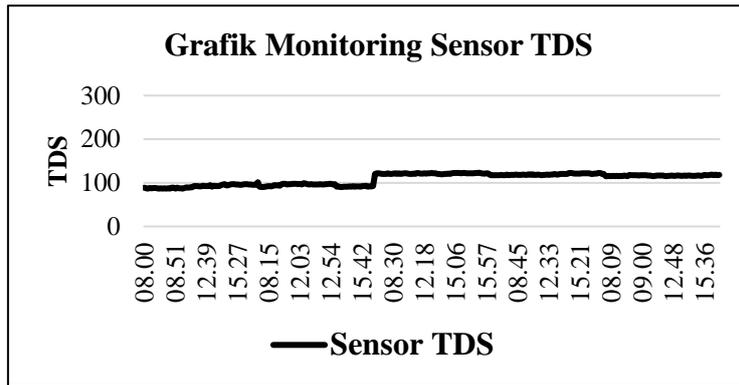
Pada tabel IV-15 diatas, dapat diketahui bahwa terdapatnya *delay* atau selang waktu untuk pengiriman data. Dari hasil pengujian, didapatkan selang waktu terbesar yaitu 2,917 detik dan rata-rata selang waktu sebesar 1,969 detik. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa selang waktu antara waktu kirim dan waktu terima tidak mempengaruhi proses pengiriman data dikarenakan selang waktu tersebut tidak terlalu besar sehingga data-data yang akan dikirim tidak akan bertabrakan. Adanya selang waktu selama 1,969 detik ini juga tidak mengubah data yang diterima. Jadi dapat dikatakan bahwa sistem ini dapat bekerja secara *real time* untuk dapat menampilkan hasil pembacaan sensor serta status kelayakan air pada aplikasi Blynk.

3.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

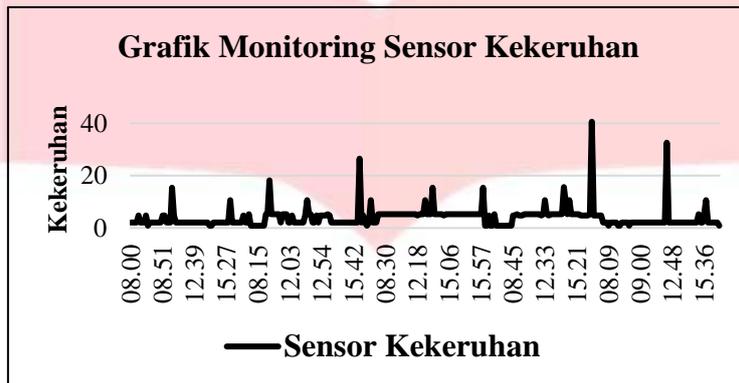
Pada pengujian keseluruhan sistem, sistem diuji dengan dua cara. Cara yang pertama yaitu pengambilan data dari setiap pembacaan sensor, nilai kelayakan, serta status kelayakan yang akan dilakukan selama 5 hari. Pada setiap harinya, pengujian dilakukan masing masing 60 menit pada pagi, siang dan sore hari dengan interval waktu 3 menit, sehingga akan didapatkan total 300 buah data hingga hari ke-5. Air yang diuji oleh sistem monitoring kelayakan kualitas air bersih ini adalah air sumur yang berada di dalam tandon air dengan spesifikasi volume 1050 L, tinggi 132 cm, dan diameter 105 cm.



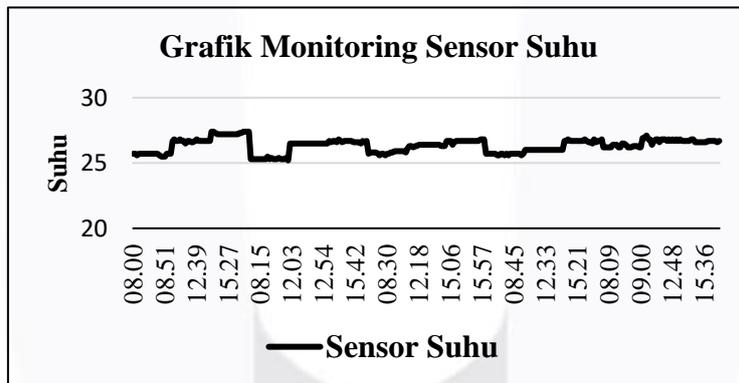
Gambar 3. Grafik Monitoring Sensor pH



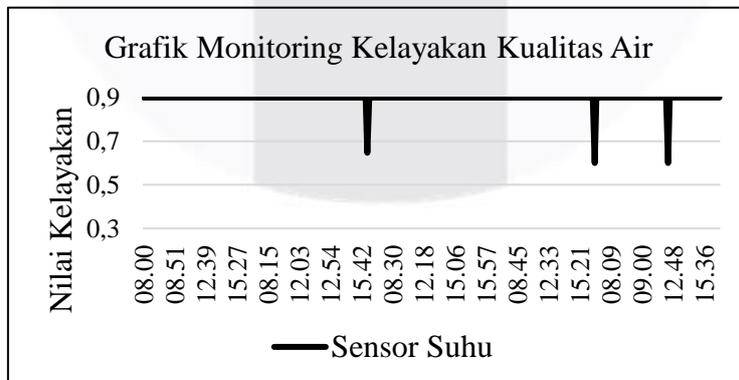
Gambar 4. Grafik Monitoring sensor TDS



Gambar 5. Grafik Monitoring Sensor Kekeruhan



Gambar 6. Grafik Monitoring Sensor Suhu



Gambar 7. Grafik Monitoring Kelayakan Kualitas Air

Dari 300 pengambilan data pada tandon air, 297 data menunjukkan bahwa air yang diuji pada tandon tersebut layak (gambar 7) dipakai untuk kebutuhan higiene dan sanitasi. Tiga data yang terklasifikasi sebagai kurang layak, diakibatkan oleh pembacaan nilai kekeruhan diatas standar baku yang dapat dilihat pada gambar 5.

Selanjutnya pengujian keseluruhan sistem cara kedua yaitu bertujuan untuk melihat apakah berbagai jenis tempat penampungan air akan mempengaruhi kelayakan kualitas air. Tempat penampungan air yang dipakai untuk diuji yaitu tandon air, bak mandi, dan ember.

Tabel 6. Hasil Pengujian Perbandingan Sistem

Tempat Penampungan air	Menit ke-	Nilai Pembacaan Sensor				Nilai Kelayakan	Status Kelayakan
		PH	TDS (ppm)	Kekeruhan (NTU)	Suhu (°C)		
Tandon Air	3	7,25	120,5	10,6	26,6	0,9	Layak
	6	7,24	120,7	10,6	26,6	0,9	Layak
	9	7,3	120,5	10,6	26,6	0,9	Layak
	12	7,26	121	10,6	26,5	0,9	Layak
	15	7,26	120,6	15,4	26,6	0,9	Layak
Bak mandi	3	7,28	121,2	2,1	26,5	0,9	Layak
	6	7,27	121,5	2,1	26,5	0,9	Layak
	9	7,27	121	2,1	26,4	0,9	Layak
	12	7,28	121,3	4,8	26,5	0,9	Layak
	15	7,29	121,3	4,8	26,6	0,9	Layak
Ember	3	7,27	120,8	2,1	26,4	0,9	Layak
	6	7,25	120,6	4,8	26,4	0,9	Layak
	9	7,24	120,6	2,1	26,5	0,9	Layak
	12	7,28	120,6	2,1	26,4	0,9	Layak
	15	7,27	120,8	2,1	26,5	0,9	Layak

Hasil dari pengujian sistem keseluruhan yang kedua dapat dilihat pada Tabel IV-17. Dapat diketahui bahwa nilai pH dari air sumur yang terukur pada tandon air, bak mandi dan ember menunjukkan hasil yang saling mendekati, begitupula dengan nilai TDS dan suhu yang terukur. Lain halnya dengan hasil pembacaan sensor kekeruhan. Kekeruhan air sumur pada tandon air, lebih tinggi dibandingkan dengan air sumur yang berada di bak mandi dan ember, hal ini terjadi karena pada pengujian ini, intensitas cahaya pada tandon air lebih rendah sehingga ikut mempengaruhi kinerja dari sensor kekeruhan, walaupun begitu, semua hasil pengujian air sumur pada setiap tempat penampungan air yang berbeda mendapatkan status yang sama yaitu layak untuk dipakai. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa perbedaan tempat penampungan air tidak berpengaruh terhadap kelayakan kualitas air bersih. Selain itu pula, pengujian tersebut mengindikasikan bahwa nilai yang diukur oleh sistem kelayakan kualitas air bersih dapat bekerja dengan baik karena dapat mengukur dengan stabil dan nilai diukur merupakan nilai yang nyata.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kelayakan kualitas air bersih dapat menampilkan hasil pembacaan sensor pH, TDS, suhu, dan kekeruhan pada LCD setiap 2 detik, sedangkan untuk nilai kelayakan kualitas air dan status kelayakan kualitas air dapat ditampilkan pada aplikasi Blynk dengan interval waktu 3 menit. Jaringan 4G Telkomsel yang digunakan sebagai *hotspot* agar sistem monitoring kelayakan kualitas air terhubung ke internet, mendapatkan hasil uji *delay* dan *throughput* dikategorikan sangat baik, dan untuk hasil uji *jitter* dan *packet loss* dikategorikan baik.

Hasil pembacaan setiap sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 98,76% pada sensor pH, 96,13% pada sensor TDS, 98,14% pada sensor suhu, dan 95,07% sensor kekeruhan.

Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai dan status kelayakan kualitas air yaitu dengan menggunakan *fuzzy logic* metode Sugeno. Status layak dengan nilai "layak" dengan nilai $\geq 0,82$, sedangkan "kurang layak" dengan nilai antara 0,6 – 0,82, dan "sangat tidak layak" antara 0,3 – 0,6.

Referensi

- [1] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [2] United Nations. 2019. *Water and Sanitation*. [Online] Available at: <http://un.org> [Accessed 1 November 2019].
- [3] Badan Pusat Statistik. 2019. *Proporsi Populasi yang Memiliki Fasilitas Cuci Tangan Dengan Sabun dan Air Menurut Provinsi, 2016 – 2018*. [Online] Available at: <http://bps.go.id> [Accessed 3 November 2019].
- [4] Badan Pusat Statistik. 2019. *Proporsi Populasi yang Memiliki Akses Terhadap Layanan Sanitasi Layak dan Berkelanjutan Menurut Provinsi, 2015 – 2018*. [Online] Available at: <http://bps.go.id> [Accessed 3 November 2019].
- [5] D. M. Hartono. *Sumber Air Baku Untuk Air Minum*. [Online] Available at: <http://research.eng.ui.ac.id/news/read/47/sumber-air-baku-untuk-air-minum> [Accessed 5 November 2019].
- [6] J. Bhardwaj, K. K. Gupta, dan R. Gupta. 2015. A Review of Emerging Trends on Water Quality Measurement Sensors. 2015 International Conference on Technologies for Sustainable Development.
- [7] T. P. Lambrou, C. G. Panayiotou, dan C. C. Anastasiou. 2014. A Low-Cost System For Real Time Monitoring and Assessment of Portable Water Quality at Consumer Sites. *IEEE Sensors Journal*, vol. 14, no. 8, pp. 2765-2772.
- [8] P. Damor and K. J. Sharma. 2017. IoT Based Water Monitoring System : A Review. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, vol. 4, no. 6.
- [9] J. Bartram and R. Ballance. 1996. *Water Quality Monitoring – A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. UK : E&FN Spon.
- [10] J. S. Hall, J. G. Szabo, S. Panguluri, and G. Meiners. 2009. *Distribution System Water Quality Monitoring: Sensor Technology Evaluation Methodology and Results*. U.S. : U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-09/076.
- [11] L.A. Zadeh. 1984. Making computers think like people. *IEEE Spectrum*, 8/1984, pp. 26 - 32.
- [12] M. Blej, M. Azizi. 2016. Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Fuzzy Real Time Scheduling. *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562*, vol. 11, no. 22, pp. 11071 – 11075.
- [13] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawloski, P. Szmaja, K. Wasielewska. 2016. Semantic Technologies For The IoT – an Inter-IoT Persepective. 2016 *IEEE First International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation*.
- [14] M. S. Sassi, F. G. Jedidi, L. C. Fourati. 2019. A New Architecture For Cognitive Internet of Things and Big Data. *Procedia Computer Science*, vol. 159, pp. 534 – 543.
- [15] ETSI. 1999. *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General Aspects of Quality of Service (QoS)*. France : ETSI.