

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT UJI KUALITAS AIR MINERAL MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

### *DESIGN AND IMPLEMENTATION THE QUALITY OF MINERAL WATER TEST EQUIPMENT USING FUZZY LOGIC METHOD BASED ON INTERNET OF THINGS*

Anggriawan Happy Kriswandaru<sup>1</sup>, Sony Sumaryo<sup>2</sup>, Faisal Budiman<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>anggriawanhk@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id,  
<sup>3</sup>faisalbudiman@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi makhluk hidup di bumi ini. Fungsi air mineral bagi kehidupan manusia tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Salah satu manfaat air yang utama adalah sebagai air mineral yang dibutuhkan masyarakat untuk keperluan sehari-hari. Untuk memastikan dapat digunakan untuk kebutuhan, maka harus dilakukan pemantauan kualitas secara terus menerus.

Penelitian ini bertujuan pada perancangan alat uji kualitas air mineral menggunakan metode algoritma *fuzzy logic* yang dilengkapi dengan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, sensor LDR, LCD, *wifi module*. Hasil dari pengujian kualitas air mineral ini dapat dilihat pada laman web [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com). Air yang diuji adalah 5 daerah sekitar Bandung dan Asrama Telkom University.

Hasil pengujian dari alat tersebut yaitu perancangan, implementasi dan analisis sistem kualitas air mineral telah dilakukan dengan metode algoritma *fuzzy logic* menghasilkan nilai rata-rata dari sensor pH 10,2, sensor TDS 320,6 ppm, sensor suhu 24,4 °C, dan resistansi dari sensor LDR 130,5 Ohm untuk siang hari sedangkan malam hari 940,8 Ohm dan pengujian kualitas air mineral ini telah menggunakan *software* MATLAB dimana simulasi ini menghasilkan nilai biner 1 untuk air mineral dan biner 0 untuk bukan air mineral. Keakurasian dari alat ini mencapai 80% dilihat pada hasil kalibrasi dan nilai *percent error* pada saat pengujian.

**Kata Kunci :** Air Mineral, pH, LDR, Konduktivitas, Suhu, IoT

#### Abstract

*Water is a chemical compound that is very important for living things on this earth. The function of mineral water for human life cannot be replaced by other compounds. One of the main benefits of water is as mineral water needed by the community for daily needs. To ensure that it can be used for needs, quality monitoring must be carried out continuously.*

*This study aims at designing mineral water quality test equipment using the fuzzy logic algorithm method that is equipped with a pH sensor, TDS sensor, temperature sensor, LDR sensor, LCD, wifi module. The results of testing the quality of mineral water can be seen on the webpage [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com). The water tested is 5 areas around Bandung and Telkom University Dormitories.*

*The test results of the tool, namely the design, implementation and analysis of the system of mineral water quality has been carried out using the fuzzy logic algorithm method to produce an average value of the sensor pH 10,2, TDS sensors 320,6 ppm, temperature sensor 24,4 °C, and resistance from the LDR sensor 130,5 Ohm for daylight while at night 940,8 Ohm and testing the quality of mineral water has used MATLAB software where this simulation produces binary value 1 for mineral water and binary 0 for non water mineral. The accuracy of this tool reaches 80% seen in the calibration results and percent error value during testing.*

**Keywords:** Mineral Water, pH, LDR, Conductivity, Temperature, IoT

#### 1. Pendahuluan

Dewasa ini permasalahan yang selalu dihadapi setiap tahunnya adalah air. Tubuh kita sangat memerlukan air mineral. Seiring dengan perkembangan jumlah serta mobilitas penduduk, keperluan akan air mineral semakin meningkat. Perusahaan yang menyediakan air mineral harus senantiasa menguji kualitas airnya agar layak dikonsumsi masyarakat sebagai kebutuhan sehari-hari. Kesadaran akan pengujian kualitas air mineral dari perusahaan air mineral masih kurang, hal ini dapat menurunkan kualitas air mineral dan melemahnya

kepercayaan masyarakat. Oleh karena itu setiap perusahaan air mineral perlu melakukan pengujian kualitas air secara terus menerus, sesuai dengan standar-standar yang berlaku di Indonesia [1].

Pengujian tentang kadar air mineral tidak boleh melebihi standar yang ditetapkan oleh pemerintah. Standar air mineral yang digunakan di Indonesia berdasarkan Permenkes no. 492/ MENKES/ PES/ IV/ 2010 adalah air dianggap mineral apabila memenuhi persyaratan fisika dan kimia sebagai berikut. Persyaratan fisika meliputi, tidak berwarna / jernih, tidak berbau, Suhu antara  $10^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ . Persyaratan kimia di antaranya *Total Dissolved Solid* (TDS) atau kandungan mineral yang terlarut di dalam air lebih kecil dari  $500\text{ mg/L}$  ( $\text{TDS} < 500\text{ ppm}$ ). Nilai pH atau kadar keasaman air yang baik adalah antara 6,5 sampai 8,5. Pengujian air mineral ini harus dilakukan secara terus menerus atau *real time* untuk memberikan kualitas air yang baik dan sudah ditetapkan dengan standar yang berlaku di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas alat ini dibuat bertujuan untuk perancangan, implementasi dan analisis sistem kualitas air mineral menggunakan metode algoritma *fuzzy logic* dengan merancang *hardware* dan *software*, serta uji kinerja sistem kualitas air mineral secara *real time*. Pengecekan air mineral ini dilakukan untuk menjaga kestabilan pada kualitas air mineral dimana kebutuhan masyarakat sehari-hari sangat bergantung pada kualitas air mineral. Jika kualitas air mineral tidak terjaga, maka dampaknya bagi masyarakat sangat tinggi, mulai dari kesehatan, ekonomi, dsb.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Kualitas Air

Kualitas air adalah kondisi kalitatif air yang diukur dan di uji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Pasal 1 keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003). Kualitas air dapat dinyatakan dengan parameter kualitas air. Parameter ini meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis [2].

Air yang layak minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Pasal 1 menyatakan bahwa: "Air minum adalah air yang melalui proses 5 pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum". Air minum adalah air yang digunakan untuk konsumsi manusia. Menurut departemen kesehatan, syarat-syarat air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, tidak mengandung mikroorganisme yang berbahaya, dan tidak mengandung logam berat [3].

Berbagai syarat mutu air mineral menurut Badan Standardisasi Nasional Indonesia yang dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1. Syarat Mutu Air Mineral**

No	Kriteria	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
1.1.	Bau	-	Tidak berbau
1.2.	Rasa	-	Normal
1.3.	Warna	Sakla TCU	Maks. 15
2.	pH	-	6,0 – 8,5 (min, 4,0)
3.	Kekeruhan	NTU	Maks. 1,5
4.	Zat yang terlarut	Mg/L	Maks. 500
5.	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	Tak Berasa

### 2.2 Metode Kontrol Cerdas Fuzzy Logic

Fuzzy secara bahasa memiliki arti samar, dengan kata lain logika *Fuzzy* adalah logika yang samar. Dimana pada logika *Fuzzy* kebenaran suatu nilai tidak dapat ditentukan secara jelas. Fungsi keanggotaan pada logika Fuzzy memiliki rentang nilai antara 0 sampai dengan 1. Rentang nilai ini menunjukkan kondisi dimana suatu nilai dapat bernilai salah dan benar secara bersamaan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Masukan yang diberikan adalah berupa bilangan tertentu dan output yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu berikut penjelasan dari tiap-tiap proses utama tersebut.

#### a. Fuzzyfication

*Fuzzyfication* yaitu suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *Fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan Fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. Contoh himpunan Fuzzy berdasarkan nilai suhu yaitu Dingin, Hangat dan Panas.

#### b. Fuzzy Rules

*Fuzzy rules* terdiri dari kumpulan aturan yang berbasis logika *Fuzzy* untuk menyatakan suatu kondisi. Penyusunan aturan sangat berpengaruh pada presisi model, pada tahap pengambilan keputusan ditentukan

berdasarkan rancangan aturan. Aturan *If-then* yang dihubungkan dengan logika operasi AND dan OR. Nilai hasil pemetaan pada *Fuzzy rules* akan menjadi aturan-aturan untuk menentukan respon sistem terhadap *set point*.

c. **Defuzzyfication**

Defuzzyfication merupakan proses perubahan besaran Fuzzy yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan Fuzzy keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Hal ini diperlukan sebab dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas (*crisp*).

• **Model Sugeno**

Pada model ini memiliki sistem yang lebih sederhana dibandingkan model mamdani karena himpunan keluarannya berupa pulsa atau single tone. Pada model ini memiliki tiga tahap pengerjaan yakni mencari nilai minimum menggunakan operator OR, lalu mencari nilai minimal dengan menggunakan operator AND, dan terakhir adalah mencari nilai *weight average* (WA)[14].

### 2.3 Sistem Internet of Things pada Pengujian Kualitas Air

*Internet of Things* (IoT) merupakan segala aktivitas yang pelakunya saling berinteraksi dan dilakukan dengan memanfaatkan internet [9-11]. Kondisi air mineral dalam penampungan yang berubah-ubah sesuai dengan penggunaan perlu dipantau secara berkala. Penelitian ini dikaitkan dengan efisiensi dan pemenuhan kebutuhan, *monitoring* kualitas air mineral pada penampungan menjadi hal yang penting untuk dilakukan. Sistem *monitoring* ini dilakukan dengan berbasis teknologi yang mampu memberikan hasil *real-time*. Oleh karena itu diperlukan sebuah alat yang dapat mengukur nilai kualitas air mineral dari jarak jauh. Pengukuran ini dilakukan secara otomatis oleh sensor yang kemudian data akan dikirim ke internet sehingga dapat diakses kapanpun dan dimanapun.

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Metodologi Penelitian

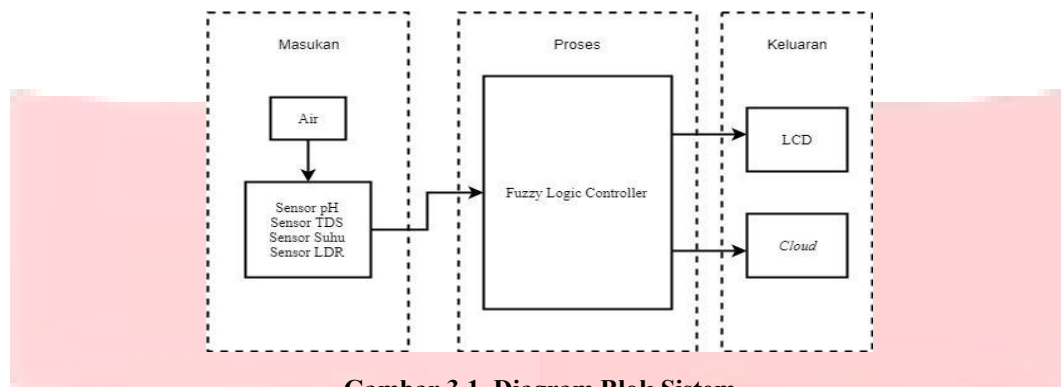
Metodologi penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil sample air mineral lalu diuji dengan alat uji kualitas air mineral yang dilengkapi dengan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, dan sensor LDR, serta *wifi module* dan LCD. Langkah pengujian pada sistem yang dibuat adalah dengan melakukan pengujian pada siang hari dan malam hari menggunakan *sample* uji air yang sudah didapatkan. *Sample* air diambil dari 5 daerah di Bandung dan 6 asrama Putra maupun Putri Telkom University. Untuk melihat kondisi awal air yang telah didapatkan, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Kondisi Awal pada Air Mineral**

No	Asal Air	Kondisi Awal
1	Kosan Cicaheum	Ada partikel yang terlarut, bening
2	Orange, Buah Batu	Ada partikel yang terlarut, keruh
3	Spbu Ters. Buah Batu	Ada partikel yang terlarut, keruh
4	Masjid PGA	Ada partikel yang terlarut, bening
5	Kosan Den Avi PGA	Ada partikel yang terlarut, bening
6	Masjid Syamsul Ulum Tel-U	Ada partikel yang terlarut, bening
7	Asrama 4 Tel-U	Ada partikel yang terlarut, bening
8	Asrama 5 Tel-U	Ada partikel yang terlarut, bening
9	Asrama 6 Tel-U	Ada partikel yang terlarut, keruh (warna kuning)
10	Asrama 8 Tel-U	Ada partikel yang terlarut, bening
11	Asrama 9 Tel-U	Ada partikel yang terlarut, bening
12	Asrama F Tel-U	Ada partikel yang terlarut, bening

### 3.2 Blok Diagram Sistem

Perancangan blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.

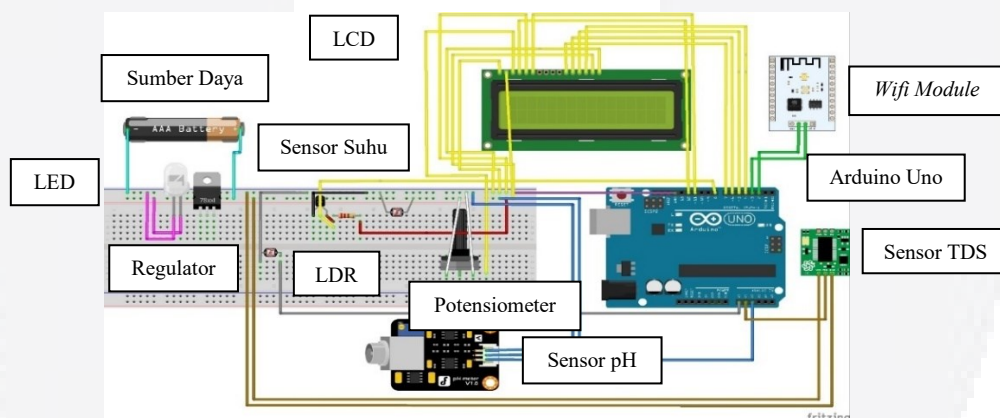


Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem

Sistem ini terdiri dari mikrokontroler dengan *built-in analog to digital converter* (ADC), pH meter, layar *liquid crystal display* (LCD), PC. Rangkaian catu daya dapat dibuat menggunakan penyearah-regulator tegangan dari sumber listrik AC-PLN atau melalui baterai menggunakan energi surya sebagai sumber catu daya. Sensor pH adalah instrumen elektronik yang digunakan untuk mengukur pH keasaman suatu cairan. Sensor pH digunakan untuk mengukur konsentrasi ion hidrogen dalam air dengan kisaran pH 0 - 14 pH. Untuk tujuan kualitas air mineral kisaran pH 6,5 - 8.5. Sensor suhu untuk mengetahui keadaan fisik air apakah panas atau dingin. Pengukuran suhu dapat dikompensasikan dengan pengukuran pH, baik secara manual atau secara otomatis. Sensor konduktifitas digunakan untuk mengetahui kemampuan daya hantar air, sensor itu dapat digunakan untuk mengetahui TDS atau mengukur jumlah partikel dalam air yang tidak terlihat. Serta sensor LDR digunakan untuk mengukur tingkat kejernihan air.

### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras untuk alat uji kualitas air mineral berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 3.2



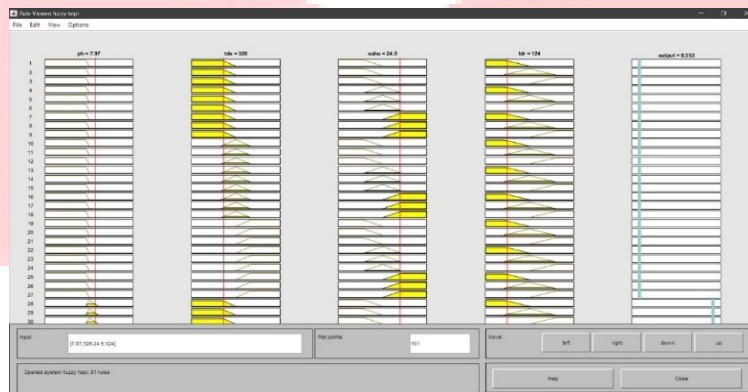
Gambar 3.2. Perancangan Hardware

Dalam perancangan alat uji kualitas air mineral menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis IoT dibutuhkan perangkat keras untuk memudahkan sistem menjalankan tugasnya seperti sensor pH, sensor konduktivitas, serta sensor suhu, sensor LDR, kontroler, daya, wifi module, dan hasil yang ditampilkan. Perancangan di atas menggunakan aplikasi *Fritzing*. Perancangan perangkat keras menjelaskan tentang konstruksi perangkat yang direalisasikan pada penelitian tugas akhir ini. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor pH, sensor konduktivitas sensor suhu, sensor LDR, pre-amp, amplifier, catu daya *solar cell*, regulator, mikrokontroler, LCD, dan *wifi module*.

#### 4. Hasil Percobaan dan Analisa

##### 4.1 Simulasi dan Analisis Respon *Fuzzy Logic Controller* pada Sistem Alat Uji Kualitas Air Mineral Berbasis IoT

Dari gambar 4.1 dapat dilihat hasil *rules* pada proses defuzzifikasi. Hasil pada air mineral ditunjukkan dengan angka 1 dan untuk bukan air mineral ditunjukkan dengan angka 0. Pengecekkannya dapat dilakukan setelah melakukan pengujian dengan memasukkan nilai yang didapatkan. Setelah itu muncul hasil seperti pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1. Proses Defuzzifikasi Air Mineral**

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat hasil *rules* pada proses defuzzifikasi, untuk hasil pada air mineral ditunjukkan dengan angka 1 dan untuk bukan air mineral ditunjukkan dengan angka 0. Untuk pengecekkannya dapat dilakukan setelah melakukan pengujian, kemudian memasukkan nilai yang didapatkan. Setelah itu muncul hasil yang tertera dalam gambar di atas.

##### 4.2 Pengujian Sistem Alat Uji Kualitas Air Mineral menggunakan Algoritma *Fuzzy Logic Controller*

Hasil dan analisis dari pengujian sistem alat uji kualitas air mineral menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis IoT ditampilkan dalam bentuk Tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Hasil Pengujian Air Mineral di Daerah Sekitar Bandung**

Tempat	Sensor pH	Sensor TDS (ppm)	Sensor Suhu (°C)	Sensor LDR (Ohm)		Keterangan
				Siang	Malam	
Kosan Cicaheum	11,9 ± 0,946	321,3 ± 24,339	24,6 ± 0,094	128,4 ± 6,036	963,7 ± 7,362	Bukan Air Mineral
Orange, Buah Batu	9,746 ± 0,345	344,8 ± 4,621	22,04 ± 0,36	134,6 ± 2,939	936,7 ± 2,647	Bukan Air Mineral
SPBU Ters. Buah Batu	11,16 ± 0,497	335,4 ± 0,489	26,08 ± 0,048	162,6 ± 1,562	971,9 ± 11,708	Bukan Air Mineral
Masjid PGA	11,27 ± 0,471	345,5 ± 1,627	24,94 ± 0,053	156,9 ± 0,538	965,7 ± 3,067	Bukan Air Mineral
Kosan Den Avi PGA	10,91 ± 0,563	320,2 ± 0,4	25,97 ± 0,093	158,2 ± 0,748	962,5 ± 1,204	Bukan Air Mineral
Masjid Syamsul Ulum Tel-U	11,07 ± 0,475	350,1 ± 0,831	26,06 ± 0,046	153,8 ± 1,248	957,6 ± 1,113	Bukan Air Mineral
Asrama 4 Tel-U	8,45 ± 0,025	315,4 ± 0,489	24,94 ± 0,053	116,4 ± 0,916	934,1 ± 1,135	Air Mineral
Asrama 5 Tel-U	8,41 ± 0,009	312 ± 1	21,98 ± 0,344	112,2 ± 1,326	938,1 ± 0,831	Air Mineral
Asrama 6 Tel-U	9,41 ± 0,019	322 ± 1	22,08 ± 0,106	133,8 ± 1,248	945,6 ± 0,8	Air Mineral
Asrama 8 Tel-U	8,48 ± 0,007	318,5 ± 0,671	23,65 ± 0,165	126,4 ± 0,916	940,1 ± 0,7	Air Mineral
Asrama 9 Tel-U	8,41 ± 0,006	308 ± 0,894	22,32 ± 0,252	124 ± 1,264	941,1 ± 0,538	Air Mineral

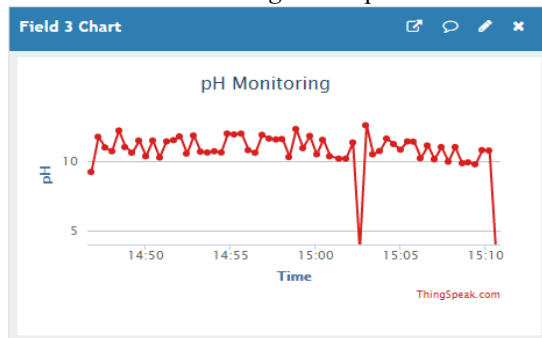
Asrama F Tel-U	8,42 ± 0,006	318,3 ± 0,64	23,93 ± 0,045	127,9 ± 0,83	942,5 ± 0,671	Air Mineral
----------------	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	------------------	-------------

Tabel 4.1 menunjukkan nilai yang dihasilkan pada setiap sensor pada alat uji kualitas air mineral ini. Nilai yang didapatkan adalah nilai rata-rata pada setiap percobaan dilengkapi dengan nilai standar deviasi. Nilai tersebut dibandingkan dengan syarat-syarat kualitas air mineral yang sudah ditentukan pada subbab 2.1 tentang kualitas air. Syarat yang harus dipenuhi antara lain nilai dari pH 6,5 – 8,5, nilai TDS 0 – 999 ppm, nilai suhu 10 °C – 25 °C, nilai resistansi untuk kejernihan air 0 - 500 ohm. Ketika nilai yang dihasilkan memenuhi syarat sebagai air mineral, maka dapat dikatakan sebagai air mineral yang layak untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

#### 4.3 Pengujian Sistem *Internet of Things* pada Alat Uji Kualitas Air Mineral Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Controller*

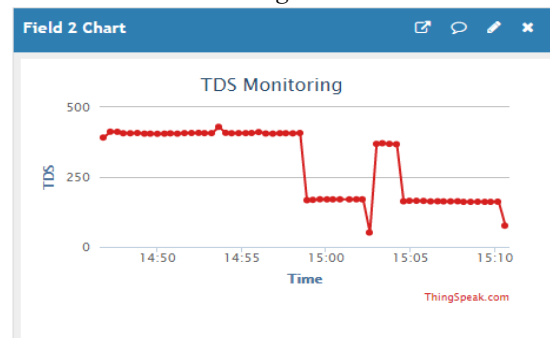
Gambar 4.3 – Gambar 4.5 adalah contoh gambar grafik untuk IoT pada alat uji kualitas air mineral ini. Gambar grafik dapat dilihat melalui situs web [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com), dimana hasil pengujian kualitas air mineral ini dapat diakses secara *real time*. Ketika alat uji kualitas air mineral ini dinyalakan dan digunakan maka data yang dihasilkan langsung *ter-update* pada situs [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com) ini dan langsung dapat dilihat perubahannya setiap saat.

- Grafik *monitoring* sensor pH



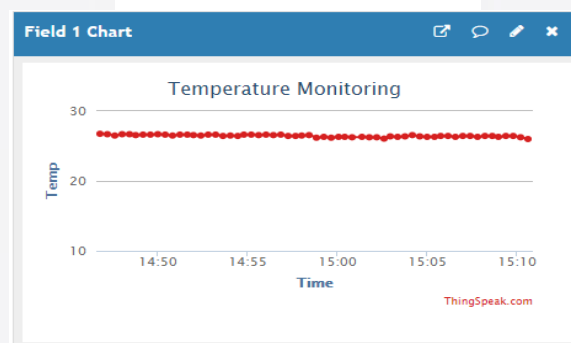
Gambar 4.2. Hasil *Monitoring* Sensor pH

- Grafik *monitoring* sensor TDS



Gambar 4.3. Hasil *Monitoring* Sensor TDS

- Grafik *monitoring* sensor suhu



Gambar 4.4. Hasil *Monitoring* Sensor LDR

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perancangan, implementasi dan analisis sistem kualitas air mineral telah dilakukan menggunakan metode algoritma *fuzzy logic* menghasilkan nilai rata-rata dari sensor pH 10,2, sensor TDS 320,6 ppm, sensor suhu 24,4 °C, dan resistansi dari sensor LDR sekitar 130,5 Ohm untuk siang hari sedangkan malam hari sekitar 940,8 Ohm dan pengujian kualitas air mineral ini telah menggunakan *software* MATLAB dimana simulasi ini menghasilkan nilai biner 1 untuk air mineral dan biner 0 untuk bukan air mineral. Perancangan dan implementasi *hardware* dan *software* telah dilakukan dengan menghasilkan sebuah alat yang dilengkapi *wifi module* untuk melihat proses IoT yang dapat diakses melalui web [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com) dan uji kinerja sistem kualitas air mineral telah dilakukan secara *real time* serta dilengkapi LCD guna melihat nilai secara langsung.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Tamsuri.2009. *Klien Gangguan Keseimbangan Cairan & Elektrolit SeriAsuhan Keperawatan*. Jakarta (ID): EGC.
- [2] Masduqi, A dan A. Slamet. 2009. *Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- [3] Effendi, H. 2003. *Telaah kualitas air*. Kanisius. Yogyakarta.
- [4] Mulia, Ricky.M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Edisi pertama, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- [5] Qalit, A., Fardian., Aulia Rahman, A. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Kadar pH dan Kontrol Suhu Serta Pemberian Pakan Otomatis pada Budidaya Ikan Lele Sangkuriang Berbasis IoT. *jurnal Online TeknikElektro*, Vol.2 No.3 2017: 8-9.
- [6] Kementerian Kesehatan RI, 2010. *Rencana Strategis Kementerian Kesehatan Tahun 2010-2014*. Jakarta.
- [7] Jatmiko, Pryio."Pengenalan Komponen Industri: part,plc dan touchscreen ". Volume 1 dari electric 1 Priyo Jatmiko ; kartanagari, 2015.
- [8] Yuliansyah. H.2016. Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. Lampung: Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
- [9] M. P. T. Sulistyanto and D. A. Nugraha, "Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang," *SMARTICS Journal*, pp. 20-23, 2015.
- [10] D. Prihatmoko, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS ( IoT ) DALAM PEMBELAJARAN DI," *Jurnal SIMETRIS*, pp. 567-574, 2016.
- [11] E. D. Meutia, "Internet of Things – Keamanan dan Privasi," *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*, pp. 85-89, 2015.
- [12] DFRobot. (2008). Retried from DFRobot: [www.dfrobot.com](http://www.dfrobot.com)
- [13] Spiegel, Colleen. 2008. *PEM Fuel cell modeling and simulation using MATLAB*. Elsevier's Science & Technology Rights Department in Oxford, UK
- [14] Abdullah, Miftah., Susanto, Erwin, Ph.D., Wibawa, Ig Prasetya Dwi, S.T., M.T. *Jurnal: Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Metode Fuzzy Logic*. Universitas Telkom, Bandung.