

Pengontrolan Aliran Air dan Nilai pH Pada Proses Penjernihan Air Keruh Menjadi Air Untuk Konsumsi Rumah Tangga Dengan Filtrasi Multimedia dan Elektrokoagulasi

1st Rizki Perdana Putra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rizkiperdanaputra@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ekki Kurniawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Wahmisari Priharti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penjernihan atau filtrasi adalah metode pemisahan benda padat dari suatu cairan dengan menyaring cairan tersebut melalui media filter atau septum yang mampu menahan benda padat. Penelitian ini dibuat untuk menciptakan dan mengimplementasikan suatu proses filtrasi yang dapat dikontrol dari jarak jauh dengan jenis filtrasi multimedia dan elektrokoagulasi. Sistem filtrasi pada penelitian ini akan dibantu oleh komponen sensor pH 4502C dengan bantuan metode *fuzzy logic* mamdani, sensor ultrasonik, *solenoid valve*, *water pump* DC 12V, 8 elektroda aluminium, *arduino mega* 2560, relay dan LCD 16x2 I2C. Hasil dari penelitian ini adalah sistem pengontrolan yang mampu memperbaiki nilai pH basa sebesar 11,96 dan pH asam sebesar 6,20 menjadi nilai stabil pada pH 6,5 - 8,5. Nilai tersebut dapat berubah karena terdapat bantuan proses elektrokoagulasi dan penambahan cairan KOH 10% sebanyak 250 ml dan H_3PO_4 10% sebanyak 250 ml secara bertahap. Sehingga nilai *settling time* yang dihasilkan pada sensor pH 4502C sebesar 44,315 detik untuk kondisi awal basa dan 30,254 detik untuk kondisi awal asam.

Kata kunci: pH air, elektrokoagulasi, *fuzzy mamdani*, sensor pH, filtrasi air.

I. PENDAHULUAN

Makhluk hidup akan terus merasakan kehidupan jika kebutuhan air sehari-harinya dapat terpenuhi. Air yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup, wajib memenuhi syarat untuk karakteristik air seperti nilai pH, *total suspended solid* (TSS), *total dissolved solid* (TDS), tidak berbau, dan tidak terkontaminasi oleh mikroorganisme. Nilai pH air yang berada di kisaran 6,5 - 8,5 adalah air yang dapat dikonsumsi untuk keseharian makhluk hidup. Kemudian yang nilai pH nya kurang dari 6,5 - 8,5 adalah nilai untuk air asam sedangkan yang lebih dari 6,5 - 8,5 adalah nilai untuk air basa. Hal ini sudah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 [1]. Namun, dalam mencari kualitas air yang memiliki nilai pH untuk konsumsi keseharian makhluk hidup sudah sulit dilakukan di daerah yang sumber airnya tercemar.

Proses filtrasi air adalah salah satu cara yang sudah sering dilakukan untuk menjernihkan kualitas air dengan metode tradisional maupun modern. Pada dasarnya, proses ini bekerja dengan cara memisahkan atau menahan benda padat dan kandungan bahan kimia lainnya yang tidak diperlukan [2]. Contoh proses filtrasi yang sudah banyak digunakan adalah filtrasi multimedia dan elektrolisis. Filtrasi multimedia dapat menggunakan berbagai macam media penjernih air seperti zeolit, karbon dan sekam. Sedangkan untuk proses elektrolisis memiliki berbagai variasi seperti elektrolisis dengan sel surya dan elektrokoagulasi dengan sumber tegangan PLN [3]. Elektrokoagulasi merupakan bentuk implementasi dari sistem elektrolisis yang jumlah elektrodanya lebih dari 1 pasang (anoda dan katoda).

Penelitian yang dilakukan pada jurnal ini adalah mendeteksi ketinggian menggunakan sensor ultrasonik (HCSR-04) dan melakukan pengontrolan nilai pH pada air yang sudah melalui

Abstract

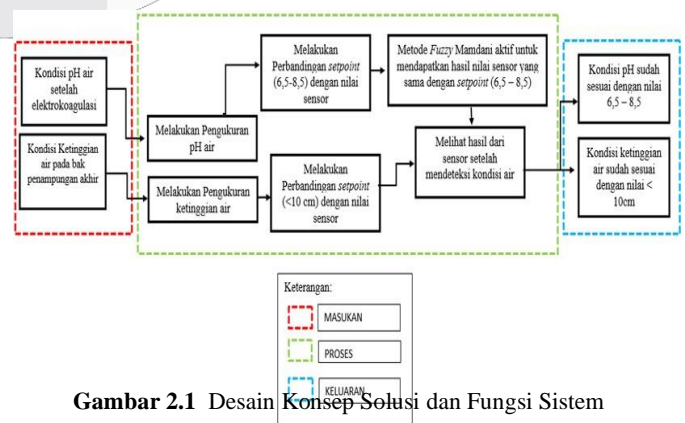
Purification or filtration is a method of separation of solid objects from a liquid by filtering the liquid through filter media or septum that is able to hold solid objects. This research was made to create and implement a filtration process that can be controlled remotely with the type of multimedia filtration and electrocoagulation. The filtration system in this study will be assisted by the 4502C pH sensor component with the help of the Fuzzy Logic Mamdani method, ultrasonic sensor, solenoid valve, water pump DC 12V, 8 aluminum electrodes, Arduino Mega 2560, relay and 16x2 I2C LCD. The results of this study were control systems that were able to improve the pH value of bases by 11.96 and acid pH by 6.20 to a stable value at pH 6.5 - 8.5. This value can change because there is an assistance from the electrocoagulation process and the addition of 10% KOH fluid as much as 250 ml and H_3PO_4 10% as much as 250 ml gradually. So that the settling time value produced in the 4502C pH sensor is 44.315 seconds for initial alkaline conditions and 30.254 seconds for the initial acid condition.

Keywords: water pH, electrocoagulation, fuzzy mamdani, pH sensor, water filtration.

proses filtrasi multimedia dan elektrokoagulasi. Jumlah sensor ultrasonik (HCSR-04) yang digunakan sebanyak 3 buah dan sensor pH 4502C sebanyak 1 buah dengan bantuan 2 buah *water pump* DC 12V dan 2 buah *solenoid valve*. Masukan pada sistem ini adalah nilai pH air sebelum proses filtrasi multimedia dan elektrokoagulasi yang terdeteksi oleh pH meter. Kemudian masukan tersebut akan melalui proses pengontrolan menggunakan metode *fuzzy logic* mamdani. Metode ini akan diimplementasikan kepada 2 buah *water pump* DC 12V untuk mengalirkan cairan KOH 10% 250 untuk menaikkan nilai pH dan H_3PO_4 10% 250 ml untuk menurunkan nilai pH. Hasil akhir dari metode *fuzzy logic* akan diproses didalam *arduino mega* 2560 untuk menampilkan keluaran pada LCD 16x2 I2C.

II. KAJIAN TEORI

A. Desain Konsep Solusi



Gambar 2.1 Desain Konsep Solusi dan Fungsi Sistem

Konsep perancangan pada sistem pengontrolan proses penjernihan air keruh menjadi air untuk konsumsi rumah tangga ini dirancang agar mampu melakukan pengontrolan sensor dan aktuator serta komunikasi data yang telah diproses oleh mikrokontroler sehingga dapat diakses serta dibaca dengan mudah oleh pengguna. Komponen-komponen yang digunakan pada sistem adalah elektroda aluminium, sensor pH 4502C, sensor ultrasonik (HCSR-04) yang data hasil pendeteksiannya digunakan sebagai masukan sistem, Arduino Mega, ESP 32, relay, *solenoid valve*, motor AC 250V, *water pump* DC 12V, dan LCD 16x2 untuk menampilkan keluaran dari proses pengontrolan untuk nilai pH dan ketinggian air pada setiap bak penampungan.

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merupakan bentuk dari pengembangan beberapa penelitian yang dijadikan sebagai referensi khususnya tentang proses penjernihan air untuk memperbaiki nilai pH air nya. Penelitian yang dilakukan oleh Rizqi Ilmal Yaqin, Boby Wisely Ziliwu, dan rekan lainnya yang menghasilkan suatu Rancang bangun alat penjernih air portable untuk persediaan air di kota Dumai dengan bantuan filtrasi multimedia [2]. Kemudian terdapat juga penelitian dari Ekki Kurniawan yang menghasilkan sistem elektrolisis untuk produksi air alkali dan asam dengan bantuan energi dari modul sel surya [4]. Selain itu terdapat penelitian dari Mas'ud Huda yang menghasilkan prototipe tambang udang vaname dengan pengontrolan nilai pH air yang menghasilkan *settling time* sebesar 40,5 detik dengan *fuzzy mamdani* [5]. Berdasarkan seluruh penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, maka penelitian ini akan mengembangkan proses filtrasi air dengan multimedia dan elektrokoagulasi yang dibantu dengan pengontrolan fuzzy mamdani. Sehingga air dari hasil proses penjernihan dapat dikonsumsi untuk kebutuhan rumah tangga seperti mandi, minum dan menyiram tanaman.

C. Karakteristik Air

Beberapa kebutuhan pokok makhluk hidup seperti minum, mandi, mencuci barang yang sudah digunakan, irigasi pertanian, hingga pembuatan pembangkit energi listrik dapat tercukupi dengan salah satu bahan pokok yang disebut air. Akan tetapi, terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan status mutu air menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 seperti berikut.

Tabel 2.1 Karakteristik Mutu Air Sesuai Skala yang Digunakan

No.	Karakteristik Skala Status Mutu Air	Satuan	Standar Baku Mutu (Maksimum)
KIMIA			
1.	pH	Mg/L	6,5 – 8,5
2.	Kesadahan (CaCO ₃)	Mg/L	500
FISIKA			
1.	Zat Padat Terlarut (Total Dissolved Solid)	Mg/L	1000
2.	Bau	-	Tidak Berbau
3.	Rasa	-	Tidak Berasa
BIOLOGI			
1.	BOD (Biochemical Oxygen Demand)	Mg/L	6

2.	COD (Chemical Oxygen Demand)	Mg/L	12
----	------------------------------	------	----

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990 Tentang klasifikasi mutu air menjadi 4 golongan berdasarkan fungsinya. Pertama, untuk golongan a merupakan air yang berfungsi sebagai air minum tanpa proses pengolahan sebelumnya. Kedua, untuk golongan b merupakan air yang mampu berfungsi sebagai air minum dengan kondisi baku. Ketiga, untuk golongan c merupakan air untuk kebutuhan peternakan ikan. Keempat, untuk golongan d merupakan air yang berfungsi untuk kebutuhan pembangkit energi listrik dan industri [6].

Dari semua golongan tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa air sangat berperan penting bagi kehidupan manusia. Karena air berperan penting, maka sangat dibutuhkan suatu sumber air dengan standar status mutu air dan kuantitas yang baik untuk menjadi konsumsi rumah-tangga seperti menyiram tanaman, membersihkan badan dan konsumsi air minum.

D. Filtrasi

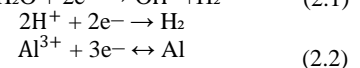
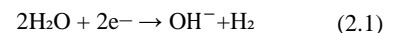
Filtrasi merupakan proses pembersihan zat cair dengan cara penyaringan atau septum. Proses ini sering digunakan oleh beberapa konsumen untuk melakukan penyaringan air baku dari partikel padat *koloidal* dan *suspended* seperti sabun, detergen, pasir, logam hingga bakteri. Pada dasarnya, proses filtrasi dapat dilakukan dengan cara tradisional seperti menggunakan media zeolite, sekam, karbon dan pasir silika maupun modern seperti menggunakan elektrolisis atau elektrokoagulasi tergantung kepada kebutuhan dan kondisi yang sedang dialami.

Dalam melakukan proses filtrasi seperti penyaringan, diperlukan suatu media yang mampu memisahkan zat padat dalam kandungan air baku. Media penyaringan ini menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan proses filtrasi. Terdapat beberapa penilaian terhadap suatu media tersebut seperti nilai *uniformity coefficient* (UC) dan *effective size* (ES). Nilai *uniformity coefficient* (UC) merupakan penilaian kemampuan media untuk meloloskan 60% air dari berat keseluruhan zat yang lewat. Sedangkan nilai *effective size* (ES) merupakan penilaian kemampuan media untuk meloloskan 10% air dilihat dari lubang dan butiran medianya [7].

E. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan salah satu bagian dari proses penjernihan air yang memanfaatkan arus listrik. Pada proses ini, terdapat sistem koagulasi yang merupakan tindakan penambahan zat kimiawi dengan pencampuran secara cepat ke dalam air dengan kapasitas tertentu. Konsep dasar dari proses elektrokoagulasi adalah elektrolisis gelombang pendek yang dapat menimbulkan larutan kontaminasi menjadi tidak stabil dengan bantuan arus searah pada elektroda [8].

Ketika terjadi proses elektrokoagulasi, pH pada air akan cenderung selalu konstan karena tidak ada tambahan kandungan garam secara signifikan. Reaksi yang terjadi pada proses elektrokoagulasi pada dasarnya adalah reduksi dan oksidasi yang dapat terjadi pada satu wadah dengan media air dan plat elektroda. Reaksi reduksi akan terjadi pada bagian katoda dengan persamaan (2.1) dan reaksi oksidasi akan terjadi pada bagian anoda dengan persamaan (2.2).

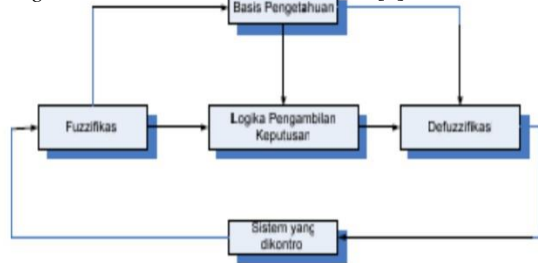


F. Fuzzy Logic Controller

Logika *fuzzy* adalah salah satu cara perhitungan data dengan melakukan pemetaan masukan ke dalam keluaran yang benar atau salah untuk nilai logikanya. Cara perhitungan dengan logika *fuzzy* sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rumit dan

perhitungan yang membutuhkan banyak pilihan. Pada prinsip logika *fuzzy*, suatu sistem hanya membutuhkan beberapa himpunan dan fungsi keanggotaan agar dapat sesuai dengan penjelasan yang samar untuk dilihat kualitas baik atau buruk dari himpunan tersebut.

Sistem kendali dengan logika *fuzzy* sangat berhubungan dengan masukan, respon dan keluaran dari pengetahuan manusia berdasarkan sistem pakar yang telah dipelajari. Pada sistem kendali tertutup, tidak diperlukan model matematis untuk pengendali logika *fuzzy*. Oleh karena itu, terdapat beberapa kelebihan pada logika *fuzzy* seperti mampu mendeskripsikan persoalan yang samar menjadi suatu *linguistic reason* atau *bahasa manusia* [9].



Gambar 2.2 Alur pada struktur dasar logika *fuzzy*

Logika *fuzzy* memiliki suatu struktur yang mendasari sistem kendali dengan beberapa bagian seperti basis pengetahuan, *fuzzifikasi*, logika pengambilan keputusan (*inferensi*) dan *defuzzifikasi* seperti pada Gambar 2.2. Dari struktur dasar tersebut, terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan keluaran dari himpunan *fuzzy* dengan melakukan sebuah pendekatan fungsi keanggotaan seperti representasi linier naik dan turun, representasi segitiga dan trapesium. Representasi tersebut digambarkan dengan sebuah kurva.

Fuzzifikasi adalah proses awal dalam logika *fuzzy* untuk mengubah nilai masukan seperti nilai *crisp* dan mencari nilai derajat dari masukan tersebut. Nilai *crisp* tersebut akan dikonversi menjadi himpunan masukan *fuzzy* dalam bentuk nilai linguistik dari fungsi keanggotaannya [10].

Inferensi pada logika *fuzzy* merupakan aturan dalam melakukan simulasi proses perubahan masukan menjadi keluaran berdasarkan konsep logika *fuzzy*. Jumlah masukan dan parameter linguistik pada *fuzzy* akan mempengaruhi jumlah aturan *fuzzynya*. Pada dasarnya, aturan *fuzzy* disebut sebagai (*IF (antecedent) - THEN (consequent)*) yang dapat membedakan jenis *inferensi fuzzy* seperti metode sugeno dan mamdani. Metode mamdani sering disebut dengan metode *max-min* dengan penalaran dan perhitungan yang kompleks, sehingga membutuhkan waktu yang lama karena hasilnya harus memiliki akurasi yang tinggi [11].

Pada penelitian ini, penulis akan menggunakan metode logika *fuzzy* mamdani pada bagian sistem kendali perubahan pH dengan cairan *buffer*. Dalam Metode mamdani ini, nilai *min* akan digunakan pada fungsi implikasi dan nilai *max* akan digunakan pada agregasi dari fungsi tersebut. Oleh karena itu, metode mamdani akan memberikan solusi dengan mengambil nilai *max rules* yang berfungsi untuk mengembangkan daerah *fuzzy*.

Defuzzifikasi merupakan proses untuk mendapatkan keluaran *fuzzy* dengan mengubah nilai himpunan *fuzzy* menjadi nilai *crisp*.

$$y = \frac{\sum \mu R(y)}{\sum \mu R(y)} \quad (2.3)$$

Keterangan :

y^* = Nilai *crisp*

$\sum \mu R(y)$ = Hasil komposisi *rules*

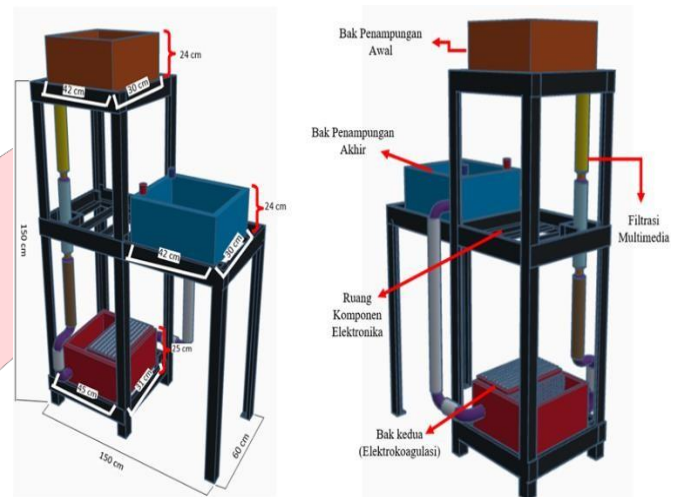
$\sum \mu R(y)$ = Luas daerah hasil *rules*

Pada penelitian ini, penulis akan menggunakan perhitungan *centroid* pada metode mamdani seperti persamaan 2.3 dengan tujuan untuk mengambil titik pusat daerah *fuzzy* dari setiap nilai *crisp* yang ada.

III. METODE

A. Desain Sistem

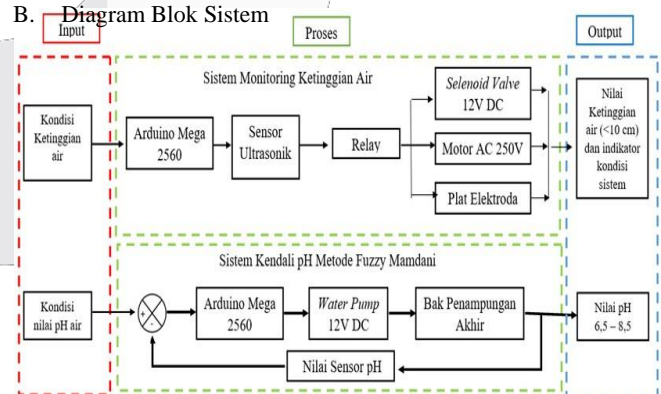
Perancangan topik tugas akhir ini bertujuan untuk membuat alur proses filtrasi dengan bantuan sistem pengontrolan logika *fuzzy* mamdani sensor pH terhadap hasil dari proses elektrokoagulasi. Sistem yang akan dirancang dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu perancangan pada diagram blok fungsi sistem, perangkat keras, dan perangkat lunak.



Gambar 3.1 Tampilan Alat dengan Keterangan Nama dan Ukuran

Berdasarkan Gambar 3.1 terdapat desain alat untuk proses filtrasi air keruh menjadi air konsumsi rumah tangga dengan bentuk bak proses elektrokoagulasi dan proses pengontrolan pH. Waktu yang dibutuhkan untuk proses elektrokoagulasi akan bergantung kepada hasil filtrasi multimedia. Semakin baik perubahan fisik air dari proses filtrasi multimedia, maka semakin cepat waktu untuk elektrokoagulasi. Akan tetapi, semakin tidak terlihat perubahan fisik air dari filtrasi sebelumnya, maka semakin lama elektrokoagulasi berlangsung.

B. Diagram Blok Sistem



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

Secara garis besar, sistem yang akan dibuat dapat dibagi

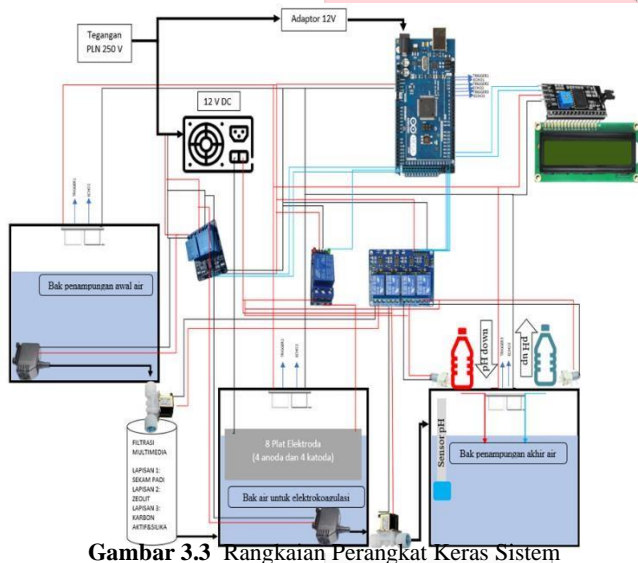
menjadi proses *monitoring* dan pengontrolan. Kegiatan *monitoring* pada sistem ini adalah proses mendeteksi nilai ketinggian air pada bak penampungan pertama, kedua, dan ketiga. Pada bak penampungan kedua, data nilai ketinggian air akan digunakan untuk proses perbandingan dengan waktu elektrokoagulasi yang mampu mengubah nilai pH mendekati 6,5-8,5. Sedangkan pengontrolan pada sistem akan berada pada bak penampungan terakhir untuk

sensor pH 4502C, sensor ultrasonik HCSR-04, dan *water pump* 12V DC. Data dari hasil *monitoring* dan pengontrolan akan ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 dengan I2C.

C. Skematik Rangkaian Komponen

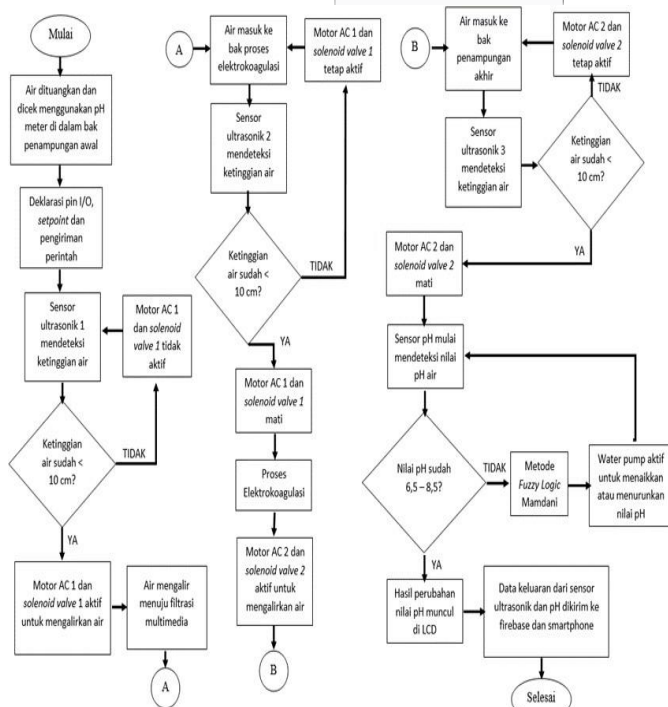
Nilai pH air akan dilihat menggunakan modul dan *probe sensor* pH 4502C dari proses sesudah elektrokoagulasi. Kemudian untuk aliran air akan dibantu dengan komponen aktuator seperti *water pump* 12V DC dan *solenoid valve* 12V DC masing masing 2 buah. Aktuator tersebut akan dibantu dengan komponen seperti relay yang berfungsi sebagai *switch on* atau *off*. Fungsi dari *water pump* 12V DC adalah untuk mengalirkan cairan pengontrol nilai pH air. Sedangkan *solenoid valve* 12V DC berfungsi sebagai katup antar bak untuk membantu mengalirkan air.

Tegangan untuk aktuator dan sensor pada sistem ini akan bersumber dari tegangan AC PLN dengan *power supply* 12V DC sebagai pengubah tegangannya. Rangkaian perangkat keras pada sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Rangkaian Perangkat Keras Sistem

D. Diagram Alir Sistem



Gambar 3.4 Diagram Alir Komunikasi Sistem

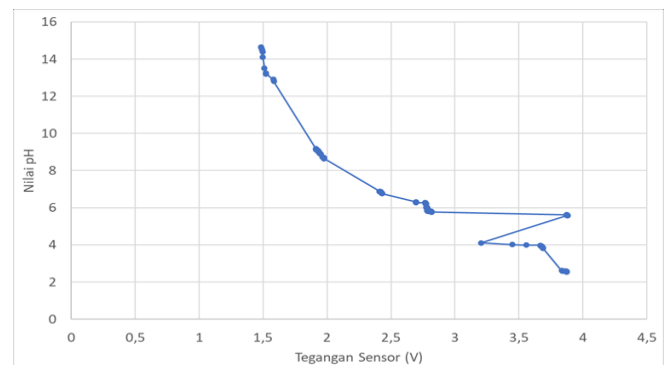
Pada Gambar 3.4 terdapat diagram alir sistem yang dimulai dengan menuangkan air kedalam bak penampungan awal dan mengaktifkan sumber daya listrik dari PLN. Sumber daya ini berfungsi untuk mengaktifkan mikrokontroler beserta seluruh komponen elektronika pendukungnya yang terdapat pada penelitian ini. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino mega 2560 dan ESP 32 sebagai tempat untuk komunikasi data masukan dan keluaran dengan bantuan konsep *Internet of Things* (IoT). Data yang akan diterima dan dikirimkan oleh mikrokontroler pada penelitian ini adalah nilai pH, nilai ketinggian, waktu elektrokoagulasi dan perintah nyala atau mati untuk *water pump*, *solenoid valve*, motor AC, relay dan LCD.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor

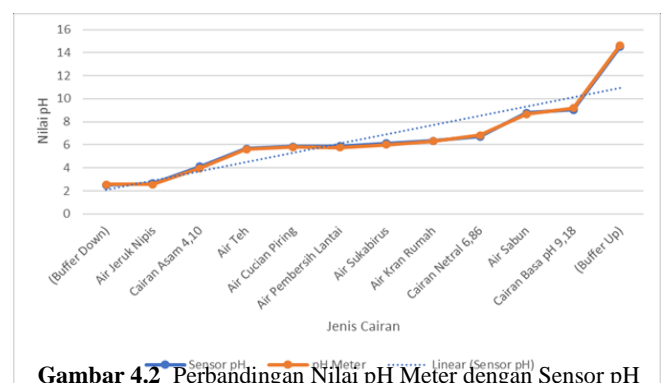
1. Sensor pH 4502C

Proses kalibrasi untuk nilai tegangan sensor pH 4502C seperti pada Gambar 4.1 dapat dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan ADC sensor dengan nilai pH meter yang sudah dikalibrasi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan sensor pH yang mendekati sebenarnya dengan patokan 2,5 Volt untuk kondisi pH 7. Hasil dari kalibrasi ini adalah nilai linearitas sensor pH 4502C yaitu $y = -3,3981x + 16,078$. Nilai y pada persamaan linearitas, dapat diartikan sebagai pembacaan dari sensor dan nilai x sebagai pembacaan tegangan ADC dari sensor. Selain persamaan y , terdapat juga nilai determinasi atau R^2 sebesar 0,8072 yang berfungsi untuk pengukuran kualitas garis regresi linier terhadap nilai aslinya.



Gambar 4.1 Grafik Kalibrasi Tegangan Sensor pH 4502C

Kemudian kalibrasi untuk sensor ini, dilakukan dengan 12 cairan seperti air kran rumah, air jeruk nipis, air teh, air sabun, air cucian piring, air kostan sukabirus, air pembersih lantai, cairan *buffer* pH 4,10, *buffer* pH 6,86, *buffer* pH 9,18, cairan menaikkan pH yaitu KOH 10%, dan cairan menurunkan pH yaitu H_3PO_4 10%. Jika dilihat pada Gambar 4.2, proses kalibrasi ini diambil data pH nya sebanyak 10 kali dengan waktu jeda 30 detik saat pengambilan data berlangsung untuk setiap cairan. Sehingga dapat diperoleh tingkat nilai rata-rata akurasi kalibrasi pH dari setiap percobaan yaitu 0,9820.

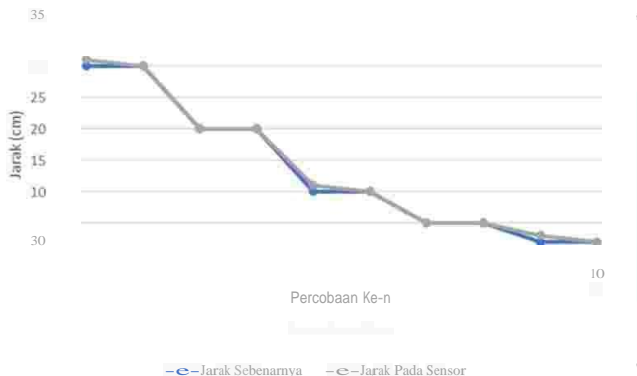


Gambar 4.2 Perbandingan Nilai pH Meter dengan Sensor pH

2. Sensor Ultrasonik (HCSR-04)



Gambar 4.3 Grafik Kalibrasi Respon Sensor Tanpa Menggunakan Air



Gambar 4.4 Grafik Kalibrasi Respon Sensor Dengan Menggunakan Air

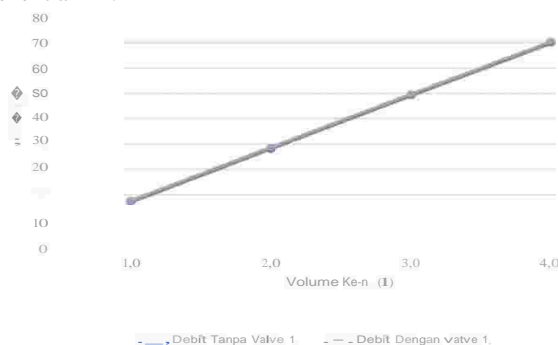
Berdasarkan Gambar 4.3 dan 4.4, dapat dilihat jika jarak benda sebenarnya dengan jarak hasil pengukuran dari sensor ultrasonik (HCSR-04) cenderung sama. Semakin jauh jarak perpindahan posisi benda, maka waktu tempuhnya akan semakin besar dan begitupun sebaliknya. Hasil *error* yang didapatkan oleh kedua kalibrasi tersebut juga cenderung sama yaitu 0,038 dan 0,046. Namun untuk *error* kalibrasi dengan menggunakan air sebagai objek jaraknya, menghasilkan *error* yang lebih besar. Hal ini dikarenakan kondisi air yang tidak tenang dalam hal kandungan dan pergerakannya didalam bak. Oleh karena itu, diperlukan waktu sekitar 5 detik untuk memastikan bahwa air dalam kondisi tenang di dalam bak.

B. Pengujian Aktuator

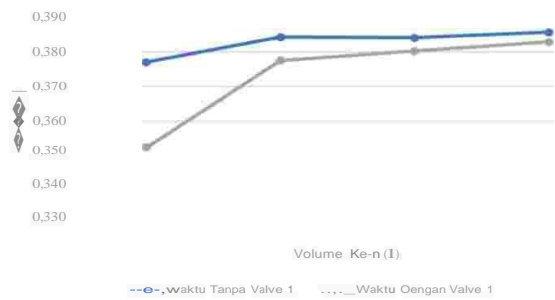
1. Solenoid Valve 12V DC

Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6, terdapat sedikit perbedaan hasil antara pengujian dengan kondisi tanpa dan dengan *valve* pada parameter waktu pengisian dan debit airnya. Selain itu, rata-rata *error* yang dihasilkan pada kalibrasi tanpa *valve* dan dengan *valve* untuk parameter debit adalah 0,3863 dan 0,3923. Sedangkan untuk

rata-rata *error* parameter waktu menghasilkan angka yang sama yaitu 0,004. Hal ini membuktikan bahwa proses pengujian *solenoid valve* 12V DC sudah baik karena rata-rata kedua percobaan tidak terlalu jauh dan dapat langsung diimplementasikan kedalam sistem penelitian ini.



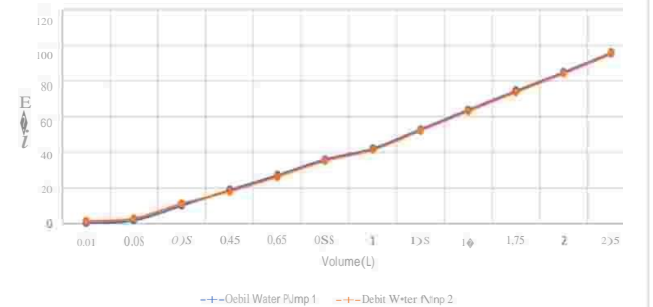
Gambar 4.5 Grafik Kalibrasi Debit Tanpa dan Dengan Valve



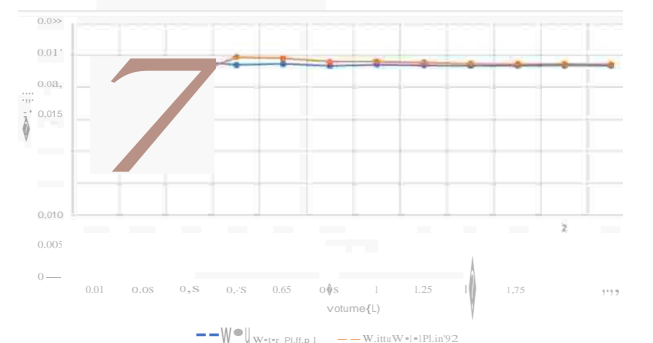
Gambar 4.6 Grafik Kalibrasi Respon Waktu Tanpa dan Dengan Valve

2. Water Pump 12V DC

Berdasarkan Gambar 4.7 dan 4.8, terdapat perbedaan hasil debit air dengan selisih yang sedikit antara *water pump* 1 dan 2. Hal ini dapat dilihat juga dari tingkatan untuk rata-rata *error* nya yaitu 0,00023 yang sangat jauh dari angka 1. Sedangkan untuk hasil respon waktu, terdapat perbedaan yang cukup jauh diawal percobaan pada tingkatan volume yang kecil. Hal ini disebabkan karena, proses perhitungan waktu yang masih manual dengan menggunakan *stopwatch* pada volume yang kecil. Namun untuk nilai rata-rata *error*nya masih dibawah angka 1 yaitu 0,425. Oleh karena itu, kedua aktuatur ini sudah bisa diimplementasikan ke dalam sistem.

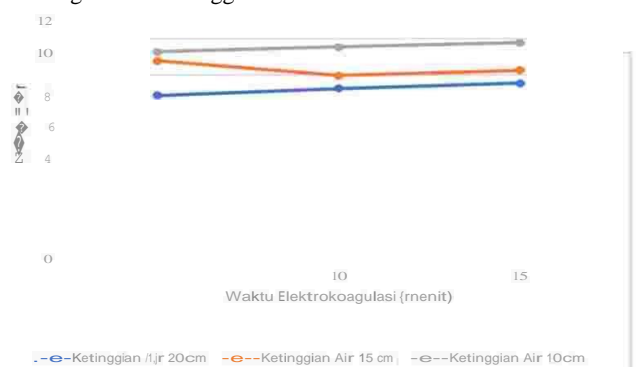


Gambar 4.7 Grafik Kalibrasi Debit Water Pump 12V DC

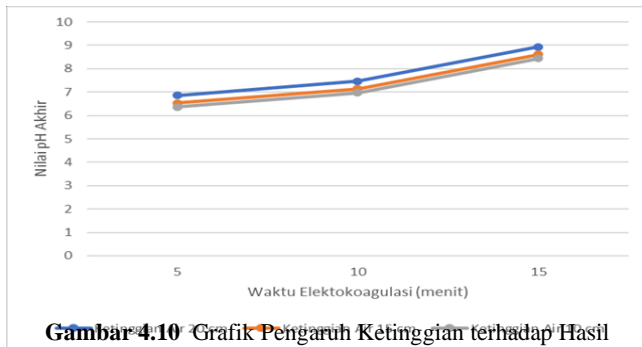


Gambar 4.8 Grafik Kalibrasi Respon Waktu Water Pump 12V DC

C. Pengamatan Ketinggian Air



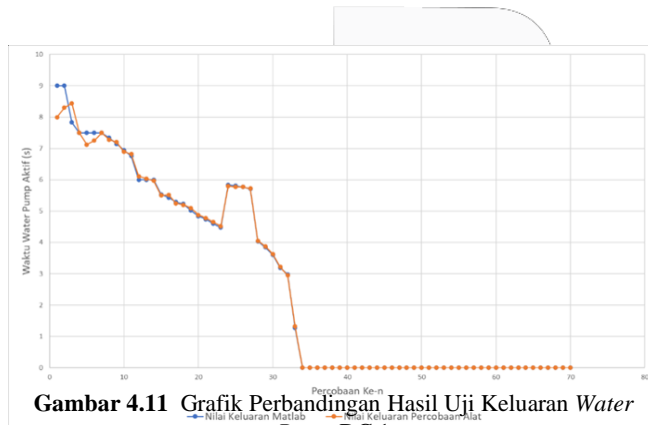
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Ketinggian terhadap Hasil Elektrokoagulasi Untuk pH Awal Basa



Berdasarkan Gambar 4.9 dan 4.10, dapat diamati bahwa semakin tinggi kondisi air pada bak penampungan kedua maka proses elektrokoagulasi akan menghasilkan nilai pH yang mampu mendekati nilai setpointnya. Hal ini juga dipengaruhi oleh waktu proses elektrokoagulasi yang semakin lama. Hasil dari kondisi perubahan nilai pH ini berlaku untuk pH awal basa dan asam

D. Pengujian Simulasi Logika Fuzzy

Proses pengujian untuk simulasi logika fuzzy pada sistem pengontrolan pH ini dilakukan sebanyak 70 kali pengambilan data masukan dan keluaran dalam waktu 15 menit. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah melihat hasil dari keluaran 2 buah *water pump* DC 12V berdasarkan masukan nilai pH dari *rules* dan fungsi keanggotaan logika fuzzy mamdani yang penulis buat. Simulasi logika fuzzy mamdani dilakukan dengan aplikasi perangkat lunak Matlab yang hasil pengujian seperti pada Gambar 4.11 dan 4.12 dibawah ini.

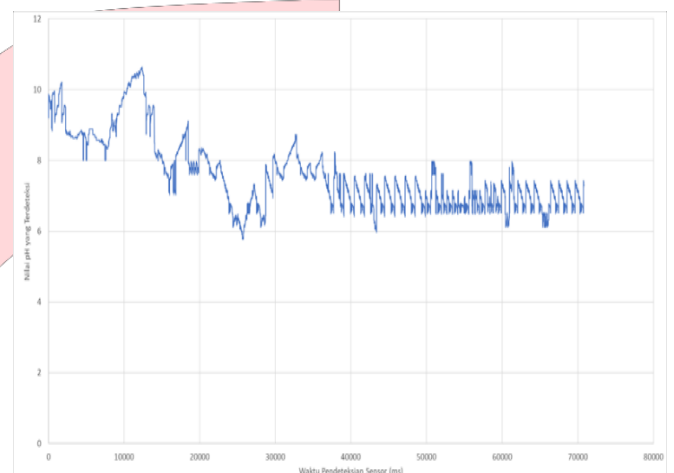


Berdasarkan Gambar 4.11 dan 4.12, nilai keluaran dari *water pump* DC pada bagian perangkat lunak matlab dan arduino mega 2560 tidak terlalu jauh. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil rata-rata

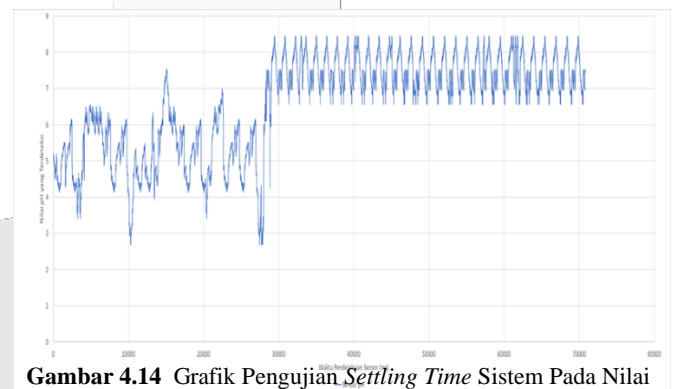
akurasi untuk keluaran *water pump* DC 1 adalah 0,9913 dan akurasi untuk keluaran *water pump* DC 2 adalah 0,9915. Sedangkan untuk nilai rata-rata *error* dari *water pump* DC 1 dan 2 adalah 0,866 dan 0,848. Jika dilihat dari hasil rata-rata tersebut, maka sistem pengontrolan pH dapat diimplementasikan dalam proses filtrasi air keruh menjadi air untuk konsumsi rumah tangga.

E. Pengujian Sistem Pengontrolan pH

Proses pengujian pengontrolan pH ini bertujuan untuk memantau nilai *settling time* dari perancangan sistem dengan *setpoint* nilai pH sebesar 6,5 – 8,5 sesuai dengan kebutuhan standar air untuk rumah tangga. Nilai pH yang digunakan untuk proses pengontrolan pH adalah nilai dari hasil elektrokoagulasi dengan waktu 5 menit yaitu sebesar 9,84 untuk kondisi basa dan 5,14 untuk kondisi asam. Pengontrolan pH ini dibantu dengan metode logika fuzzy mamdani yang hasil *respon timenya* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.13 Grafik Pengujian *Settling Time* Sistem Pada Nilai pH Basa



Gambar 4.14 Grafik Pengujian *Settling Time* Sistem Pada Nilai pH Asam

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.13 dan 4.14, dapat dilihat bahwa untuk kondisi basa menghasilkan kestabilan nilai pH dimulai pada waktu 44,315 detik. Sedangkan kondisi asam dimulai pada waktu 30,254 detik untuk mencapai kestabilan nilai pH sesuai *setpoint* nya. Kemudian, berdasarkan penelitian sebelumnya yang berfokus pada nilai pH untuk prototipe tambak udang vaname [5], menghasilkan nilai *settling time* yang tidak terlalu yaitu sebesar 40,5 detik dan tidak terlalu jauh dengan sistem pada penelitian ini. Selain itu penelitian tersebut juga menggunakan metode *fuzzy logic controller* mamdani untuk membantu proses pengontrolannya.

Jika dilihat dari efektivitas waktu dalam menghasilkan air dengan pH yang stabil antara 6,5 – 8,5, maka *settling time* tersebut masih termasuk yang tidak terlalu cepat. Oleh karena itu, untuk proses penambahan cairan KOH 10% dan H₃PO₄ 10% pada bak

penampungan terakhir dapat dibantu dengan pengaduk cairan. Hal ini dapat membantu dalam mempercepat pencampuran air sehingga tidak perlu menunggu waktu yang lama agar nilai pH air menjadi stabil antara 6,5 – 8,5. Kemudian semakin lama waktu pada proses elektrokoagulasi juga akan berpengaruh pada nilai *settling time* kestabilan sistem untuk pengontrolan pH yang menjadi semakin cepat.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari seluruh pengujian dan analisis sistem pengontrolan pH pada proses penjernihan air keruh menjadi air konsumsi rumah tangga menggunakan elektrokoagulasi, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Pengontrolan pH ini dapat mengontrol nilai pH sesuai dengan *setpoint*nya. Hal ini disebabkan karena bantuan dari waktu proses elektrokoagulasi dan penambahan cairan KOH 10% dan H_3PO_4 10% yang masing-masing sebanyak 250 secara bertahap. Kemudian sistem ini mampu menghasilkan nilai *settling time* sebesar 36,645 detik untuk pH awal yang kondisinya basa, sedangkan untuk pH awal kondisi asal sebesar 27,674 detik dengan metode *fuzzy mamdani*.
2. Sistem Pengontrolan pH dapat berjalan dengan lancar karena mendapatkan bantuan dari proses elektrokoagulasi dengan 3 variasi waktu yaitu 5 menit, 10 menit dan 15 menit untuk memperbaiki kondisi fisik air dan nilai pHnya. Sehingga nilai pH yang akan dikontrol tidak terlalu jauh dengan nilai *setpoint*.
3. Dibutuhkan waktu sekitar 3-4 menit untuk mengisi air dari bak penampungan pertama menuju bak penampungan kedua dan ketiga. Hal ini dapat membantu waktu pendeteksian sensor ultrasonik (HCSR-04) terhadap ketinggian air. Hasil dari masukan sensor ultrasonik (HCSR-04) ditampilkan melalui LCD 16x2 sebagai indikator ketinggian air (cm).

B. Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperlukan beberapa pengembangan agar penelitian ini dapat dilanjutkan. Oleh karena itu, terdapat beberapa pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Proses pengisian air kedalam seluruh bak penampungan sebaiknya dilakukan secara otomatis agar terhindar dari kerusakan untuk setiap komponen pada perancangan alat ini.
2. Pada perancangan alat ini sebaiknya menggunakan komponen sensor dan aktuator yang memiliki kualitas lebih baik dari penelitian ini dengan tambahan wadah yang lebih luas.
3. Dibutuhkan proses untuk menghemat sumber energi pada perancangan alat ini agar tidak boros energi jika alat aktif dalam waktu yang lama.
4. Perlu adanya tambahan sistem untuk mengetahui kondisi volume cairan KOH dan H_3PO_4 untuk menghindari water pump 12V DC yang aktif namun cairannya sudah habis.

5. Perlu adanya tambahan proses pengadukan cairan pada bak penampungan terakhir yang otomatis untuk mempercepat dalam pendeteksian nilai pH oleh sensor pH 4502C.

REFERENSI

- [1] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan *Higiene Sanitasi*, Kolam Renang, dan Pemandian Umum," Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, pp. 1–20, 2017.
- [2] Yaqin, R. I., et al. Rancang bangun alat penjernih air *portable* untuk persediaan air di kota Dumai. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 107–116. 2020.
- [3] Walter, M. G. et al. *Solar water splitting cells*. *Chem. Rev.* 110, 6446–6473, 2010.
- [4] E. Kurniawan et al., ELEKTROLISIS UNTUK PRODUKSI AIR ALKALI DAN ASAM DENGAN SUMBER ENERGI MODUL SEL SURYA. 2018.
- [5] HUDA, MASUD, and BAMBANG SUPRIANTO. "Rancang Bangun Pengendalian Derajat Keasaman (pH) Air pada Prototipe Tambak Udang Vaname Berbasis *Fuzzy Logic Controller*." *JURNAL TEKNIK ELEKTRO* 9.2 (2020).
- [6] Hefni Effendi. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Kanisius, Yogyakarta. 2003.
- [7] Memarzadeh M, Amin MM, Mostafavi H, Kolivand R, Heidari M. *Necessity for replacing the filter media in the water treatment plant based on effective size and uniformity coefficient*. *Intertanational Journal of Envirotnmental Health Engineering*, 1:50. 2012.
- [8] Halilintar, Masnur Putra. "Efektifitas dan Efisiensi Proses Elektrokoagulasi untuk Penurunan Kekeruhan Air Sumur Dangkal Guna Meningkatkan Kualitas Air Minum." (2000).
- [9] I.W.Sutikno, "PERBANDINGAN METODE DEFUZZIFIKASI SISTEM KENDALI LOGIKA FUZZY," *Jurnal Masyarakat Informatika*, vol. 2, pp. 28–36, 2016.
- [10] DAYANTI, Siti Dewi. Perancangan Pintu Otomatis Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Control*. *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika*, 2019, 7.4: 579–583.
- [11] F. Wahab, A. Sumardiono, A. Rafi, A. Tahtawi, A. Faisal, and A. Mulayari, "Desain dan Purwarupa *Fuzzy Logic Control* untuk Pengendalian Suhu Ruangan," *Direvisi*: 23 Mei, vol. 2, no. 1, p. 22, 2017.