

Stabilisasi pH dengan Sistem Kendali *Fuzzy* pada Vertikultur Hidroponik

Christ Wahyudi, Vecky C. Poekoel, Jane Litouw

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
christwahyudi88@gmail.com, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, ein_jil@yahoo.com

Abstract — *Hydroponics is a method of plant cultivation that is quite popular today. This is because this method can be carried out in narrow areas such as urban areas. One of the important factors in this technique is to maintain the level / level of acidity (pH) of nutrient fluids that must be considered to suit the needs of plants so that they can grow optimally. pH control in hydroponic cultivation is still mostly done manually. In this research, an automatic pH control system will be made using fuzzy logic.*

The variable in this study is pH which will be monitored by the pH sensor and using Arduino as a microcontroller. Collecting data in this study using literature study and experimental methods. The system is arranged with procedures for needs analysis, system design, and testing.

The result of this research is controlling pH by using fuzzy logic. Based on the test results, it can be concluded that the pH control system using fuzzy logic is very good for helping growers.

Keywords — *Arduino Mega2560, Fuzzy Logic, Hydroponics, pH, pH Sensor*

Abstrak — Hidroponik adalah metode budidaya tanaman yang cukup populer pada saat ini. Hal ini dikarenakan metode ini dapat dilakukan di lahan sempit seperti perkotaan. Salah satu faktor penting dalam Teknik ini adalah menjaga tingkat/kadar keasaman (pH) cairan nutrisi yang harus diperhatikan agar sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga dapat tumbuh optimal. Pengendalian pH pada budidaya hidroponik masih banyak dilakukan dengan cara manual. Pada penelitian ini akan di buat sistem pengendalian pH otomatis dengan menggunakan logika *Fuzzy*.

Variabel dalam penelitian ini adalah pH yang akan di pantau oleh sensor pH dan menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode studi literatur dan eksperimen. Sistem di susun dengan prosedur analisa kebutuhan, perancangan sistem, dan pengujian.

Hasil dari penelitian ini adalah mengendalikan pH dengan menggunakan logika *fuzzy*. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian pH menggunakan logika *fuzzy* sangat baik untuk membantu penanam.

Kata kunci — *Arduino mega2560, Hidroponik, Logika Fuzzy, pH, Sensor pH.*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun menimbulkan dampak negatif, salah satunya yaitu peningkatan alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan

pemukiman [1]. Semakin meningkatnya jumlah populasi manusia tentunya akan mengurangi jumlah lahan produktif khususnya di daerah perkotaan. Kebutuhan konsumsi pangan yang terus meningkat namun tidak diimbangi dengan peningkatan produksi tentunya akan mengancam kelangsungan hidup manusia. Semakin sempitnya lahan produktif khususnya di daerah perkotaan tentunya menuntut adanya suatu cara untuk memaksimalkan pemanfaatan lahan terbatas tersebut agar tetap produktif, salah satunya budidaya tanaman dengan sistem hidroponik vertikultur.

Vertikultur adalah cara bertanam dalam susunan vertikal ke atas menuju ruang udara bebas, dengan susunan media tanam yang juga disusun secara vertikal [1]. Cara tanam ini sesuai diterapkan pada pekarangan dengan lahan terbatas, lahan sempit, bahkan lahan sedikitpun [2]. Media tanam adalah komponen utama dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Bagi tanaman, media tanam memiliki banyak peran seperti sebagai tempat bertumpu agar tanaman tetap tumbuh tegak, yang di dalamnya terkandung air, hara, dan udara yang diperlukan oleh tanaman, selain itu media tanam juga berfungsi untuk menjaga kelembaban daerah di sekitar akar, penyedia udara yang cukup dan dapat menahan ketersediaan unsur hara [3]. Untuk itulah diperlukan media tanam yang sesuai untuk diterapkan dalam teknik vertikultur. Media dapat berupa media cair maupun padat seperti kompos, pasir, sekam, dan tanah steril [2]. Di beberapa negara maju, penggunaan vertikultur telah dipadukan dengan sistem hidroponik maupun aeroponik [4].

Keterbatasan air merupakan kendala utama pengembangan sayuran terutama pada lahan kering. Sedangkan untuk mendapatkan pertumbuhan vegetatif optimal, diperlukan sejumlah air pada fase pertumbuhan tersebut. Air merupakan komponen utama untuk pertumbuhan tanaman, sebab 70-90% bagian tubuh tumbuhan mengandung air [5]. Pada teknik vertikultur hidroponik tentunya diperlukan intensitas penyiraman yang optimal mengingat media tanam berbentuk vertikal sehingga air tetap tersedia untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Unsur utama tanaman dengan bantuan air, maka selain faktor suhu dan kelembaban, ketergantungan terhadap faktor suhu dan kelembaban, ketergantungan terhadap larutan nutrisi menjadi salah satu faktor penentu yang paling penting dalam menentukan hasil dan kualitas tanaman. Salah satu variabel utama yang harus dipertimbangkan ketika membuat larutan nutrisi, yaitu potensi ion hidrogen (pH). Perubahan tingkat pH akan berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, karena CO_2 mudah larut dalam air dan menurunkan pH. Karena nilai pH dapat memberikan pengaruh terhadap

aktivitas fotosintesis tanaman, tingkat pH dalam larutan air harus dikontrol untuk menghindari tanaman akan rusak. [6].

Pada penelitian sebelumnya sudah dikembangkan teknologi vertikultur hidroponik untuk tanaman sayuran. Namun, kondisi yang diatur adalah nilai suhu dan kelembaban ruang. Di lain pihak, pengukuran *pH* larutan nutrisi untuk tanaman vertikultur hidroponik masih dilakukan secara manual dengan takaran yang dibuat oleh penggunanya. Pada Tugas Akhir ini akan dibuat sebuah sistem otomatis pencampuran nutrisi untuk vertikultur hidroponik dengan menggunakan sensor *pH*. Sensor *pH* sangat dibutuhkan untuk menjaga larutan nutrisi agar sesuai kebutuhan tanaman.

A. Hidroponik

Secara Etimologi hidroponik berasal dari kata Yunani yaitu *Hydro* yang berarti air dan *Ponos* yang artinya daya. Hidroponik juga dikenal sebagai *soiless culture* atau budidaya tanaman tanah. Jadi hidroponik berarti budidaya tanaman yang memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam atau *soiless*.

Dalam kajian bahasa, hidroponik berasal dari kata *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang berarti kerja. Jadi, hidroponik memiliki pengertian secara bebas teknik bercocok tanam dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman, atau dalam pengertian sehari-hari bercocok tanam tanpa tanah. Dari pengertian ini terlihat bahwa munculnya teknik bertanam secara hidroponik diawali oleh semakin tingginya perhatian manusia akan pentingnya kebutuhan pupuk bagi tanaman. Dimanapun tumbuhnya sebuah tanaman akan dapat tetap tumbuh dengan baik apabila nutrisi (unsur hara) yang dibutuhkan selalu tercukupi. Dalam konteks ini fungsi dari tanah adalah untuk penyangga tanaman dan air yang ada merupakan pelarut nutrisi, untuk kemudian bisa diserap tanaman. Pola pikir ini adalah yang akhirnya melahirkan teknik bertanam dengan hidroponik, di mana yang ditekankan adalah pemenuhan kebutuhan nutrisi. Sistem hidroponik bisa digunakan untuk mengatasi masalah kekurangan lahan yang semakin tahun semakin sempit. Diharapkan hidroponik mampu menjadi manfaat untuk masa depan karena mampu dibudidayakan dalam kondisi lahan sempit [7].

B. Pengaruh *pH* terhadap Pertumbuhan Tanaman

Potensi ion Hidrogen (*pH*) sangat berpengaruh terhadap larutan nutrisi tanaman. Jika nilai *pH* terlalu tinggi hal ini menimbulkan pengendapan unsur-unsur hara mikro. Salah satu unsur hara mikro yang tidak dapat di serap secara optimal oleh tanaman adalah Klorin (Cl). Unsur hara ini berperan sebagai activator enzim selama produksi oksigen dari air, hal tersebut menyebabkan pertumbuhan akar tanaman menjadi kurang optimal [8].

Apabila nilai *pH* terlalu rendah, daya larut unsure tersebut akan menurun sehingga daya serap tanaman terhadap unsure tertentu kemungkinan akan berkurang. *PH* berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara dalam tanah, timbulnya gejala defisiensi hara terhadap tanaman yang diakibatkan konsentrasi larutan nutrisi. Sedangkan untuk nilai *pH* 7 dianggap netral, hal ini dikarenakan muatan listrik kation H^+ Seimbang dengan muatan listrik anion OH^- . Kation adalah ion-ion yang

bermuatan positif sedangkan anion adalah ion-ion bermuatan negatif [9]. *PH* larutan yang direkomendasikan untuk tanaman adalah antara 5,5 sampai 7. Kandungan larutan nutrisi sangat mempengaruhi perubahan nilai *pH* pada sistem hidroponik.

C. Sensor *pH*

PH adalah nilai derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Konsep *pH* pertama kali diperkenalkan oleh kimiawan Denmark Soren Peder Lauritz Sorensen pada tahun 1909. Alat ukur keasaman pada air tersebut digunakan untuk mengukur kandungan *pH* atau kadarkeasaman pada air mulai dari *pH* 0 sampai *pH* 14. Di mana *pH* normal memiliki nilai 6.5 hingga 7.5 sementara bila nilai *pH* < 6.5 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat asam. Sedangkan nilai *pH* > 7.5 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa. *pH* 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan *pH* 14 menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi [10].



Gambar 1. Sensor *pH*

C. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler Atmega 2560 berdasarkan (datasheet) memiliki 54 digital pin input atau output (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM atau *Pulse Width Modulation*), 16 analog input, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP (*In-Circuit Serial Programing*), dan tombol reset. Semuanya diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau power dengan adaptor AC (*Alternating Current*) – DC (*Direct Current*) atau baterai [11]. Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arduino Mega2560

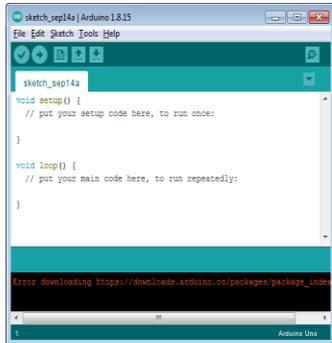
D. Software Arduino IDE

Software Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang telah disiapkan oleh arduino bagi para perancang untuk melakukan berbagai proses yang berkaitan dengan pemrograman arduino. Perangkat lunak disediakan secara gratis dan bisa didapatkan secara langsung pada halaman resmi arduino yang bersifat open-source. Arduino IDE ini juga sudah mendukung berbagai

sistem operasi populer saat ini seperti Windows, Mac, dan Linux. Arduino IDE terdiri dari:

1. Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.
2. Pengunggah, sebuah modul yang memuat kode biner dari computer ke dalam memori mikrokontroler di dalam papan Arduino.

Pada Gambar 3 terdapat *menu bar*, kemudian pada bawahnya terdapat bagian *toolbar*, dan sebuah area putih untuk *editing sketch*, area hitam dapat kita sebut sebagai *progress area*, dan paling bawah dapat kita sebut sebagai “*statusbar*”.



Gambar 3. Tampilan Software Arduino IDE

E. Fuzzy

Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti Universitas California di Barkley dalam bidang ilmu komputer. Professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika *fuzzy* terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika *fuzzy*, keanggotaan elemen berada di interval [0,1]. Logika *fuzzy* memiliki beberapa komponen yang harus dipahami seperti himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan, operator pada himpunan *fuzzy*, inferensi *fuzzy* dan defuzzifikasi.

1. Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan perkembangan dari himpunan tegas. Himpunan tegas adalah himpunan yang nilai keanggotaan dari elemennya hanya mempunyai dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1; & \text{jika } x \in A \\ 0; & \text{jika } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

dengan μ_A adalah fungsi karakteristik dari himpunan A. Sedangkan pada himpunan fuzzy derajat keanggotaan untuk setiap elemennya terletak dalam interval [0,1].

2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan fungsi yang memetakan elemen suatu himpunan ke nilai keanggotaan pada interval [0,1]. Fungsi keanggotaan yang membedakan himpunan *fuzzy* dengan himpunan tegas. Fungsi keanggotaan dapat direpresentasikan dengan berbagai cara, namun yang paling umum dan banyak dipakai dalam sistem yang dibuat berdasarkan logika *fuzzy* adalah representasi secara analitik.

Terdapat beberapa fungsi keanggotaan yaitu :

a. Linier

Representasi paling sederhana dalam fungsi keanggotaan yaitu representasi linier yang digambarkan sebagai suatu garis lurus.

1. Representasi Kurva Linier Turun

Himpunan mengalami penurunan dari derajat keanggotaan satu bergerak ke kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih rendah menuju nol. Dapat dilihat pada persamaan (2).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad (2)$$

2. Representasi Kurva Linier Naik

Himpunan mengalami kenaikan dari derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju derajat keanggotaan satu.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

b. Kurva Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan dari dua garis linier. Seperti dinyatakan persamaan (4).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ or } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (4)$$

c. Kurva Trapezium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Dapat dilihat pada persamaan (5).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ or } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (5)$$

3. Operasi Himpunan Fuzzy

Operasi dasar pada himpunan fuzzy ada tiga, yaitu: komplemen, gabungan, dan irisan.

4. Sistem Fuzzy

Sistem fuzzy merupakan sistem berdasarkan aturan himpunan fuzzy.

5. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi didefinisikan sebagai pemetaan dari himpunan tegas ke himpunan fuzzy. Kriteria yang harus dipenuhi pada proses fuzzifikasi adalah semua anggota pada himpunan tegas harus termuat dalam himpunan fuzzy, tidak terdapat gangguan pada input sistem fuzzy yang digunakan harus bisa mempermudah perhitungan pada sistem fuzzy [12].

6. Aturan Fuzzy

Aturan yang digunakan pada himpunan fuzzy adalah aturan *if-then*. Aturan fuzzy *IF-THEN* merupakan pernyataan yang direpresentasikan dengan

IF < proposisi fuzzy > THEN < proposisi fuzzy > (6)

7. Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy merupakan tahap evaluasi pada aturan fuzzy. Tahap evaluasi dilakukan berdasarkan penalaran dengan menggunakan input fuzzy dan aturan fuzzy sehingga diperoleh output berupa himpunan fuzzy.

a. Metode Mamdani

Metode Mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana dan paling sering digunakan untuk penelitian dibandingkan metode yang lain. Input dan output pada metode mamdani berupa himpunan fuzzy [12]. Metode Mamdani menggunakan fungsi implikasi min dan agregasi max sehingga metode Mamdani juga disebut dengan metode *MIN-MAX (min-max inferencing)*. Keluaran untuk *n* aturan metode Mamdani didefinisikan sebagai

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (7)$$

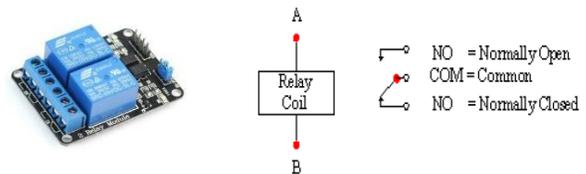
8. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses yang berkebalikan dengan proses pada fuzzifikasi. Defuzzifikasi didefinisikan sebagai pemetaan dari himpunan fuzzy (*B*) ke himpunan tegas. Himpunan fuzzy yang dimaksud disini adalah hasil output yang diperoleh dari hasil inferensi. Pada proses defuzzifikasi ada tiga kriteria yang harus dipenuhi yaitu masuk akal, perhitungannya sederhana dan kontinu [12]. Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi :

- Metode *Centroid*
- Metode *Bisektor*
- Metode *Mean of Maximum (MOM)*
- Metode *Largest of Maximum (LOM)*
- Metode *Smallest of Maximum (SOM)*

F. Relay

Relay (Gambar 4) merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar mekanik. Fungsi relay yaitu memisahkan rangkaian listrik tegangan tinggi dengan rangkain listrik tegangan rendah. Relay pada gambar 8 mempunyai lima buah kaki. Dua kaki digunakan untuk mengaktifkan koil. Kedua kaki ini tidak boleh terbalik dalam pemasangannya. Tiga kaki lainnya berfungsi sebagai saklar yang terdiri dari kaki *Common (COMM)*, kaki *Normally Open (NO)*, dan kaki *Normally Closed (NC)*. Dalam keadaan koil tidak dialiri arus listrik, kaki COMM akan terhubung ke kaki NC. Dalam keadaan koil dialiri arus listrik, kaki COMM akan terhubung dengan kaki NO [13].



Gambar 4. Relay

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Agustus 2021 dan berakhir bulan September 2021. Pada perancang dilakukan beberapa kali percobaan. Tempat penelitian dan perancangan sistem dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kendali Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Sam Ratulangi.

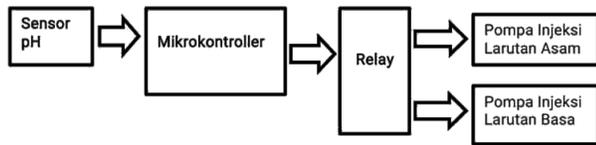
B. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dari pengendalian nilai pH dengan :

- Perancangan konsep sistem vertikutur hidroponik:
 - Konsep untuk material yang mudah ditemukan dan digunakan.
 - Konsep untuk bentuk yang sesuai.
- Menyiapkan alat dan bahan dalam pengendalian nilai pH.
- Alat dan bahan yang digunakan antara lain ; gerinda tangan, bor tangan, tang, obeng, multimeter, *glue gun*, solderan, *cutter*.
- Merancang komponen *hardware*.
- Menganalisa kestabilan.
- Merancang program (*software*) dan mendownload program ke mikrokontroler.
- Program yang dibuat untuk pengendalian menggunakan bahasa C++ yang dibuat pada *software* arduino.
- Membuat laporan penelitian.
Laporan dibuat dan disusun sesuai hasil penelitian sebagai skripsi yang menjadi syarat untuk mendapatkan gelar S-1 di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

C. Konsep Dasar Perancangan Alat

Dalam perancangan *prototype* sistem memerlukan konsep yang matang guna mendapat hasil yang diinginkan. Konsep dasar merupakan pedoman untuk merencanakan sesuatu dalam melakukan rancangan atau desain di mana konsep ini memuat langkah-langkah dan petunjuk untuk menentukan suatu penunjang yang dibutuhkan dalam perancangan.



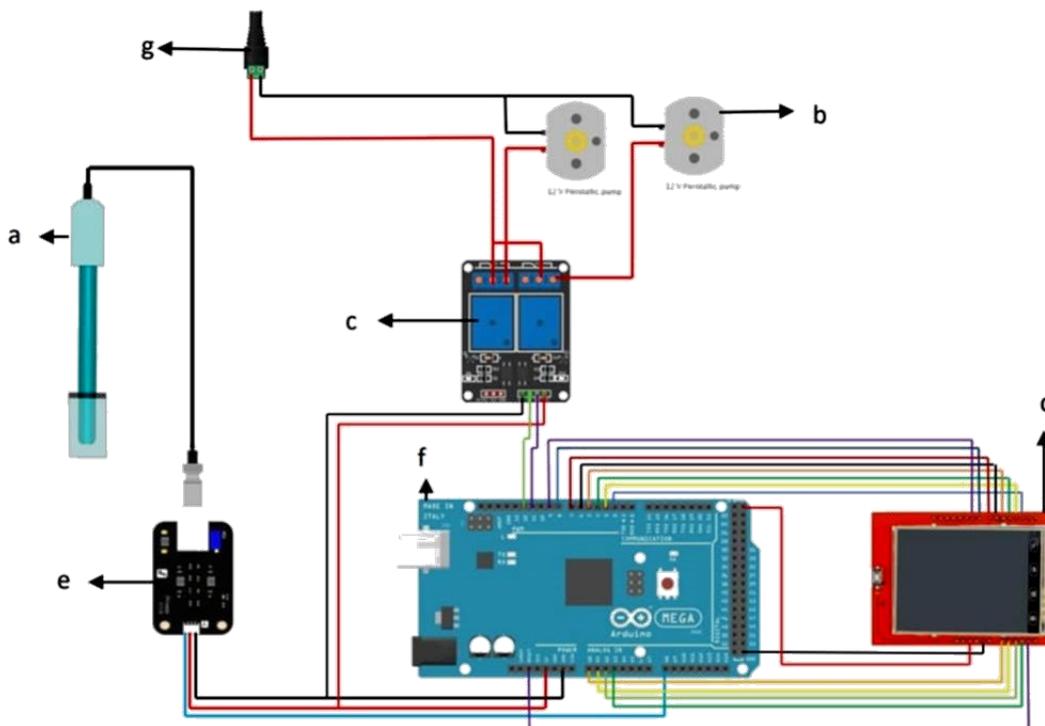
Gambar 5. Konsep Perancangan Sistem

atau *rule base* yang telah diatur sedemikian rupa. Semua nilai yang diolah oleh arduino akan ditampilkan pada layar TFT LCD.

Namun Arduino tidak bisa langsung dapat mengaktifkan (mematikan dan menghidupkan pompa tersebut karna Arduino hanya dapat memberikan tegangan 3,3V dan 5V pada pinnya. Dimana pompa yang digunakan tersebut membutuhkan tegangan 12V DC. Sehingga alat ini membutuhkan komponen *relay* untuk menghubungkan Arduino dengan pompa.

D. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Pada gambar 6 adalah rangkaian sistem pengendalian pH hidroponik. Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali. Terdapat juga sensor pH yang dapat mengetahui nilai dan perubahan tingkat keasaman untuk digunakan sebagai input. Serta terdapat relay untuk menghidupkan dan mematikan 2 buah pompa peristaltik.



Gambar 6. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Pada diagram dapat dilihat bahwa prinsip kerja dari alat tersebut berdasarkan sensor pH. Sensor pH bertujuan untuk membaca atau merekam perubahan nilai dari pH air. Dalam alat tersebut terdapat sebuah mikrokontroler yakni Arduino Mega yang berfungsi sebagai otak dari alat tersebut. Arduino akan mengolah data – data atau nilai *input* dari sensor tersebut maupun data – data output untuk menentukan aktif tidaknya aktuator. Aktuator dalam alat ini adalah dua buah pompa injeksi(peristaltik) dimana tiap pompa akan menginjeksi cairan yang berbeda.

Sensor pH akan membaca nilai pH air yang kemudian akan diolah oleh arduino. Kemudian perubahan nilai pH tersebut akan mengaktifkan pompa cairan asam dan basa. Pengaktifan pompa-pompa tersebut tergantung dari perintah

Keterangan pada gambar 6 adalah sebagai berikut :

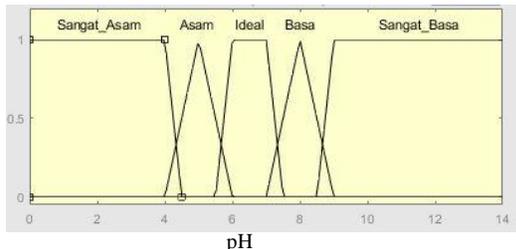
- a. Probe sensor pH
- b. Pompa peristaltik
- c. Modul relay 5V
- d. TFT LCD
- e. Modul sensor pH
- f. Arduino Mega2560
- g. Adaptor 12V

E. Perancangan Sistem Logika Fuzzy

1. Keanggotaan Input

Untuk keanggotaan *input* pH dibagi menjadi 5 himpunan yaitu terlalu asam, asam, ideal, basa, dan

terlalu basa. Tiap himpunan memiliki fungsi yang berbeda serta digunakan untuk mengaktifkan *actuator* dengan keadaan berbeda. Pada keadaan terlalu asam diberikan parameter di bawah 4.5, asam 4 sampai 6, ideal 5.5 sampai 7.5, basa 7 sampai 9, dan terlalu basa di atas 8.5. Pada keadaan ideal *actuator* akan mati. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dan nilai-nilai himpunan input pH berikut.



Gambar 7. Keanggotaan Input

$$\mu(\text{SANGAT ASAM}) = \begin{cases} 0; & x \geq 4.5 \\ \frac{4.5 - x}{4.5 - 4}; & 4 \leq x \leq 4.5 \\ 1; & x \leq 4 \end{cases}$$

$$\mu(\text{ASAM}) = \begin{cases} 0; & x \leq 4 \text{ ATAU } x \geq 6 \\ \frac{x - 4}{4.5 - 4}; & 4 \leq x \leq 5 \\ \frac{6 - x}{6 - 5}; & 5 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu(\text{IDEAL}) = \begin{cases} 0; & x \leq 5.5 \text{ ATAU } x \geq 7.5 \\ \frac{x - 5.5}{6 - 5.5}; & 5.5 \leq x \leq 6 \\ 1; & 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{7.5 - x}{7.5 - 7}; & 7 \leq x \leq 7.5 \end{cases}$$

$$\mu(\text{BASA}) = \begin{cases} 0; & x \leq 7 \text{ ATAU } x \geq 9 \\ \frac{x - 7}{7.5 - 7}; & 7 \leq x \leq 8 \\ \frac{9 - x}{9 - 8.5}; & 8 \leq x \leq 9 \end{cases}$$

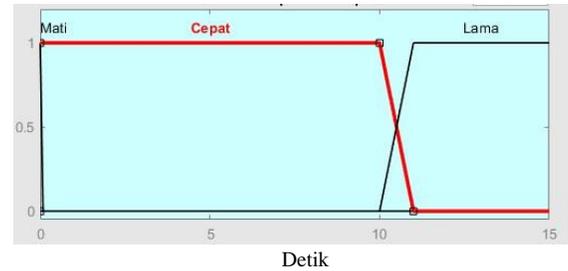
$$\mu(\text{SANGAT BASA}) = \begin{cases} 0; & x \leq 8.5 \\ \frac{x - 8.5}{9 - 8.5}; & 8.5 \leq x \leq 9 \\ 1; & x \geq 9 \end{cases}$$

2. Keanggotaan Output

a. Keanggotaan Output Pompa Asam

Pompa asam akan aktif apabila air dalam keadaan pH basa atau terlalu basa. Pada keanggotaan *output* pompa asam hanya dibagi menjadi 2 yaitu aktif cepat

dan aktif lama. Ketika cairan dalam keadaan himpunan *input* pH terlalu basa maka pompa asam akan aktif dengan delay lebih dari 8 detik. Pada saat cairan dalam keadaan himpunan *input* pH basa maka pompa asam akan aktif dengan *delay* kurang dari 12 detik. Berikut gambar dan parameter delay pada pompa asam.



Gambar 8. Keanggotaan Output Pompa Asam

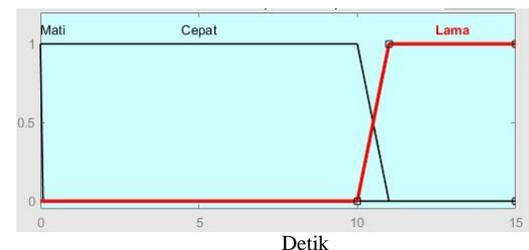
$$\mu(\text{MATI}) = 0$$

$$\mu(\text{CEPAT}) = \begin{cases} 0; & x \geq 11 \\ \frac{11 - x}{11 - 10}; & 10 \leq x \leq 11 \\ 1; & x \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu(\text{LAMA}) = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \\ \frac{x - 10}{11 - 10}; & 10 \leq x \leq 11 \\ 1; & x \geq 11 \end{cases}$$

b. Keanggotaan Output Pompa Basa

Pompa basa akan aktif apabila air dalam keadaan pH asam atau terlalu asam. Pada keanggotaan *output* pompa basa juga hanya dibagi menjadi 2 yaitu aktif cepat dan aktif lama. Ketika cairan dalam keadaan himpunan *input* pH terlalu asam maka pompa basa akan aktif dengan delay lebih dari 8 detik. Pada saat cairan dalam keadaan himpunan *input* pH asam maka pompa asam akan aktif dengan *delay* kurang dari 12 detik. Berikut gambar dan parameter *delay* pada pompa basa.



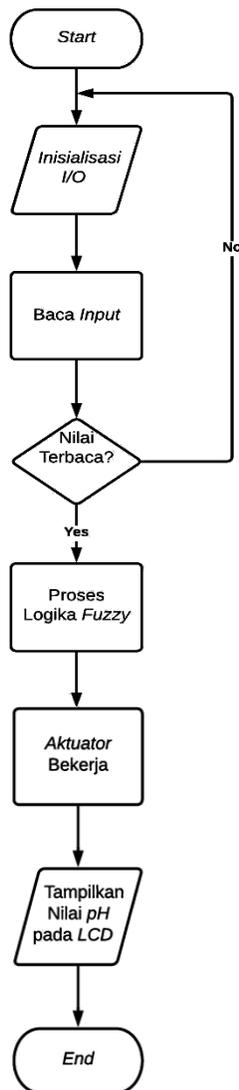
Gambar 9. Keanggotaan Output Pompa Basa

$$\mu(\text{Mati}) = 0$$

$$\mu(\text{CEPAT}) = \begin{cases} 0; & x \geq 10 \\ \frac{11 - x}{11 - 10} & ; 10 \leq x \leq 11 \\ 1; & x \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu(\text{LAMA}) = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \\ \frac{x - 10}{11 - 10} & ; 10 \leq x \leq 11 \\ 1; & x \geq 11 \end{cases}$$

F. Diagram Alir Sistem



Gambar 10. Diagram Alir Sistem

Diagram alir diatas diawali dengan penginisialisasian input dan output, maksudnya adalah arduino akan mengidentifikasi pin-pin yang akan digunakan sensor pada alat dan pin-pin yang akan digunakan untuk mengaktifkan aktuator pada alat ini serta

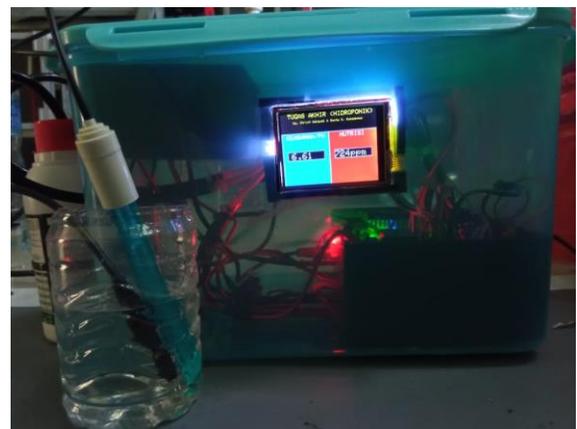
yang lainnya. Sensor akan membaca nilai pH air yang akan diproses melalui mikro yakni arduino yang kemudian akan diproses secara *fuzzy logic* yang telah ditentukan . Kemudian arduino akan mengaktifkan pompa-pompa yang telah di program melalui *rule base* yang merupakan bagian dari *fuzzy logic*. Bersamaan dari itu nilai-nilai *pH* akan ditampilkan pada LCD secara *real time*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Alat

Sistem pengendalian pH ini di buat agar dapat mengatur dan mengendalikan tingkat keasaman pada suatu larutan sesuai dengan kebutuhan tanaman yang di budidayakan dengan cara hidroponik.

Hasil dari perancangan alat pengendali pH dapt di lihat pada gambar 8.



Gambar 11. Hasil Perancangan Alat

B. Kalibrasi Sensor pH

Pengujian ini bertujuan untuk mengkalibrasi sensor pH apakah hasil pembacaan sensor sesuai dengan nilai cairan penyangga yang di pakai untuk kalibrasi. Pada pengujian ini menggunakan cairan penyangga dengan nilai 4.01 dan 6.86. *Probe* sensor akan diletakkan pada kedua cairan penyangga tersebut secara bergantian. Apabila hasil pembacaan sensor pada *Serial Monitor* sudah sesuai dengan nilai cairan penyangga maka sensor siap digunakan.

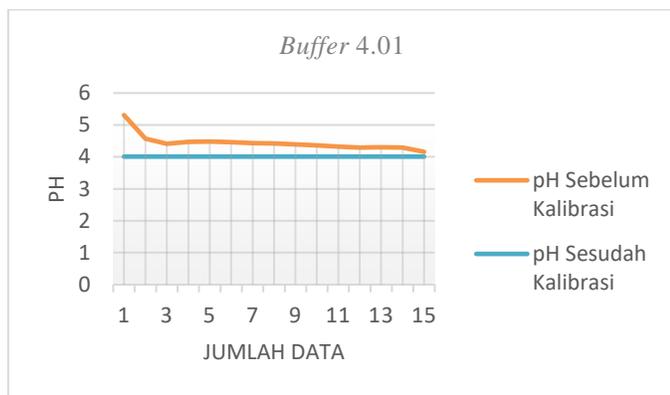
Hasil pengujian akan menunjukkan nilai sensor pH sebelum dan sesudah kalibrasi. Berikut hasil kalibrasi sensor pH yang dapat dilihat pada tabel 1,2 dan gambar 9, 20.

Tabel 1. Kalibrasi Sensor pH dengan Buffer 4.01

No	Dengan pH Buffer 4.01		Dengan pH Buffer 4.01	
	Tegangan(V)	pH	Tegangan(V)	pH
1	1.34	5.31	0.97	4.01
2	1.13	4.57	0.97	4.01
3	1.09	4.41	0.97	4.01
4	1.10	4.47	0.97	4.01

5	1.11	4.48	0.97	4.01
6	1.10	4.46	0.97	4.01
7	1.10	4.43	0.97	4.01
8	1.09	4.42	0.97	4.01
9	1.08	4.39	0.97	4.01
10	1.07	4.36	0.97	4.01
11	1.06	4.32	0.97	4.01
12	1.05	4.29	0.97	4.01
13	1.06	4.30	0.97	4.01
14	1.05	4.29	0.97	4.01
15	1.02	4.16	0.98	4.01

7	1.84	6.44	1.80	6.86
8	1.88	6.58	1.79	6.85
9	1.82	6.36	1.80	6.86
10	1.75	6.12	1.79	6.86
11	1.83	6.42	1.79	6.85
12	1.84	6.44	1.79	6.86
13	1.83	6.42	1.79	6.86
14	1.82	6.39	1.79	6.85
15	1.80	6.28	1.79	6.86

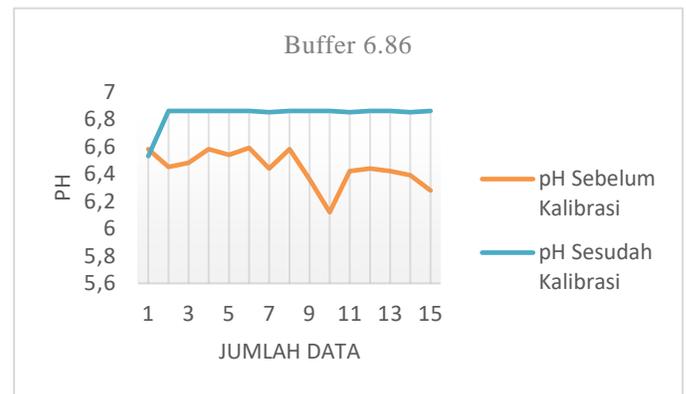


Gambar 12. Grafik Kalibrasi Sensor pH dengan Buffer 4.01

Dari tabel 1 serta gambar 9 dapat dilihat bahwa tegangan dan nilai pH pada saat sebelum kalibrasi memiliki nilai yang tidak stabil dan cenderung menurun sehingga harus dilakukan pengkalibrasian agar sesuai dengan buffer yang digunakan. Pada saat setelah kalibrasi nilai tegangan dan pH memiliki nilai stabil dan sesuai dengan nilai buffer yang digunakan.

Tabel 2. Kalibrasi Sensor pH dengan buffer 6.86

No	Dengan pH Buffer 6.86 Sebelum Kalibrasi		Dengan pH Buffer 6.86 Sesudah Kalibrasi	
	Tegangan(V)	pH	Tegangan(V)	pH
1	1.88	6.58	1.70	6.53
2	1.84	6.45	1.80	6.86
3	1.85	6.48	1.79	6.86
4	1.88	6.58	1.79	6.86
5	1.87	6.54	1.80	6.86
6	1.88	6.59	1.80	6.86



Gambar 13. Grafik Kalibrasi Sensor pH dengan Buffer 6.86

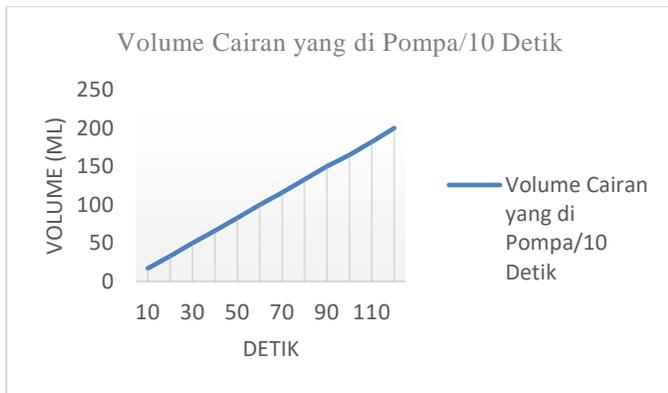
C. Hasil Pengujian Pompa Peristaltik

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak cairan yang di pompa dalam satuan waktu. Berikut hasil percobaan pomps peridtsltik ysng dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 11.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pompa Peristaltik

No	Waktu(detik)	Volume(mL)
1	10	17
2	20	33
3	30	50
4	40	66
5	50	83
6	60	100
7	70	116
8	80	133
9	90	150

10	100	165
11	110	182
12	120	200



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Pompa Peristaltik

Hasil percobaan untuk pompa peristaltik pada tabel 3 dan gambar 11 memperlihatkan bahwa volume cairan yang di pompa berkisar 15-17 mL dalam 10 detik dengan konsistensi yang cukup baik.

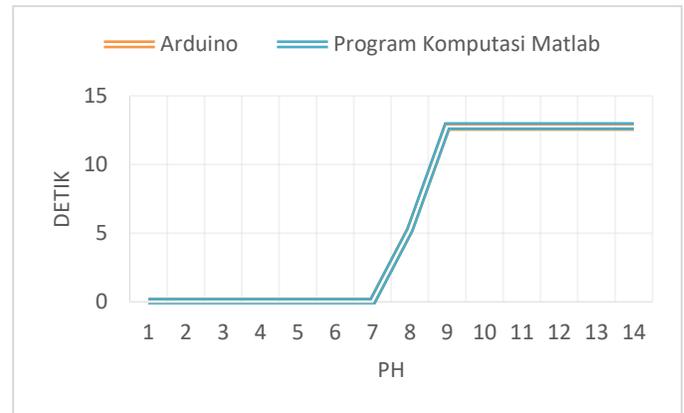
D. Pengujian dan Perbandingan Hasil Keluaran Logika Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk melihat hasil keluaran dari Arduino dan Matlab agar meminimalisir kesalahan pada program logika fuzzy. Untuk Perbandingannya dapat dilihat pada tabel 4.

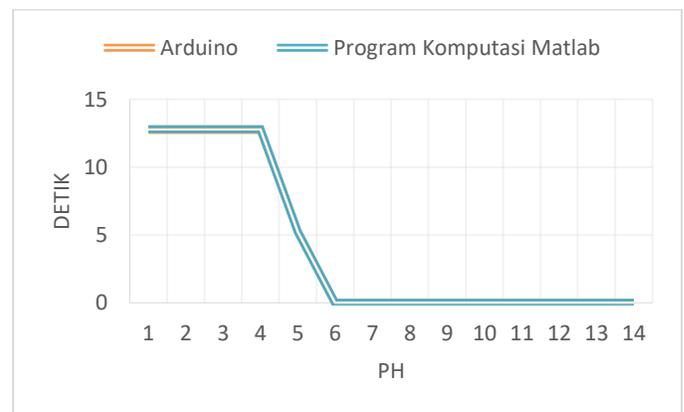
Tabel 4. Perbandingan Keluaran Fuzzy

pH	Ouput pada Arduino		Ouput pada Program Komputasi Matlab	
	Pompa Asam(s)	Pompa Basa(s)	Pompa Asam(s)	Pompa Basa(s)
1	0	12.74	0	12.8
2	0	12.74	0	12.8
3	0	12.74	0	12.8
4	0	12.74	0	12.8
5	0	5.25	0	5.22
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	5.25	0	5.22	0
9	12.74	0	12.8	0

10	12.74	0	12.8	0
11	12.74	0	12.8	0
12	12.74	0	12.8	0
13	12.74	0	12.8	0
14	12.74	0	12.8	0



Gambar 15. Grafik perbandingan keluaran arduino dengan program komputasi matlab untuk pompa asam



Gambar 16. Grafik perbandingan keluaran arduino dengan program komputasi matlab untuk pompa asam

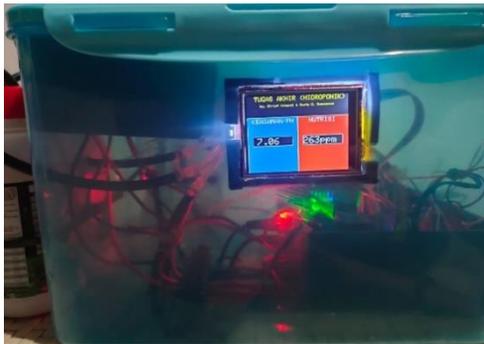
Dari pengujian dan perbandingan keluaran logika fuzzy pada Arduino dan program komputasi Matlab untuk pompa asam memiliki nilai keluaran yang hampir sama. Begitu pula dengan perbandingan untuk pompa basa yang nilai keluarannya tidak jauh berbeda. Perbedaan ini terjadi karena adanya pembulatan nilai oleh kedua *software* tersebut.

E. Pengujian Sistem Keseluruhan

Setelah melakukan pengujian terhadap semua komponen secara terpisah, selanjutnya dilakukan pengujian untuk sistem keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan menambahkan cairan penyangga asam dan basa sebanyak 10mL secara bertahap pada cairan dengan volume 30 liter untuk melihat respon sensor terhadap perubahan yang ditampilkan pada layar

LCD serta melihat keluaran dari logika *fuzzy* yang akan menyalakan pompa asam dan pompa basa. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 14, 15, dan 16.

1. Kondisi Awal



Gambar 17. Kondisi Awal Larutan

Pada kondisi awal terlihat bahwa nilai pH adalah 7.06. Dengan nilai pembacaan ini pompa asam akan menyala selama 4.61 detik. Ini dikarenakan pH berada pada keanggotaan basa.

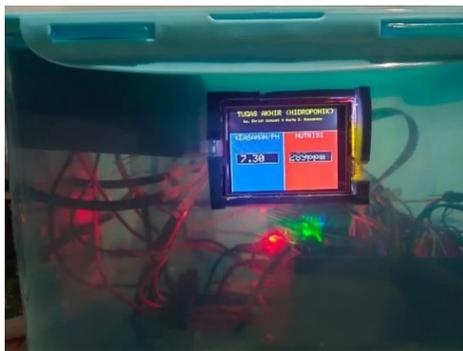
2. Setelah ditambahkan 10 ml Cairan *Buffer* Asam



Gambar 18. pH Larutan Setelah ditambahkan 10 ml Larutan *Buffer* Asam

Setelah ditambahkan cairan penyangga asam sebanyak 10 ml terlihat nilai pembacaan berubah atau turun 0.36 menjadi 6.70. Pada kondisi ini kedua pompa mati karena berada pada keadaan ideal.

3. Setelah ditambahkan 10 ml Cairan *Buffer* Basa



Gambar 19. pH Larutan Setelah ditambahkan 10 ml cairan *Buffer* Basa

Larutan yang nilai awalnya adalah 7.06 setelah ditambahkan 10 ml cairan penyangga basa berubah menjadi 7.30 dan pompa asam akan menyala selama 5.36 detik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, penelitian dan pembahasan untuk stabilisasi pH dengan sistem kendali *Fuzzy*, maka dapat disimpulkan terkait dengan penelitian, yaitu :

1. Semua komponen penyusun sistem berjalan baik walaupun harus melakukan kalibrasi terlebih dahulu pada sensor pH untuk mendapatkan hasil pembacaan yang lebih akurat.
2. Pengaplikasian logika *fuzzy* untuk mengendalikan nilai pH pada sistem memiliki hasil yang cukup baik karena dapat memberikan dosis takaran cairan penyangga sesuai dengan keinginan.

B. Saran

Adapun beberapa saran yang diberikan untuk pengembangan lebih lanjut, yaitu :

1. Sensor pH yang digunakan bisa lebih baik agar dapat memaksimalkan akurasi dan waktu respon yang lebih cepat agar tidak terjadi *delay* dalam pembacaan nilai oleh sensor.
2. Menggunakan *platform IoT* sehingga dapat memantau nilai pH darimana saja.

V. KUTIPAN

- [1] Wartapa, A., S. Astuti dan Sukadi. Pengaruh Jenis Pupuk dan Tanaman Antagonis terhadap Hasil Cabe Rawit (*Capsicum frutescens*) Budidaya Vertikultur. Ilmu-ilmu Pertanian. BPTP, 2006 ; Mulatsih dkk, 2005. Kawasan Rumah Pangan Lestari. Budidaya Sistem Vertikultur. Sumatera Barat.
- [2] Purwanto, J. 2012. Pengaruh Media Tanam Arang Sekam dan Batang Pakis terhadap Pertumbuhan Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum L*) di Tinjau dari Intensitas Penyiraman Air Kelapa. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [3] Lubis, R. 2004. Perubahan Iklim Mikro dan Kualitas Buah Tanaman Tomat yang di Tanam Secara Vertikultur dengan Jenis Tanaman yang Berbeda. [Tesis]. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- [4] Widoyono W dan N Hidayati. 2005. Periode Kritis Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum L. Var. Long Chili*) pada Perlakuan Cekaman Air.
- [5] Saaid, M. F, Sanuddin, A., Ali, M., & M.S.A.I.M. Yassin (2015). *Automated pH Controller System for Hydroponics Cultivation. IEE Symposium on Computer Application & Industrial Electronics (ICSET)*.
- [6] id.m.wikipedia.org. (2021, 14 Agustus). Hidroponik. Diakses pada 15 Agustus 2021, <https://id.m.wikipedia.org/hidroponik>.
- [7] Izzati, I.R 2006. Penggunaan Pupuk Majemuk sebagai Sumber Hara pada Budidaya Selada (*Lactuca sativa L.*) secara Hidroponik dengan Tiga Cara Fertigasi. Skripsi. Departemen Argonomi dan Holtikultura. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [8] Aida R., K. 2015. Aplikasi Urin Ternak sebagai Sumber Nutrisi pada Budidaya Selada (*Lactuca sativa*) dengan Sistem Hidroponik Sumbu. Skripsi. Jurusan Agroteknologi. Fakultas Pertanian. UMY.
- [9] Azmi, Z., Saniman, & Ishak. (2016) Sistem Penghitung pH Air pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroler. Jurnal Ilmiah SAINTIKOM, 102.

- [11] Arduino, cc. (2021, Agustus 17). Arduino Mega 2560 [Online]. Tersedia di : <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [12] Wang, L. (1997). *A Course in Fuzzy System and Control*. New Jersey : Prentice Hall International, Inc.
- [13] Langi, S. I., Wuwung, J., & Lumenta, A.S. (2014). Kipas Angin Otomatis. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 45.

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Christ Wahyudi Soput, anak ketiga dari empat bersaudara. Lahir dari pasangan suami istri, Ayah : No Herling Soput dan Ibu : Yuliana Sompas, Waki 26 Oktober 1996. Penulis telah menempuh Pendidikan secara berturut-turut di SD Negeri 3 Waki (2002-2008), SMP Negeri 1 Una-una (2008-2011), SMA Negeri 1 Una-una (2011-2014).

Pada tahun 2014 penulis memulai Pendidikan di Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, program studi Teknik Elektro dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Kendali pada tahun 2016. Dalam menempuh Pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PT. Meares Sopotan Mining (MSM) Likupang pada tanggal 12 Juni 2017 s/d 11 Agustus 2017. Serta melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu Angkatan 116 di kelurahan Girian Weru Satu, kecamatan Girian, kota Bitung.

Selama studi di Fakultas Teknik Univeritas Sam Ratulangi Jurusan Teknik Elektro, penulis merupakan anggota organisasi Himpuna Mahasiswa Elektro (HME) Unsrat dan *Control Engineering Community* (CEC).