

Kontrol Nutrisi Dan PH Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) Tanaman Tomat Ungu (*Indigo Rose*) Menggunakan Logika Fuzzy

1st Hafidz Esya Wijdani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hafidzew@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Asep Suhendi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

suhendi@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Ahmad Qurthobi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

qurthobi@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak-Pada penelitian ini dibuat sistem kontrol nutrisi untuk tanaman hidroponik menggunakan logika fuzzy. Parameter yang dikontrol yaitu EC dan pH larutan nutrisi pada sistem hidroponik. Pada tanaman hidroponik nutrisi sebagai sumber makanan utama, parameter tersebut telah mewakili indikator kualitas nutrisi. Sensor yang digunakan sensor pH dengan resolusi 0-14, sensitivitas 0,1 sedangkan sensor EC memiliki resolusi 0 ms/cm-20 ms/cm, sensitivitas 0,1 ms/cm. Dilakukan perbandingan pertumbuhan tanaman dengan sistem kontrol dan tanpa sistem kontrol. Hasil pengamatan yaitu pertumbuhan tinggi tanaman dengan sistem kontrol lebih baik 5cm daripada tanpa sistem kontrol sedangkan pertumbuhan jumlah daun sama 5 helai. Pada tanaman dengan sistem kontrol pH stabil sebesar 6, EC selama dua minggu naik sebesar 0,5. Pada tanaman tanpa sistem kontrol pH minggu pertama sebesar 0,4, minggu kedua sebesar 0,5, sedangkan EC mengalami kenaikan minggu pertama sebesar 0,9, minggu kedua sebesar 0,8. Tanaman hidroponik tanpa sistem kontrol setelah 7 hari harus dilakukan penyesuaian pH dan EC ke set poin untuk menjaga kualitas nutrisi.

Kata Kunci-hidroponik, NFT, fuzzy logic, pH air, konduktivitas listrik

Abstract-In this research a nutrient control system for hydroponic plants was created using fuzzy logic. Parameters controlled are EC and pH of the nutrient solution in the hydroponic system. In nutritional hydroponic plants as the main food source, these parameters have represented indicators of nutritional quality. The sensor used is a pH sensor with a resolution 0-14, a sensitivity 0.1 while the EC sensor has a resolution 0 ms/cm-20 ms/cm, a sensitivity 0.1 ms/cm. Comparison of plant growth with and without a control system was carried out. The results of the observations were that the growth in plant height with the control system was 5 cm better than without the control system, while the growth in the number of leaves was the same 5 strands. In plants with a stable pH control system 6, the EC for two weeks increased by 0.5. In plants without a control system, the first week's pH was 0.4, the second week was 0.5, while the EC increased by 0.9 in the first week, 0.8 in the second week. Hydroponic plants without a control system after 7 days must be adjusted to the pH and EC to the set point to maintain nutritional quality.

Keywords-hydroponics, NFT, fuzzy logic, water pH, electrical conductivity

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin maju terutama pada bidang pertanian dimana sudah banyak alat alat tercipta yang mampu mempermudah pekerjaan manusia [1,2]. Metode hidroponik merupakan salah satu inovasi dimana media tanah tidak lagi digunakan dan tidak memerlukan lahan yang luas [3]. Nutrisi yang dibutuhkan tanaman seperti pupuk urea digantikan oleh larutan nutrisi [4]. Metode hidroponik dengan sistem NFT(Nutrient Film Technique) mempunyai keunggulan dimana larutan nutrisi yang dialirkan tidak menghasilkan endapan [3]. Air terus mengalir dalam media yang digunakan serta tanaman terus menerus menyerap berbagai kandungan unsur hara [4]. Tomat ungu memiliki kandungan antosianin yang sangat tinggi sehingga di dalam buahnya dapat berfungsi sebagai penghalau penyakit kanker [5]. Dalam industri pertanian, tanaman tomat ungu masih sangat sedikit untuk dibudayakan [6]. Tanaman Tomat memiliki pertumbuhan yang lebih baik ketika ditanam menggunakan sistem hidroponik dibandingkan dengan sistem semi hidroponik dan non hidroponik [7].

Pada metode hidroponik tingkat kadar keasaman dan konduktivitas listrik dalam larutan sangat mempengaruhi pertumbuhan untuk tanaman tomat. Pertumbuhan tanaman tomat maksimal apabila memenuhi beberapa kondisi dimana kadar pH air pada sistem hidroponik mempunyai rentang dari 5,5-6,5 dan nilai EC mempunyai rentang 2,5 ms/cm - 5,0 ms/cm [8]. Pada penelitian tersebut parameter yang dikontrol yaitu kadar keasaman dan konduktivitas listrik. Sistem kontrol yang dibuat dengan logika fuzzy tidak perlu adanya pemodelan serta relate dengan logika manusia. Logika fuzzy yang digunakan yaitu tsukamoto yang memiliki toleransi terhadap data data yang tidak tepat dan mudah dipahami [10,11]. Pada penelitian ini dibuat sistem hidroponik dengan jenis NFT yang telah terintegrasi dengan sistem kontrol menggunakan logika fuzzy tsukamoto. Sistem tersebut

mengontrol tingkat konduktivitas listrik dan tingkat keasaman air pada sistem hidroponik, dua parameter tersebut sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat ungu dan sebagai faktor internal yang mempengaruhi kualitas nutrisi hidroponik, baik tidaknya nutrisi tergantung pada normalnya dua parameter tersebut. Sensor yang digunakan yaitu sensor pH dan sensor EC. Sistem terdiri dua input yaitu sensor konduktivitas listrik dan sensor pH yang menghasilkan output berupa durasi motor servo. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu membandingkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik menggunakan sistem kontrol dan tanpa sistem kontrol dimana parameter yang diukur yaitu jumlah daun beserta tinggi tanaman. Dua parameter tersebut dipilih dikarenakan dapat dilakukan pengamatan secara langsung tanpa menunggu tomat memasuki masa dewasa siap berbuah dan sudah mewakili indikator pertumbuhan tanaman. Diharapkan dengan adanya sistem kontrol yang mengatur nilai pH dan EC pada metode hidroponik ini pertumbuhan tanaman memiliki jumlah daun dan tinggi tanaman lebih baik daripada tanaman tanpa kontrol.

II. KAJIAN TEORI

A. Hidroponik

Hidroponik adalah budidaya tanaman dalam larutan nutrisi tanpa menggunakan tanah. Kebutuhan nutrisi sebagai sumber makanan digantikan dengan penggunaan larutan dan pupuk kimia untuk pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan tanah [3]. Hidroponik juga sering disebut Controlled Environmental Agriculture atau pertanian dengan lingkungan yang terkontrol, dimana cahaya, air, suhu, CO₂, oksigen, pH, dan nutrisi dapat dikontrol [8]. Pada pertanian sistem hidroponik penyerapan biasanya sebanding dengan konsentrasi nutrisi dalam larutan di dekat akar, dan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti kadar oksigen, CO₂, suhu, intensitas cahaya, periode pencahayaan, kelembaban udara sebagai pengaruh eksternal dan sebagai pengaruh internal nutrisi yaitu pH dan konduktivitas listrik. Sistem penanaman hidroponik mempunyai banyak keunggulan dibandingkan penanaman di tanah. Tanaman hidroponik hanya membutuhkan air yang ditambahkan dengan nutrisi sebagai sumber makanan untuk tanaman hidroponik tersebut. Sistem ini dikembangkan berdasarkan alasan bahwa jika tanaman diberi kondisi yang optimal maka hasil pertumbuhannya maksimal [7].

B. Pengaruh pH Pada Tanaman Hidroponik

Pada sistem hidroponik ketersediaan air sangat penting bagi tanaman karena 90% tanaman hidroponik adalah air [12]. Tanaman hidroponik yang tercukupi nutrisinya mempercepat pertumbuhan. Nilai pH air tanaman secara hidroponik perlu mendapat perhatian lebih. Karena pH air berdampak dalam penyerapan ke 13 unsur yang terkandung pada nutrisi dan diperlukan tanaman [3]. pH adalah parameter yang mengukur keasaman atau kebasaan suatu larutan. pH yang kurang dari 7 menyatakan berkadar asam, sebaliknya yang lebih besar dari 7 menyatakan berkadar basa dan pH normal sama dengan 7. Nilai pH yang baik untuk tanaman tomat mempunyai rentang 5,5-6,5. Mengatur pH yang tepat dalam sistem hidroponik dapat mencegah reaksi kimia negatif pada larutan nutrisi pada sistem hidroponik. Nilai pH yang tinggi mengakibatkan penyumbatan pada saluran sistem hidroponik [8]. Pada sistem hidroponik konvensional untuk mengatur kadar keasaman pH dilakukan secara manual yaitu

dengan cara menambahkan pH up yang berisi kalium hidroksida 10 % bersifat basa dan pH down yang berisi asam fosfat 10% bersifat asam ke dalam larutan nutrisi sedikit demi sedikit lalu diperiksa lagi kadar asam pH dengan pH digital. Cara seperti ini memakan waktu yang lama dan rentan sekali akan faktor kesalahan manusia. Karena kadar asam (pH) harus diperiksa sesering mungkin. Dengan mengatur kadar asam (pH) secara otomatis dapat menghemat waktu para pembudidaya tanaman hidroponik. Karena kadar asam (pH) selalu terjaga dengan baik.

C. Pengaruh Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik

Nutrisi dalam hidroponik dibagi menjadi 2 yaitu nutrisi yang mengandung unsur makro dan yang mengandung unsur mikro. Nutrisi yang mengandung unsur makro yaitu nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah banyak seperti N, P, K, S, Ca, dan Mg. Nutrisi yang mengandung unsur mikro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit seperti Mn, Cu, Zn, Cl, Cu, Na dan Fe [13]. Nutrisi yang dipakai untuk tanaman tomat ungu secara hidroponik adalah nutrisi AB *mix*. Nutrisi AB *mix* merupakan larutan hara yang terdiri dari stok A yang berisi unsur hara makro dan stok B berisi unsur hara mikro. Pemilihan parameter kontrol pH dan konduktivitas listrik didasarkan karena dua parameter ini merupakan faktor internal pada nutrisi sebagai indikator kualitas nutrisi. Apabila kedua parameter ini tidak berada pada batas normalnya, nutrisi sebagai sumber makanan utama dapat terkontaminasi dan menimbulkan masalah pertumbuhan tanaman menjadi terganggu [4].

D. Fuzzy Logic Control

Hidroponik adalah budidaya tanaman dalam larutan nutrisi tanpa menggunakan Metode Tsukamoto mempunyai beberapa karakteristik dimana setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk *if-then* harus direpresentasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Nilai hasil pada konsekuensi setiap aturan *fuzzy* berupa nilai *crisp* yang diperoleh berdasarkan *fire strength* pada antisidennya. Keluaran sistem dihasilkan dari konsep rata-rata terbobot dari keluaran setiap aturan *fuzzy* [14].

E. Sensor PH

Sensor pH yang digunakan yaitu sensor yang mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu cairan. Modul sensor ini difungsikan ke dalam berbagai aplikasi seperti aquaponik, hidroponik dan lain-lain. Sensor pH di aplikasikan dengan memasukan *probe* kedalam suatu cairan. Sistem kerja pH sensor terletak pada *probe* pH yang terbuat dari kaca. Reaksi kimia pada ujung *probe* pH menyebabkan perbedaan tegangan dan perbedaan tegangan ini yang akhirnya diukur dan nilai pH yang terbaca akan ditampilkan pada LCD [9].

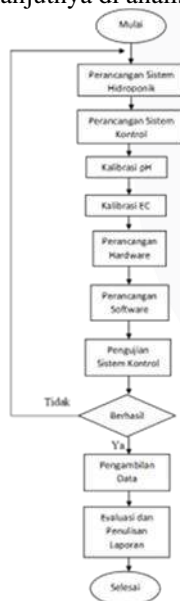
F. Sensor EC

Sensor Larutan Nutrisi Sensor ini digunakan untuk mengetahui nilai Electrical Conductivity (EC) dari larutan nutrisi. EC merupakan penghantar listrik yang ada pada cairan. Sensor EC di aplikasikan dengan memasukan *probe* elektroda ke dalam cairan. Sistem kerja sensor EC yaitu ketika dua buah *probe* elektroda yang di alirkan arus searah kemudian terjadi perubahan nilai konduktivitas listrik dan didapatkan nilai tegangan, data yang terbaca akan ditampilkan di LCD [15].

III. METODE

A. Metode Penelitian

Dalam tugas akhir ini, penelitian dilakukan beberapa tahapan yaitu studi literatur, perancangan perangkat keras, perancangan sistem kontrol, pengujian alat dan evaluasi seperti pada GAMBAR 1. Tahapan pertama yaitu studi literatur. Pada tahap ini dilakukan pencarian berbagai informasi yang berasal dari jurnal dan tugas akhir terkait kontrol keasaman dan konduktivitas listrik larutan nutrisi. Tahap kedua yaitu perancangan sistem hidroponik. Pada tahapan ini dilakukan perancangan sistem hidroponik yang terintegrasi dengan sistem kontrol. Sistem hidroponik ini terdiri dari beberapa komponen yaitu bak penampung air, pompa, pipa, mikrokontroler, tabung EC up, tabung down, tabung pH up, tabung pH down, talang hidroponik, sensor pH, sensor EC, dan bak pembuangan air. Tahap ketiga adalah perancangan sistem kontrol. Pada tahap ini dimulai dengan perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Sensor yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sensor pH dan sensor EC. Aktuator yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor servo. Kalibrasi sensor pH dan sensor EC dilakukan pada tahap ini. Tahap keempat adalah pengujian sistem kontrol. Pada tahapan ini dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem kontrol yang telah dibangun bisa berjalan dengan semestinya atau tidak. Indikator keberhasilan yaitu aktuator mampu melakukan sesuai perintah sistem kontrol dengan motor servo membuka dan menutup kran tabung sesuai jeda yang diperintahkan. Setelah sistem kontrol berjalan dengan baik maka dilanjutkan ketahap berikutnya. Jika sistem kontrol belum berjalan dengan baik maka diperbaiki sampai sistem kontrolnya berjalan dengan baik. Tahapan terakhir adalah evaluasi dan penulisan laporan akhir. Pada tahapan ini data yang diperoleh selanjutnya di analisis.

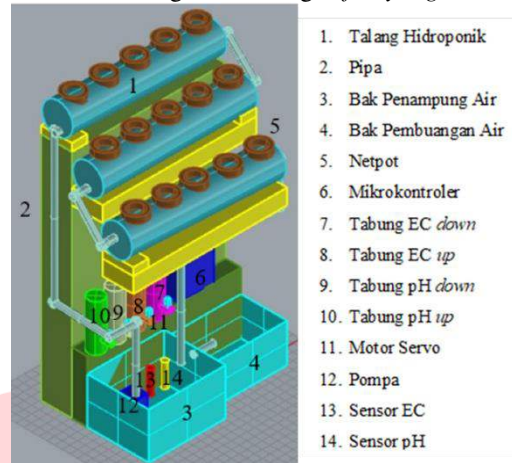


GAMBAR 1
Diagram Alir Penelitian

B. Desain Sistem

Pada GAMBAR 2 dapat dilihat bahwa Sistem bekerja sesuai dengan perintah perangkat lunak. Sistem membaca nilai pH dan nilai EC larutan nutrisi di dalam bak penampungan melalui Sensor pH dan sensor EC. Data yang diperoleh melalui sistem ditransmisikan melalui Arduino Uno dan ditampilkan di display (LCD). Apabila data yang diperoleh tidak sesuai dengan nilai set point maka Arduino

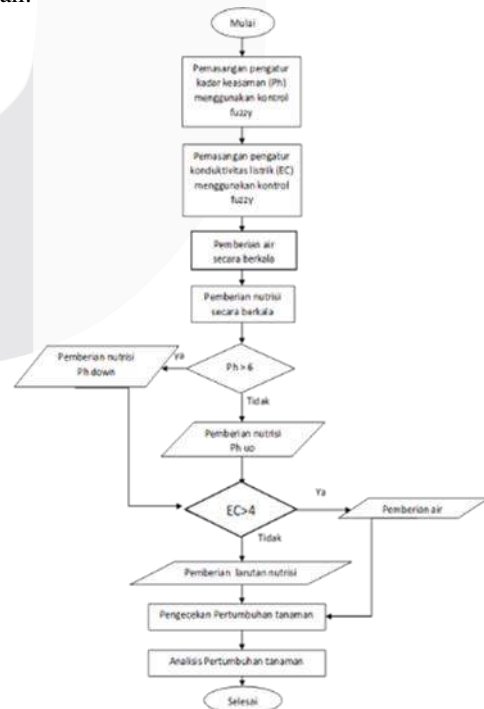
Uno melakukan perintah ke aktuator berupa durasi motor servo. Motor servo yang telah terhubung dengan kran mengalirkan isi tabung sesuai dengan *fuzzy logic control*.



GAMBAR 2
Perancangan Sistem Hidroponik

C. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

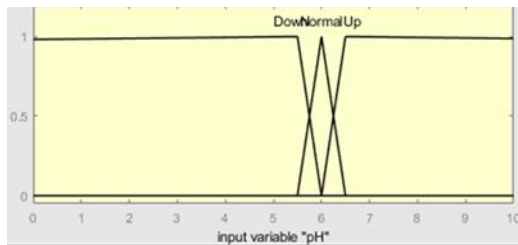
Pada penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi dua yaitu perancangan fuzzy logic menggunakan software MATLAB 2016 dan arduino IDE untuk pembuatan program sistem kontrolnya. Pada GAMBAR 3 merupakan sistem yang dirancang untuk mengontrol dan memonitoring nilai EC larutan nutrisi dan larutan pH tanaman hidroponik NFT. Berdasarkan GAMBAR 2 nilai EC larutan nutrisi dan nilai pH diset sesuai set-point. Apabila sistem menerima nilai pH lebih dari 6 maka ditambahkan larutan pH down. Jika nilai pH kurang dari 6 maka ditambahkan larutan pH up. Untuk nilai EC larutan nutrisi nilai set-point yaitu 4, jika sistem menerima nilai EC kurang dari set-point maka ditambahkan larutan nutrisi. Untuk nilai EC yang melebihi nilai set-point maka ditambahkan air, proses ini terus berlangsung selama sistem berjalan.



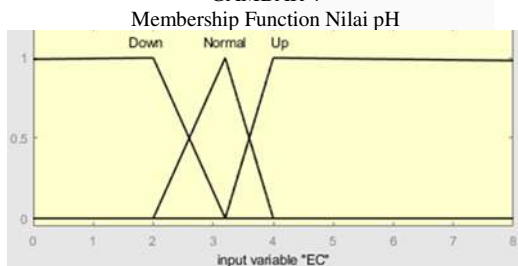
GAMBAR 3
Flowchart Sistem Hidroponik

D. Fuzzy Logic Control

Pada sistem ini dikontrol menggunakan *fuzzy logic control*. Adapun langkah-langkah kerja *fuzzy logic* adalah sebagai berikut, tahap pertama dalam perancangan *fuzzy logic control* adalah perancangan *membership function* (fuzzifikasi). Jenis *Membership function* yang digunakan yaitu fungsi segitiga *Membership function* yang dibuat mencakup *membership function* input dan *membership function* output. Jenis *Membership function* input yang digunakan yaitu fungsi segitiga sedangkan *membership function* output menggunakan garis lurus. Dalam sistem ini inputnya adalah nilai pH dan nilai EC larutan nutrisi dan outputnya adalah durasi motor servo. Untuk fuzzifikasi input dibuat 3 fungsi keanggotaan yaitu down, normal, dan up dengan fungsi keanggotaan normal pH memiliki rentang 5,5-6,5 titik puncak 6 sebagai nilai set poin dapat dilihat pada GAMBAR 4 dan fungsi keanggotaan normal EC memiliki rentang 2,5-5 titik puncak 4 sebagai nilai set poin dapat dilihat GAMBAR 5. Untuk fuzzifikasi output dibuat tiga fungsi keanggotaan yaitu, Sangat lambat, Lambat dan Berhenti dengan output berupa durasi dapat dilihat pada GAMBAR 6. Durasi dipilih untuk mengurangi error pengaplikasian sistem karena menggunakan motor servo yang terintegrasi dengan kran air.

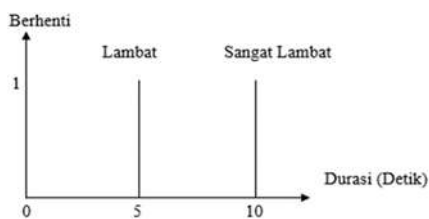


GAMBAR 4



GAMBAR 5

Membership Function Nilai EC



GAMBAR 6
Fuzzyfikasi Output

Tahap kedua yaitu inferensi (*fuzzy-rule*). Untuk menghubungkan input dan output maka dirancang inferensi (*fuzzy-rule*). Aturan *fuzzy-rule* dibangun berdasarkan studi literatur dan hasil kalibrasi aktuator. Proses pengkonversian input-fuzzy menggunakan aturan "*if-then*" menjadi output-fuzzy. Untuk nilai rule base nilai pH yaitu *if* pH normal pH *up* berhenti *and* pH down berhenti, *if* pH *up* then pH *up* berhenti *and* pH down lambat, *if* pH down then pH *up* sangat

lambat *and* pH down berhenti. Untuk rule base nilai EC yaitu *if* EC normal then larutan nutrisi berhenti *and* air berhenti, *if* EC *up* then larutan nutrisi berhenti *and* air lambat, *if* EC Down then larutan nutrisi sangat lambat *and* air berhenti seperti pada TABEL 1.

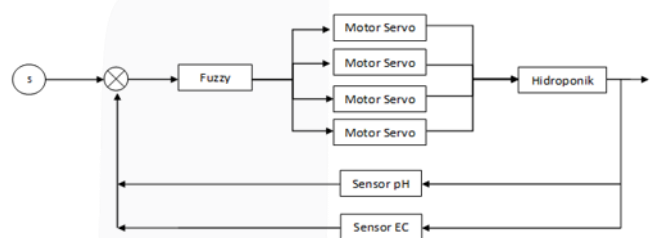
TABEL 1

Fuzzy Rule

pH/EC	Kran pH up	Kran pH down	Kran EC up	Kran EC down
Down	Sangat Lambat	Berhenti	Sangat Lambat	Berhenti
Normal	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti
Up	Berhenti	Lambat	Berhenti	Lambat

Tahapan terakhir yaitu defuzzifikasi. Proses konversi output-fuzzy dari nilai linguistik kedalam nilai tegas (*crisp*) menggunakan fungsi keanggotaan serupa (sebelumnya) menjadi sebuah nilai yaitu durasi aktif motor servo. Pada tugas akhir ini defuzzifikasinya menggunakan metode rata-rata. Ketiga tahapan diatas (fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi) dilakukan untuk mengontrol kadar keasaman dan konduktifitas listrik sesuai dengan set-point.

Pada GAMBAR 7 dapat dilihat, sistem kontrol dimulai saat sensor pH dan sensor EC membaca larutan nutrisi. Nilai yang diperoleh dari sensor dibandingkan dengan set-point, apabila nilai yang dihasilkan tidak sesuai dengan set-point logika fuzzy membangkitkan sinyal kontrol yang berupa durasi nyala motor servo. Motor servo terus menyala sampai nilai yang diperoleh sensor sama dengan nilai set-point. Kemudian larutan nutrisi diteruskan pada sistem hidroponik. Proses tersebut terus berulang selama sistem berlangsung.



GAMBAR 7
Diagram Sistem Kontrol

E. Pengujian Sistem Kontrol

Pada pengujian sistem kontrol untuk memastikan sistem kontrol yang telah dibuat dengan fuzzy berjalan dengan baik. Pada tahap pertama untuk memastikan respon dari sistem kontrol nilai EC dan pH di set pada nilai tertentu. Untuk mempengaruhi nilai EC dan pH maka dilakukan penambahan air dan larutan pH down secara perlahan. Apabila terjadi respon pada aktuator dengan membuka dan menutup kran dari tabung pH up dan tabung larutan nutrisi maka sistem kontrol telah berfungsi.

Sistem kontrol yang telah dibuat dengan fuzzy dapat berfungsi dengan baik apabila tahapan tersebut memiliki hasil yang baik kemudian di implementasikan pada sistem hidroponik menggunakan tanaman. Parameter parameter yang mempengaruhi sistem hidroponik seperti suhu, kelembapan dan intensitas cahaya tidak dilakukan kontrol.

F. Pengambilan Data

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pengambilan data pada sistem hidroponik NFT dengan sistem kontrol dan tanpa kontrol. Data yang diambil meliputi nilai pH, nilai EC larutan nutrisi dan pertumbuhan tanaman tomat ungu. Untuk nilai pH dan nilai EC larutan nutrisi data diambil setiap hari. Untuk pertumbuhan tanaman tomat ungu diambil data tinggi

tanaman dan jumlah daun. Pengamatan pertumbuhan tanaman tomat ungu dilakukan selama dua minggu dengan laporan untuk setiap minggu. Data yang diperoleh dilakukan analisis dan perbandingan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kalibrasi Sensor pH

Pada tahap ini dilakukan pengujian kalibrasi sensor pH dengan pH bufer nilai 4,01 dan 6,86. Tahap pertama mencari nilai tegangan yang dihasilkan dari nilai pH bufer 4,01 dan 6,86, dilakukan pengambilan 10 data untuk setiap nilai pH bufer. Nilai tegangan pH didapatkan dari rumus konversi besaran nilai analog yang terbaca dengan persamaan tegangan $pH = \text{Adc } pH * (5/1023)$. Nilai 5 merupakan nilai maksimum yang terbaca oleh arduino dan nilai 1023 merupakan batas maksimal pembacaan sensor. Data yang diperoleh dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear online untuk mencari nilai kemiringan (K) dan nilai konstanta (offset). Didapatkan persamaan $y = mX + B$, dimana y merupakan hasil kalibrasi pH, m merupakan nilai K yaitu hasil kemiringan dan B merupakan nilai offset yaitu konstanta. Pada TABEL 2 merupakan hasil dari kalibrasi sensor pH didapatkan hasil nilai k sebesar 4,01 dan nilai Offset -0,03. Pada TABEL 3 merupakan data standar error dari data pH 4,01 diambil 10 data dengan simbol X. Nilai mean merupakan nilai pH yang digunakan sebesar 4,01, nilai average merupakan rata rata dari $(X - \text{mean})^2$ dengan hasil 0,17. Nilai standar deviasi merupakan akar dari average didapatkan hasil sebesar 0,41 dan nilai standar error merupakan hasil dari standar deviasi dibagi dengan akar dari jumlah data yang diambil didapatkan hasil sebesar 0,12.

TABEL 2
Data Kalibrasi Sensor pH

No	Nilai tegangan dari pH=4,01	Nilai tegangan dari pH=6,86
1	0,87 v	1,58 v
2	0,88 v	1,65 v
3	0,91 v	1,69 v
4	1,00 v	1,71 v
5	1,09 v	1,73 v
6	1,15 v	1,74 v
7	1,13 v	1,75 v
8	1,10 v	1,72 v
9	1,09 v	1,71 v
10	1,06 v	1,70 v

TABEL 3
Data Standar Error pH

No	X	X-Mean	(X-Mean)^2
1	3,45	-0,56	0,31
2	3,49	-0,52	0,27
3	3,61	-0,40	0,16
4	3,97	-0,04	0,00
5	4,34	0,33	0,11
6	4,58	0,57	0,32
7	4,50	0,49	0,24
8	4,38	0,37	0,14
9	4,34	0,33	0,11
10	4,22	0,21	0,04
Average			0,17
Mean			4,01
Standar deviasi			0,41
Standar error			0,12

B. Kalibrasi Sensor EC

Pada tahap ini dilakukan pengujian kalibrasi sensor EC dengan EC solution nilai 1,41 ms/cm dan 12,88 ms/cm. Tahap pertama mencari nilai tegangan yang dihasilkan dari nilai EC solution 1,41 ms/cm dan 12,88 ms/cm, dilakukan pengambilan 10 data untuk setiap nilai EC solution. Nilai tegangan EC didapatkan dari rumus konversi besaran nilai analog yang terbaca dengan persamaan tegangan $EC = \text{Adc } EC * (5/1023)$. Nilai 5 merupakan nilai maksimum yang terbaca oleh arduino dan nilai 1023 merupakan batas maksimal pembacaan sensor. Data yang diperoleh dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear online untuk mencari nilai kemiringan (K) dan nilai konstanta (Offset). Didapatkan persamaan $y = mX + B$, dimana y merupakan hasil kalibrasi EC, m merupakan nilai K yaitu hasil kemiringan dan B merupakan offset yaitu konstanta. Pada TABEL 4 merupakan hasil dari kalibrasi sensor EC didapatkan hasil nilai k sebesar 4,07 dan nilai Offset -0,74. Pada TABEL 5 merupakan data standar error dari data EC 12,88 ms/cm diambil 10 data dengan simbol X. Nilai mean merupakan nilai EC yang digunakan sebesar 12,88 ms/cm, nilai average merupakan rata rata dari $(X - \text{mean})^2$ dengan hasil 0,0010. Nilai standar deviasi merupakan akar dari average didapatkan hasil sebesar 0,03 dan nilai standar error merupakan hasil dari standar deviasi dibagi dengan akar dari jumlah data yang diambil didapatkan hasil sebesar 0,01.

TABEL 4
Data Kalibrasi Sensor EC

NO	Nilai tegangan dari EC=1,41 ms/cm	Nilai tegangan dari EC=12,88 ms/cm
1	0,55 v	3,35 v
2	0,56 v	3,34 v
3	0,55 v	3,33 v
4	0,54 v	3,34 v
5	0,55 v	3,34 v
6	0,55 v	3,33 v
7	0,56 v	3,34 v
8	0,55 v	3,35 v
9	0,56 v	3,34 v
10	0,54 v	3,35 v

TABEL 5
Data Standar Error EC

No	X	X-Mean	(X-Mean)^2
1	12,90	0,0200	0,0004
2	12,86	-0,0200	0,0004
3	12,82	-0,0600	0,0036
4	12,86	-0,0200	0,0004
5	12,86	-0,0200	0,0004
6	12,82	-0,0600	0,0036
7	12,86	-0,0200	0,0004
8	12,90	0,0200	0,0004
9	12,86	-0,0200	0,0004
10	12,90	0,0200	0,0004
Average			0,0010
Mean		12,88	
Standar Dev		0,03	
Standar Error		0,01	

C. Pengujian Sistem Fuzzy Pada Software

Pada Pada pengujian Sistem Fuzzy dengan software dilakukan menggunakan Arduino IDE. Pengujian akan dilakukan input beberapa nilai pH dan nilai EC untuk menguji sistem fuzzy berjalan dengan baik. Pada tampilan serial monitor disesuaikan dengan tampilan lcd display seperti yang terlihat pada TABEL 6. Pada TABEL 6 untuk A menunjukan durasi aktuator pH up, B menunjukan durasi aktuator pH down, C menunjukan durasi aktuator EC up, D menunjukan durasi aktuator EC down. Tahap pertama dilakukan input nilai sesuai nilai set point dengan nilai pH sebesar 6 dan nilai EC sebesar 4. Pada TABEL 6 didapatkan hasil nilai A sebesar 0, B sebesar 0, C sebesar 0, D sebesar 0 maka dari hasil berikut dipastikan apabila pada nilai set point durasi aktuator sebesar 0 atau berhenti. Tahap kedua dilakukan input nilai pH sebesar 4 dan nilai EC sebesar 2. Pada TABEL 6 didapatkan hasil nilai A sebesar 10, B sebesar 0, C sebesar 10, D sebesar 0 maka dari hasil berikut aktuator pH up akan beroperasi selama 10 detik dan aktuator EC up akan beroperasi selama 10 detik. Tahap ketiga dilakukan input nilai pH sebesar 7 dan nilai EC sebesar 6. Pada TABEL 6 didapatkan hasil nilai A sebesar 0, B sebesar 5, C sebesar 0, D sebesar 5 maka dari hasil berikut aktuator pH down akan beroperasi selama 5 detik dan aktuator EC down akan beroperasi selama 5 detik.

TABEL 6
Data Pengujian Fuzzy Menggunakan Software

No	pH	EC	A	B	C	D
1	6	4	0	0	0	0
2	4	2	10	0	10	0
3	7	6	0	5	0	5

D. Pengujian Sistem Kontrol

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian sistem kontrol untuk memastikan sistem kontrol yang dibuat berjalan baik. Tahap pertama untuk memastikan respon sistem kontrol pada bak penampung nilai pH akan disesuaikan dengan nilai set poin untuk nilai pH 6 dan EC 4. Untuk menurunkan nilai EC dan pH maka dilakukan penambahan air dan larutan pH down secara perlahan. Pada TABEL 7 didapatkan nilai pH 5,2 dan nilai EC 3,8, ketika nilai pH 5,2 aktuator yang telah terintegrasi dengan kran air pH up membuka selama 10 detik kemudian menutup kembali. Untuk nilai EC 3,8 aktuator yang telah terintegrasi dengan kran air EC up membuka selama 6 detik kemudian menutup kembali. Setelah nilai pH dan nilai kembali ke nilai set poin, kemudian untuk

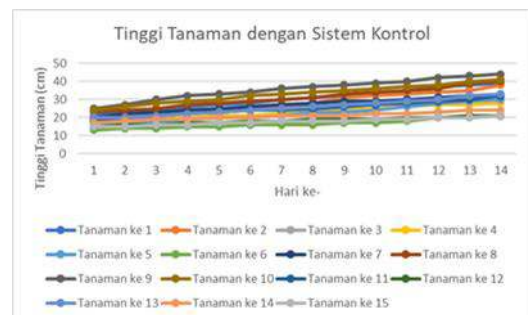
menaikkan nilai EC dan pH maka dilakukan penambahan larutan nutrisi dan larutan pH up secara perlahan. Pada TABEL 7 didapatkan nilai pH 6 dan nilai EC 5,5, ketika nilai pH 6 aktuator yang telah terintegrasi dengan kran air diam. Untuk nilai EC 5,5 aktuator yang telah terintegrasi dengan kran air EC down membuka selama 5 detik kemudian menutup. Dari respon aktuator yang berhasil membaca durasi sesuai intruksi sistem kontrol menunjukkan sistem bekerja dengan baik dan dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

TABEL 7
Data Pengujian Sistem Kontrol

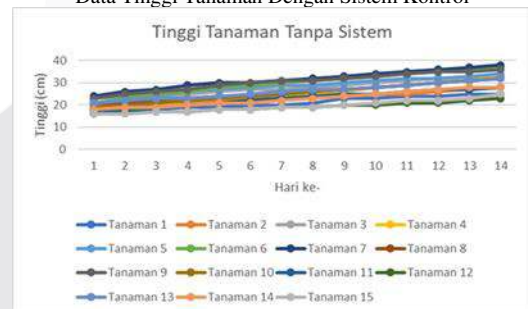
No	pH	EC	A	B	C	D
1	5.2	3.8	10	0	6	0
2	6	5.5	0	0	10	5

E. Hasil Data Dan Pembahasan

Berikut perbandingan selisih tinggi tanaman pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol dan tanpa kontrol. Pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol memiliki pertumbuhan maksimal sebesar 19 cm, sedangkan pertumbuhan tanaman tanpa sistem kontrol sebesar 14 cm. Selisih pertumbuhan tanaman sebesar 5 cm dengan tanaman dengan sistem kontrol memiliki pertumbuhan yang lebih baik dapat dilihat pada GAMBAR 8 dan GAMBAR 9.

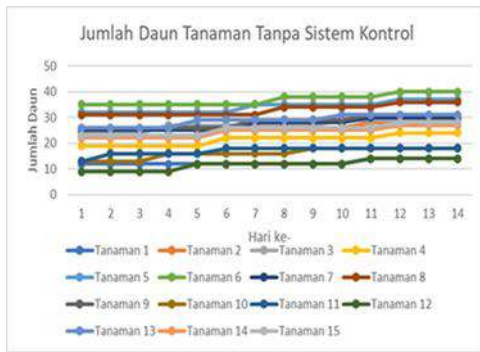


GAMBAR 8
Data Tinggi Tanaman Dengan Sistem Kontrol

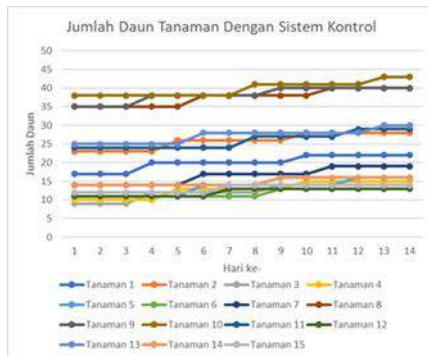


GAMBAR 9
Data Tinggi Tanaman Tanpa Sistem Kontrol

Pada perbandingan selisih jumlah daun pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol dan tanpa kontrol. Pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol memiliki pertumbuhan jumlah daun maksimal sebanyak 5 helai, sedangkan pertumbuhan jumlah daun pada tanaman tanpa sistem kontrol sebanyak 5 helai. Untuk tanaman dengan sistem kontrol dan tanpa kontrol memiliki pertumbuhan jumlah daun yang sama banyak yaitu 5 helai dapat dilihat pada GAMBAR 10 dan GAMBAR 11.



GAMBAR 10
Data Jumlah Daun Dengan Sistem Kontrol



GAMBAR 11
Data Jumlah Daun Tanpa Sistem Kontrol

Pada TABEL 8 dan TABEL 9 merupakan perbandingan nilai pH pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol dan tanpa kontrol selama dua minggu. Pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol memiliki nilai pH yang stabil selama dua minggu dengan nilai sebesar 6, sedangkan nilai pH pada tanaman tanpa sistem kontrol mengalami penurunan untuk setiap minggunya. Pada minggu pertama mengalami penurunan nilai sebesar 0,4 dan minggu kedua mengalami penurunan sebesar 0,5. Nilai pH pada tanaman tanpa sistem kontrol normal selama 7 hari. Dari nilai pH tanaman dengan sistem kontrol dan tanpa sistem kontrol didapatkan hasil lebih baik dengan menggunakan sistem kontrol.

Pada TABEL 8 dan TABEL 9 merupakan perbandingan nilai EC pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol dan tanpa kontrol selama dua minggu. Pada tanaman yang menggunakan sistem kontrol nilai EC mengalami kenaikan selama dua minggu dengan nilai sebesar 0,5, sedangkan nilai EC pada tanaman tanpa sistem kontrol mengalami kenaikan untuk setiap minggunya. Pada minggu pertama mengalami kenaikan nilai sebesar 0,9 dan minggu kedua mengalami kenaikan sebesar 0,8. Nilai EC pada tanaman tanpa sistem kontrol normal selama 7 hari. Dari nilai EC tanaman dengan sistem kontrol dan tanpa sistem kontrol didapatkan hasil lebih baik dengan menggunakan sistem kontrol. Pada tanaman tanpa sistem kontrol nilai pH dan EC setelah hari ke 7 perlu dilakukan penyesuaian nilai ke set poin. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas kadar keasaman dan konduktivitas listrik larutan nutrisi tetap normal. Pada tanaman tomat memiliki kerentanan yang tinggi terhadap kualitas larutan nutrisi, apabila pH dan EC bernilai di luar batas normal dapat mengganggu laju pertumbuhan tanaman dan bisa mengakibatkan tanaman mati.

TABEL 8
Data Nilai pH dan EC Dengan Sistem Kontrol

No	Hari/Tanggal	pH	EC
1	Kamis, 20 Oktober 2022	6	4
2	Jumat, 21 Oktober 2022	6	4
3	Sabtu, 22 Oktober 2022	6	4,1
4	Minggu, 23 Oktober 2022	6	4,1
5	Senin, 24 Oktober 2022	6	4,2
6	Selasa, 25 Oktober 2022	6	4,2
7	Rabu, 26 Oktober 2022	6	4,2
8	Kamis, 27 Oktober 2022	6	4,3
9	Jumat, 28 Oktober 2022	6	4,3
10	Sabtu, 29 Oktober 2022	6	4,3
11	Minggu, 30 Oktober 2022	6	4,4
12	Senin, 31 Oktober 2022	6	4,4
13	Selasa, 1 November 2022	6	4,5
14	Rabu, 2 November 2022	6	4,5

TABEL 9
Data Nilai pH dan EC Tanpa Sistem Kontrol

No	Hari/Tanggal	pH	EC
1	Kamis, 20 Oktober 2022	6	4
2	Jumat, 21 Oktober 2022	6	4,1
3	Sabtu, 22 Oktober 2022	5,8	4,3
4	Minggu, 23 Oktober 2022	5,7	4,4
5	Senin, 24 Oktober 2022	5,7	4,5
6	Selasa, 25 Oktober 2022	5,6	4,7
7	Rabu, 26 Oktober 2022	5,6	4,9
8	Kamis, 27 Oktober 2022	6	4
9	Jumat, 28 Oktober 2022	5,9	4,1
10	Sabtu, 29 Oktober 2022	5,9	4,2
11	Minggu, 30 Oktober 2022	5,7	4,4
12	Senin, 31 Oktober 2022	5,7	4,5
13	Selasa, 1 November 2022	5,6	4,6
14	Rabu, 2 November 2022	5,5	4,8

Pada TABEL 10 dapat dilihat perbandingan biaya pada sistem hidroponik dengan sistem kontrol dan tanpa kontrol. Apabila membuat sistem hidroponik tanpa sistem kontrol menghabiskan biaya Rp.460.000 dan biaya yang dihabiskan ketika membuat sistem hidroponik menggunakan sistem kontrol yaitu Rp.2.850.000. Selisih biaya membuat sistem hidroponik menggunakan sistem kontrol dan sistem hidroponik tanpa kontrol yaitu Rp.2.390.000.

TABEL 10
Rincian Biaya Sistem

Kriteria Biaya Sistem					
No	Nama Barang	Kategori	Jumlah	Harga	Total
1	Pipa 3 inc	Sistem Hidroponik	6 meter	Rp160.000	Rp460.000
2	Pipa 3/4 inc		12 meter	Rp140.000	
3	Netpot		15 pcs	Rp25.000	
4	Rockwool		1/4 slab	Rp35.000	
5	Pompa		1 pcs	Rp100.000	
6	Standing Galvalum		2 meter	Rp30.000	
7	Sensor EC	Sistem Kontrol	1 pcs	Rp1.000.000	Rp2.390.000
8	Sensor pH		1 pcs	Rp500.000	
9	Box Hitam		1pcs	Rp10.000	
10	Arduino 2560		1 pcs	Rp250.000	
11	Relay 4 channel		1 pcs	Rp35.000	
12	Motor Servo		4 pcs	Rp70.000	
13	Analog Signal Isolator		1 pcs	Rp250.000	
14	Power Supply 7-12 v		1 pcs	Rp45.000	
15	LCD 16 x 2		1 pcs	Rp20.000	
16	Modul LCD 12c		1 pcs	Rp15.000	
17	Jumper		100 pcs	Rp70.000	
18	Tabung 1L		4 pcs	Rp15.000	
19	Kran		4 pcs	Rp60.000	
20	Breadboard		1 pcs	Rp20.000	
					Rp2.850.000

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibuat sistem kontrol nutrisi dan pada penelitian ini telah dibuat sistem kontrol nutrisi dan pH pada sistem hidroponik menggunakan logika fuzzy. Parameter yang dikontrol yaitu nilai pH dan nilai EC, kedua

nilai tersebut sebagai input kemudian untuk output menggunakan aktuator motor servo yang terintegrasi dengan kran air berupa durasi jeda membuka dan menutup kran air. Pada pengujian sistem kontrol yang dilakukan menunjukan respon yang baik Untuk nilai pH 5,2 kran air pH up jeda membuka dan menutup 10 detik. Untuk nilai EC 3,8 kran air EC up jeda membuka dan menutup 6 detik. Untuk nilai pH 6 kran air diam. Untuk nilai EC 5,5 kran air EC down jeda membuka dan menutup 5 detik. Tanaman dengan sistem kontrol memiliki nilai pH stabil sebesar 6 dan kenaikan nilai EC sebesar 0,5 selama dua minggu. Sehingga pertumbuhan tanaman menggunakan sistem kontrol lebih baik dari pada tanaman tanpa sistem kontrol sebesar 4cm. Tanaman tanpa sistem kontrol nilai pH mengalami penurunan dengan nilai sebesar 0,4 untuk minggu pertama dan minggu kedua sebesar 0,5. Untuk nilai EC mengalami kenaikan sebesar 0,9 pada minggu pertama dan pada minggu kedua sebesar 0,8. Pentingnya dilakukan penyesuaian nilai pH dan EC pada tanaman tanpa sistem kontrol setelah hari ke 7 sesuai nilai set poin untuk mencegah gangguan laju pertumbuhan dan menghindari kematian sehingga kualitas nutrisi tetap pada batas normal. Hasil tersebut menunjukan nilai pH dan EC yang lebih stabil menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik walaupun selisih pertumbuhan yang tidak terlalu signifikan namun dari pengamatan yang dilakukan pada waktu yang singkat selama dua minggu sudah menunjukan tanaman hidroponik menggunakan sistem kontrol lebih baik daripada tanaman tanpa sistem kontrol.

REFERENSI

- [1] Mislaini R dan Khandra Fahmy, "Penerapan Teknologi Pertanian Melalui Penggunaan Alsintan Pada Lahan Sawah Kepada Masyarakat Tani Di Nagari Minangkabau Kec.Sungayang Kab.Tanah Datar," *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 29-38, 2017.
- [2] D. Purwantoro, Triakuntari Dianpratiwi dan Sri Markumningsih, "Analisis Penggunaan Alat Mesin Pertanian Berbasis Traktor Tangan pada Kegiatan Perawatan Budidaya Tebu," *Agritech*, vol. 38, no. 3, pp. 313-319, 2018.
- [3] E. D. Purbajanti, Widyati Slamet and Florentina Kusmiyati, "Hidroponik Bertanam Tanpa Tanah," Semarang: EF Press Digimedia, 2017.
- [4] Y. Winda, "Dinamika Unsur Hara di Dalam Tanah dan Tanaman," Jakarta: Rineka Cipta, 2013.
- [5] F. A. Thaherah dan Anna Satyana Karyawati, "Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat Ungu (*Lycopersicum esculentum* L. var. indigo rose) Terhadap Intensitas Naungan dan Pemberian Pupuk $MgSO_4$," *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 8, no. 4, pp. 421-429, 2020.
- [6] R. Dhaniaputri, "Perbandingan Pertumbuhan Tomat Merah (*Lycopersicum esculentum* L. var. commune) Dan Tomat Ungu (*Lycopersicum esculentum* L. var. indigo rose) Yang Ditanam Dengan Teknik Hidroponik Metode Drip Irrigation (Irigasi Tetes)," *Urecol Proceeding*, vol. 5, pp. 834-837, 2017.
- [7] T. Onggo, Sumadi dan R. Fauziah, "Pertumbuhan, hasil dan kualitas tomat cv. Marta-9 pada berbagai sistem budidaya dalam rumah plastik di dataran medium Jatinangor," *Jurnal Kultivasi*, vol. 14, no. 1, pp. 37-42, 2015.
- [8] F. B. Akbar, M. Aziz Muslim dan Purwanto, "Pengontrolan Nutrisi pada Sistem Tomat Hidroponik Menggunakan Kontroler PID," *Jurnal EECCIS*, vol. 10, no. 1, pp. 20-25, 2016.
- [9] R. N. Prabowo, Suwandi, dan Ahmad Qurthobi, "Perancangan Kontrol Kadar Keasaman Menggunakan Hybrid Fuzzy PID Pada Sistem Hidroponik Untuk Pertumbuhan Tomat," 2017.
- [10] R. S. Hasanuddin, Isnawaty, Rizal Adi Saputra dan Statiswaty, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Secara Real Time Menggunakan Metode Fuzzy Inference System Model Tsukamoto," *semanTIK*, vol. 5, no. 1, pp. 61-68, 2019.
- [11] Maryaningsih, Siswanto dan Mesterjon, "Metode Logika Fuzzy Tsukamoto Dalam Sistem Pengambilan Keputusan Penerimaan Beasiswa," *Jurnal Media Infotama*, vol. 9, no. 1, pp. 160-164, 2013.
- [12] S. Parks dan C. Murray, "Leafy Asian Vegetables and Their Nutrition in Hydroponics," 2011.
- [13] H. D dan Samanhud, "Pengaturan Komposisi Nutrisi dan Media Dalam Budidaya Tanaman Tomat Dengan Sistem Hidroponik," *Biofarm Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 13, no. 9, 2010.
- [14] L. P. Ayuningtias, M. Irfan dan J. Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Khatulistiwa Inform*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [15] M. R. T. A. Khusaeri, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Total Dissolved Solid Berbasis Mikrokontroler," *ITS Paper*, pp. 1-6, 2014.