

SISTEM KONTROL OTOMATIS PH LARUTAN NUTRISI TANAMAN BAYAM PADA HIDROPONIK NFT (*NUTRIENT FILM TECHNIQUE*)

Ahmad Yanuar Hadi Putra ¹⁾, Wahyu S. Pambudi ²⁾

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya 60117^{1),2)}
 Jalan Arief Rahman Hakim 100 Surabaya
 email :yanuarnina@gmail.com¹⁾ dan wahyusp@itats.ac.id²⁾

ABSTRAK

Salah satu solusi terhadap permasalahan keterbatasan lahan dalam bercocok tanam adalah menerapkan metode hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). Metode ini memiliki kelebihan yaitu memanfaatkan air yang tersirkulasi sebagai media tanam agar memperoleh air, nutrisi dan oksigen sehingga mampu mempercepat pertumbuhan tanaman dengan hasil yang baik. Salah satu parameter terpenting dari metode ini adalah mempertahankan pH nutrisi yang dipantau secara berkala. Untuk itu dibuatlah alat pengatur pH secara otomatis berbasis arduino nano dan sensor pH dengan metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC). Adapun sistem kontrol yang digunakan adalah arduino nano dengan Analog pH Meter Kit sebagai masukan, serta motor servo yang dikombinasikan dengan *ball valve* sebagai aktuator. Jika pH < 6,6 maka arduino nano akan mengontrol motor servo yang mengendalikan bukaan *ball valve* tangki larutan basa (pH down) dan jika pH > 7,6 maka arduino nano akan mengontrol motor servo yang akan mengendalikan bukaan *ball valve* untuk tangki larutan asam (pH up). Hasil respon terbaik dari implementasi *Fuzzy Logic Controller* terdapat pada sistem yang memiliki pembukaan sudut servo 60 (buka sedikit) dengan *rise time* 40 detik dan *time settling* pada waktu ke 126 detik untuk menaikkan pH. Sedangkan untuk menurunkan pH, *rise time* diperoleh selama dua kali yaitu selama 61 detik dan aktifitas sistem yang kedua selama 4 detik dan *time settling* pada waktu 125 detik. Sistem mampu mempertahankan pH sebesar 6,6-7,6 dengan hasil pertumbuhan bayam setinggi 24,8 cm dan banyak daun 13 helai selama 14 hari.

Kata Kunci : *Fuzzy Logic Controller*, hidroponik, *Nutrient Film, Technique*

ABSTRACT

One of the solutions to overcome of finite/narrow land in planting is by applying Nutrient Film Technique (NFT) hydroponics method. This method has the advantage of utilizing the circulated water as a planting medium in order to get nutrient and oxygen which will accelerate the plant to grow well. One of the most important parameters of this method is to maintain the nutrition pH which is periodically monitored. Therefore, an automatic arduino nano based pH regulator and pH sensor was set up by applying Fuzzy Logic Controller (FLC) method. The control system used was Arduino nano with analog pH meter kit as input and a motor servo combined with ball valve as the actuator. If the pH < 6.6, the arduino nano would control motor servo that regulated the ball valve opening of alkaline solution (pH down) tank and if pH > 7.6, the arduino nano would control a servo motor that regulated the ball valve opening for the acid solution (pH up) tank. The best response result of Fuzzy Logic Controller implementation was on the system which had an opening of 60 angle servo (slightly open) with a rise time of 40 seconds at a time and time settling at 126th second to rise the pH. As for lowering the pH, rise time was obtained twice i.e for 61 seconds and the second system activity for 4 seconds and time settling at 125 seconds. The system could maintain the pH at 6.6-7.6 and resulted the growth of spinach was as high as 24.8cm and 13 leaves for 14 days.

Keywords : *Fuzzy Logic Controller, hydroponics, Nutrient Film Technique*

1. Pendahuluan

Kebutuhan pangan bagi manusia seperti sayuran dan buah-buahan semakin meningkat dengan seiring perkembangan jumlah penduduk. Namun hal tersebut tidak dibarengi dengan pertumbuhan lahan pertanian yang justru semakin sempit [1]. Badan Pusat Statistik mencatat bahwa laju pertumbuhan penduduk Indonesia selama periode 2000-2010 lebih tinggi dibanding periode 1990-2000 [2]. Menurut data statistik dari Dispenduk Capil Surabaya diketahui jumlah penduduk Surabaya pada tanggal 8 Maret 2016 sebesar 2.956.153 jiwa [3]. Guna memenuhi kebutuhan pasokan sayur di Surabaya, diperlukan swadaya dari masyarakat untuk mau memanfaatkan lahan terbatas di halaman rumah pribadi, kantor, sekolah atau tempat-tempat umum untuk menanam sayur. Salah satu teknik yang bisa diterapkan untuk menanam sayur pada lahan yang sempit adalah dengan teknik hidroponik [6].

Hidroponik adalah lahan budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, sehingga hidroponik merupakan aktivitas pertanian yang dijalankan dengan menggunakan air sebagai medium untuk menggantikan tanah. Sehingga sistem bercocok tanam secara hidroponik dapat memanfaatkan lahan yang sempit [7]. Teknik hidroponik yang sering digunakan masyarakat adalah NFT (*Nutrient Film Technique*). NFT merupakan hidroponik aktif atau dinamis dengan model budidaya meletakkan akar tanaman pada lapisan air yang dangkal. Air tersebut tersirkulasi dan mengandung nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Perakaran dapat berkembang didalam larutan nutrisi, karena disekitar perakaran terdapat selapis larutan nutrisi maka sistem dikenal dengan nama NFT [8].

Penyerapan larutan nutrisi merupakan komponen penting dalam budidaya NFT. Seringkali larutan nutrisi yang diberikan tidak dapat diserap tanaman karena aliran larutan nutrisi yang tidak dapat merata di seluruh permukaan talang sehingga akar yang tidak tersentuh aliran larutan nutrisi akibatnya pertumbuhan tanaman terhambat [9]. Nutrisi yang diberikan pada tanaman sangat berhubungan dengan pH air atau derajat keasaman air. Tingkat pH air akan mempengaruhi daya larut unsur hara pada

tanaman yang berakibat pada kualitas kesuburan tumbuh dan kembang tanaman tersebut. Nilai pH yang konstan dapat mencegah reaksi kimia yang negatif pada larutan nutrisi hidroponik yang berdampak pada kualitas tanaman. Selama ini cara untuk mempertahankan pH air masih dilakukan secara manual menggunakan pH meter. Pengecekan pH air tersebut dilakukan secara terus menerus, karena perubahan pH air dapat disebabkan oleh suhu, kelembaban, dan juga laju aliran nutrisi. Suhu dan kelembaban merupakan faktor lingkungan, sedangkan laju aliran nutrisi ini bergantung pada bukaan *valve* pada modul sistem hidroponik NFT [10].

Pada penelitian kali ini akan mengontrol kondisi pH larutan nutrisi tanaman dengan memanfaatkan sensor pH melalui sistem kontrol menggunakan arduino nano dengan metode *Fuzzy Logic Controller*. Dimana kondisi dari pH air didalam larutan nutrisi diatur dengan cara menambahkan larutan pH *up* (asam) dan pH *down* (basa) melalui *ballvalve* yang dikombinasikan dengan *motorservo* DC dan dikendalikan melalui *mikronkontroler* arduino nano. Target dari penelitian ini adalah menjaga kestabilan daripada pH larutan nutrisi sistem hidroponik tanaman bayam dan menjaga aliran larutan nutrisi mengalir sepanjang waktu sehingga dapat mempengaruhi kualitas kesuburan tanaman bayam.

2. Tinjauan Pustaka

Sistem penanaman secara hidroponik sekarang ini telah merambah ke bidang penelitian. Indonesia merupakan salah satu negara yang mulai melakukan penelitian terhadap sistem hidroponik. Penelitian terhadap sistem hidroponik berkonsentrasi antara lain pada masalah zat kimia yang terkandung, sistem irigasi hingga pada sistem kontrol automasi elektronika [11]. Pada tahun 2014, Saidul dari Universitas Maritim Raja Ali Haji, merealisasikan alat pengontrol pH air pada kolam pembenihan ikan kerapu macan secara otomatis dengan menggunakan *mikrokontroler* arduino nano. Penelitian ini merancang suatu sistem yang terdiri dari perangkat lunak dan keras dengan menggunakan metode regresi linier antara nilai pH sebenarnya dengan tegangan terukur

di pin analog *input* arduino untuk mendapatkan nilai pH. Sistem perangkat keras pada penelitian ini terdiri dari analog pH meter V1.0 sebagai *input* yang kemudian diolah oleh *mikrokontroller*.

Arduino nano digunakan untuk mengaktifkan pompa larutan basa jika $pH < 7,8$ dan pompa larutan asam jika $pH > 8,0$ [12]. Pompa yang digunakan pada penelitian ini hanya dikendalikan melalui *electric relay* yang dihubungkan dengan transistor, sehingga kerja *mikrokontroller* hanya mengatur *on/off* dari sistem tersebut. Perangkat lunaknya juga belum dirancang sebuah metode untuk mengontrol keluaran cairan pada *valve* maupun pompa yang digunakan. Sensor analog pH V1.0 yang digunakan juga kurang sensitif, hal ini ditunjukkan oleh adanya ketidakstabilan dari hasil kalibrasi yang dilakukan [12].

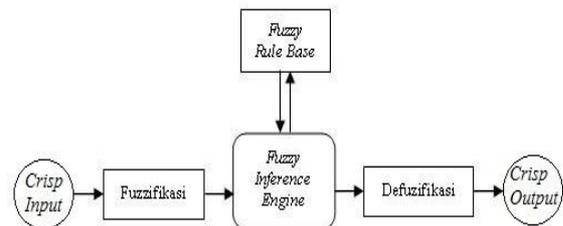
Mahasiswa Universitas Sumatera Utara, Sibarani melakukan penelitian pada tanaman hidroponik dengan media selada. Pada penelitiannya hal yang diamati adalah keseimbangan konduktivitas elektrik dan keseimbangan pH larutan nutrisi. Dari penelitiannya didapat bahwa pH larutan nutrisi dari tanaman hidroponik harus mendapat pengawasan khusus, karena apabila terdapat kondisi pH larutan tidak stabil maka akan berdampak pada tumbuh kembang tanaman [13]. Selain penelitian di atas ada pula yang melakukan penelitian hidroponik NFT terhadap tumbuhan selada dengan menggunakan metode implementasi *Fuzzy Logic Controller* untuk mengatur pH nutrisi. Salah satu parameter terpenting dari metode ini adalah mempertahankan pH nutrisi yang dipantau secara berkala. Pada penelitian ini membahas tentang bagaimana merancang sistem kontrol pH nutrisi otomatis dengan menerapkan metode *Fuzzy Logic Controller*.

Adapun sistem kontrol yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 dengan Analog pH Meter Kit sebagai masukan, serta *solenoid valve* sebagai aktuator pada sistem kontrol tersebut. Performansi respon sistem terbaik dari implementasi *Fuzzy Logic Controller* terdapat pada sistem yang memiliki 25 aturan. Dihasilkan *rise time* 1200 *milisecond* dan *time settling* pada waktu ke 5530 *milisecond* untuk menaikkan pH. Sedangkan

untuk menurunkan pH, respon sistem menunjukkan *rise time* pada waktu 2000 *milisecond* dan *time settling* pada waktu 3000 *milisecond*. Sistem mampu mempertahankan pH sebesar 5,5 dengan hasil pertumbuhan selada setinggi 20 cm dan banyak daun 7 helai selama 54 hari [11]. *Fuzzy Logic* merupakan alternatif sistem kendali modern yang mudah karena tidak perlu dicari model matematis dari suatu sistem, tetapi tetap efisien karena memiliki respon sistem yang stabil (Resmana, Ferdinando, Thiang, Widagdo., 1999). Logika *Fuzzy Logic* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh dari Universitas California di Berkeley (1965). Logika *Fuzzy Logic* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu) derajat, berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki 2 (dua) nilai yaitu 0 (nol) dan 1 (satu) serta tiga operasi dasar yaitu NOT, AND, dan OR. Logika semacam ini bisa disebut juga dengan *crisp logic*.

Secara umum dalam sistem logika *fuzzy* terdapat 4 (macam) buah elemen dasar, yaitu :

1. Basis kaid (*rule base*) yang berisi aturan aturan secara *linguistic* yang bersumber dari peneliti
2. Suatu mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*) yang memperagakan bagaimana para peneliti mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*)
3. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*) yang merubah besaran tegas (*crisp*) ke besaran *fuzzy*
4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*) yang mengubah besaran *fuzzy* hasil *inference engine* menjadi besaran tegas (*crisp*) [14].



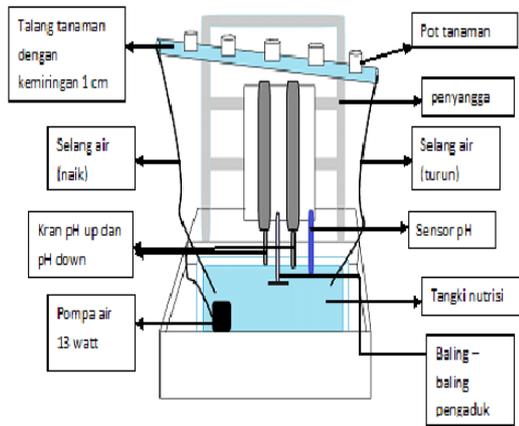
Gambar 1. Struktur FL [14]

3. Metode Penelitian

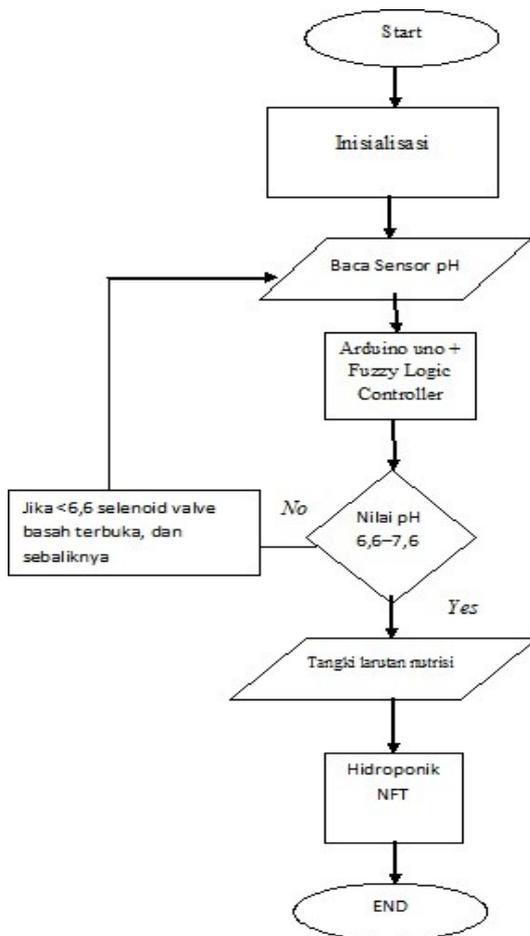
Perancangan dan Pembuatan Mekanik Modul Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)

Perancangan FLC dimulai dari merancang fungsi keanggotaan (*membership function*)

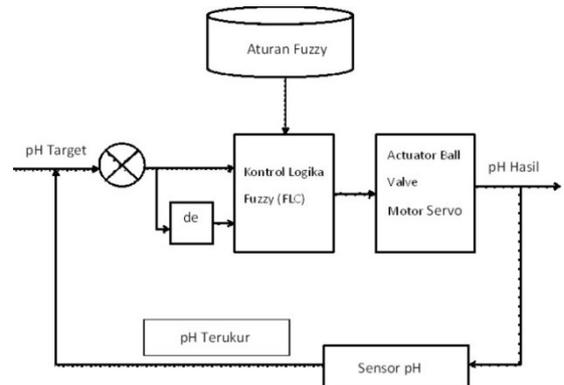
dari masukan dan keluaran, kemudian dirancang dengan basis aturan (*rule base*) dan fungsi *defuzzifikasi*. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini mengacu pada Gambar 3.7. Hasil rancangan sistem diimplementasikan dalam bentuk bahasa pemrograman C++ ke mikrokontroler arduino nano menggunakan program arduino.



Gambar 2. Modul Hidroponik NFT

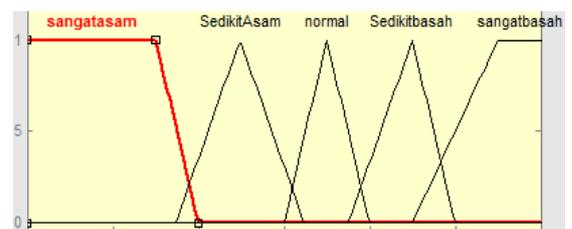


Gambar 3. Flow Chart Sistem Kendali pH

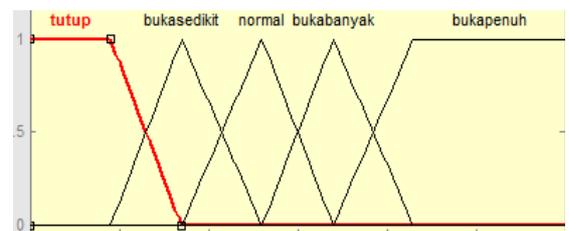


Gambar 4. Blok Diagram Sistem kontrol Fuzzy Logic Controller

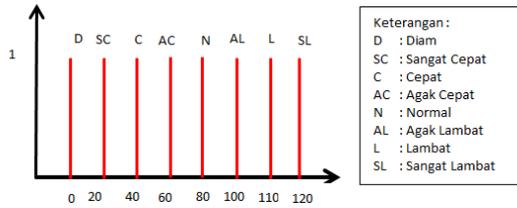
Prinsip kerjanya adalah nilai *input* terdiri dari 2 yaitu nilai pH dan sudut servo. Sensor pH akan memberikan *input* nilai pH dimana nilai pH yang diinginkan adalah 6,6-7,6. Sedangkan sudut servo disini sebagai *input* lain mulai dari kondisi tertutup sampai terbuka penuh. Dari kedua inputan tersebut akan diolah oleh FLC untuk menghasilkan *output* berupa lama waktu pembukaan dari motor servo. Fungsi keanggotaan dari *input* dan *output* mengikuti Gambar 6. Eksekusi masing-masing aturan diproses menggunakan fungsi implikasi MIN yang akan mengambil nilai paling minimal dari kedua masukan. Gambar fungsi keanggotaan 2 *input* dan 1 *output*, terdiri dari pH nutrisi (Gambar 6), sudut servo (Gambar 7), *output* (Gambar 8) sedangkan Tabel 1 merupakan *rule base* dari fuzzy sistemnya.



Gambar 5. Membership Function untuk pH Nutrisi.



Gambar 6. Membership Function untuk sudut Servo.



Gambar 7. Membership Function Output

Tabel 1. Rule Base

	Valve pH Up On		off	Valve pH Down On	
	Sangat Asam	Sedikit Asam	Normal	Sedikit Basah	Sangat Basah
Tutup	Diam	Diam	Diam	Diam	Diam
Buka Sedikit	Sangat Lambat	Lambat	Diam	Lambat	Sangat Lambat
Normal	Agak Lambat	Normal	Diam	Normal	Agak Lambat
Buka Banyak	Normal	Agak Cepat	Diam	Agak Cepat	Normal
Buka Penuh	Agak Cepat	Cepat	Diam	Cepat	Agak Cepat

4. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian Sensor pH

Tabel 2. Hasil perbandingan pengujian sensor pH dengan pH meter standar (pH-009(I)) terhadap berbagai jenis cairan

Jenis cairan	pH meter (pH-009(I))	Sensor pH (SEN0169)	Error (%)
Larutan Nutrisi	6,9	7,1	2.82
pH Buffer 6,86	6,3	6,9	8.70
pH Buffer 4,01	4,5	5,1	11.76
Cairan pH up	14,4	15,1	4.64
Cairan pH down	0,0	0,0	0.00
Air kran	6,8	7,9	13.92
Sabun Cuci Piring	7,2	7,9	8.86
Rata-rata error (%)			7,24

B. Pengujian Fuzzy Logic Controller untuk Menaikkan pH

a. Percobaan Menaikkan pH dengan Sudut Servo 60 dengan pH awal 5,7

Pada Gambar 8 terlihat bahwa kenaikan pH hingga mencapai nilai pH *set point* terjadi pada detik ke 126 dengan nilai pH 6,64. Nilai pH berada pada kondisi *steady state* pada detik ke 126-147 dengan nilai pH antara 6,63-6,65 dan memiliki nilai *overshoot* sebesar 0,3%.



Gambar 8. Grafik Respon Perubahan pH dari 5,73 Dengan Buka Servo 60 (Buka Sedikit) dan outputnya 23,24(ms).



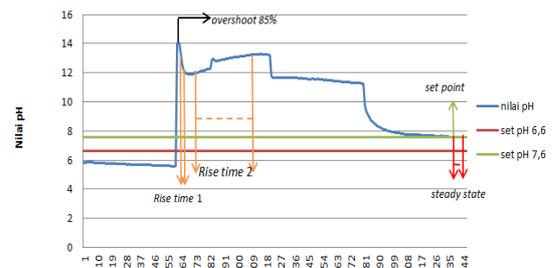
Gambar 9. Grafik Respon Perubahan pH dari 6,33 Dengan Buka Servo 60 (Buka Sedikit) dan outputnya 20,12(ms)

b. Percobaan Menaikkan pH dengan Sudut Servo 60 dengan pH awal 6,33

Gambar 9 menunjukkan grafik pada detik ke 64 nilai pH mulai naik dan mencapai nilai pH *set point* pada detik ke 97. Perubahan pH terus terjadi hingga pada detik ke 107-114 mengalami kondisi *steady state* dengan nilai pH antara 6,58-6,6. Pada detik ke 115 sistem mengalami kenaikan nilai pH menjadi 6,61, sehingga dapat disimpulkan nilai pH pada percobaan ini mengalami beberapa kali *overshoot* dengan nilai sebesar 0,15%.

c. Percobaan Menaikkan pH dengan Sudut Servo 76 dengan pH awal 5,85

Respon Perubahan pH 5,73 Dengan Buka Servo 76 (Normal) dan outputnya 80,00 (ms).



Gambar 10. Grafik Respon Perubahan pH 5,73 Dengan Buka Servo 76 (Normal) dan outputnya 80,00 (ms)

Pada detikke 63 di Gambar 10, nilai pH perlahan mulai turun. Hingga detik ke 120 nilai pH mencapai 13,23, dan sistem kembali aktif membuka kran larutan pH *down*. Pada detikke 180 nilai pH mencapai angka 9,75 dan nilai masih menunjukkan nilai >7,6 maka kran larutan penurun pH secara otomatis terbuka. Pada detik ke 235 pH mencapai nilai *set point*. Nilai pH berada pada kondisi *steady state* dari detik ke 235 hingga detik ke 239 dengan nilai pH antara 7,59-7,6. Respon sistem ini mengalami *overshoot* sebesar 85 %.

d. Perbandingan Respon Percobaan Menaikkan pH Dengan Sudut Servo 60 dan Sudut Servo 76

Tabel 3. Hasil Pengujian FLC Untuk Menaikkan pH

Respon sistem	FLC buka sedikit (sudut servo 60)		FLC buka normal (sudut servo 76)
	pH		pH
	5,73	6,33	5,85
Rise Time	40(s), 17(s)	33(s)	1(s), 46(s)
Steady State	126(s)	110(s)	235(s)
Max Overshoot	0,3 %	0,15 %	85 %

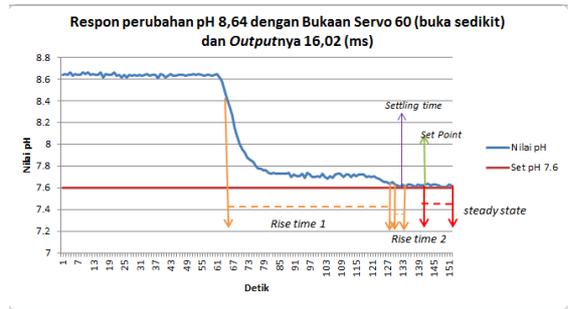
Tabel 3. menunjukkan pada pH 6,33 hanya dibutuhkan 1 kali *rise time* selama 33 detik pada detik ke 64, sedangkan pada pH 5,73 membutuhkan 2 kali *rise time* dengan *rise time* pertama selama 40 detik pada detik ke 61 dan *rise time* kedua selama 17 detik pada detik ke 121. Pada bukaan normal (sudut servo 76) dengan nilai pH awal 5,85 diketahui sistem FLC membutuhkan 2 kali *rise time* untuk mencapai nilai *set point*. *Rise time* pertama terjadi pada detik ke 61 selama 1 detik dan *rise time* kedua terjadi pada detik ke 68 selama 46 detik. Dengan demikian FLC membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai nilai *set point* pada detik ke 235. Sehingga sudut bukaan normal memiliki *overshoot* yang jauh lebih besar jika dibandingkan sudut bukaan sedikit.

C. Pengujian Fuzzy Logic Controller untuk Menurunkan pH

a. Percobaan Penurunan pH dengan Sudut Servo 60

Dari hasil pengamatan pada percobaan penurunan pH pada pembukaan sudut servo 60

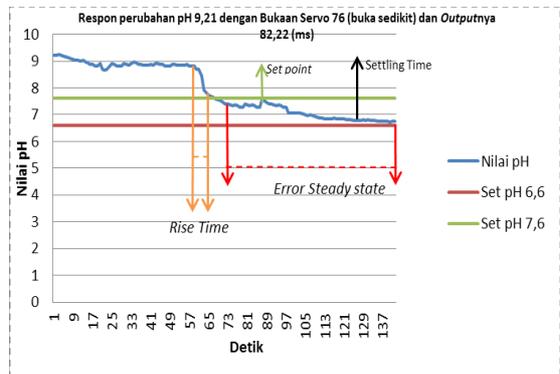
terlihat bahwa respon yang ditunjukkan oleh sensor pH stabil. Hal ini terlihat pada saat sistem menurunkan pH dari 8,64 ke *setpoint*.



Gambar 11. Grafik Respon perubahan pH 8,64 dengan Bukaan Servo 60 (buka sedikit) dan *outputnya* 16,02 (ms).

Pada detik ke 62 terlihat penurunan pH menjadi 8,62 dan pada detik ke 120 diketahui nilai pH masih belum mencapai nilai pH normal, sehingga sistem merespon bukaan kran kembali untuk pH *down*. Nilai pH mencapai *setpoint* setelah dua kali bukaan kran pada detik ke 134. Kondisi *steady state* berada pada detik ke 134 hingga 152 dengan nilai pH 7,6 – 7,62.

b. Percobaan Penurunan pH dengan Sudut Servo 76



Gambar 12. Grafik Respon perubahan pH 9,21 dengan Bukaan Servo 76 (buka sedikit) dan *outputnya* 82,22 (ms).

Pada percobaan penurunan pH dengan sudut servo 76 terlihat bahwa pada detik ke 60 nilai pH berada diatas nilai *set point* (pH diatas 7,6), sehingga sistem FLC mengaktifkan bukaan kran pH *down*. Hasilnya pada detik ke 68 mencapai *setpoint* dengan nilai pH 7,57 dan terus menunjukkan respon turun sampai pada detik ke 142 dengan nilai pH 6,75. Sistem respon mengalami *error steady state* sebesar 0,5-12,59 %.

c. Perbandingan Respon Sudut Servo 60 Dengan Sudut Servo 76

Tabel 4 Hasil Respon sistem terhadap pH >7,6

Respon sistem	FLCbuka sedikit (sudut servo 60)	FLC buka normal (sudut servo 76)
	pH	pH
	8,64	9,21
Rise Time	61(s),4(s)	7(s)
Settling time	125(s)	126(s)
Max Overshoot	0 %	12,59 %

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai *rise time* dan *maximum overshoot* berbanding terbalik yaitu semakin cepat nilai *rise time* maka akan semakin besar nilai *overshoot*. Namun semakin lama nilai *rise time* maka akan semakin kecil nilai *overshoot*. Hal ini dikarenakan sistem FLC akan lebih *smooth* jika larutan yang ditambahkan ke tangki larutan nutrisi sesuai kebutuhan, sehingga respon sistem akan membaca lebih akurat dibandingkan ketika sistem mengeluarkan *output* larutan ke tangki utama dengan volume banyak. Hal ini mengakibatkan lonjakan nilai pH yang tidak stabil.

D. Hasil Pengamatan Respon Pertumbuhan Bayam

Dari data yang didapat, diketahui pertumbuhan tertinggi terdapat pada bayam yang diberi perlakuan yaitu sebesar 24,8 cm dengan jumlah daun yang tumbuh maksimal pada hari ke-14 sebanyak 13 helai daun.



Gambar 13. Gambar 7. Pertumbuhan bayam tanpa sistem kendali *fuzzy logic control*.



Gambar 14. Pertumbuhan bayam dengan sistem kendali *fuzzy logic control*.

Tabel 5 Data Pertumbuhan Bayam Tanpa Sistem Kendali *Fuzzy Logic Control*.

Hari ke-	pH	Jumlah Daun					Tinggi Batang Bayam				
		B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B4	B5
1	6,15	2	2	2	2	2	5,3	6,1	6,4	7,3	7,9
2	6,19	3	2	2	2	2	5,7	7,4	6,9	9,4	8,3
3	6,23	3	2	2	2	2	5,9	7,5	8,1	10,3	8,8
4	6,34	4	3	3	2	3	6,4	8,3	8,6	10,7	9,4
5	6,21	5	3	3	3	4	7,7	9,4	8,9	12,4	9,7
6	6,15	5	4	5	3	4	7,9	10,2	9,3	12,9	11,1
7	6,36	6	4	5	3	5	8,4	10,7	9,8	13,2	12,0
8	6,21	7	5	5	4	6	9,6	12,6	11,3	14,6	13,4
9	6,35	7	5	6	5	7	10,1	14,1	12,6	15,8	14,6
10	6,32	7	6	6	5	7	11,8	16,8	14,7	16,9	16,2
11	6,33	8	7	6	5	7	13,3	17,1	16,9	18,1	17,1
12	6,45	8	7	8	6	8	15,6	18,5	17,8	19,7	18,3
13	6,34	8	8	8	7	8	17,7	19,3	18,4	20,2	19,9
14	6,31	9	8	9	7	8	19,2	21,6	20,4	23,1	21,8

Tabel 6 Data Pertumbuhan Bayam Dengan Sistem Kendali *Fuzzy Logic Control*

Har i Ke-	pH	Jumlah Daun					Tinggi Batang Bayam				
		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
1	6,68	2	3	2	2	2	4,6	5,9	6,1	6,8	7,1
2	6,77	3	3	2	2	2	5,6	6,3	7,2	7,3	7,8
3	6,95	4	4	2	2	2	6,3	6,9	7,8	8,6	8,3
4	6,8	4	4	3	2	3	6,9	7,6	8,3	9,8	9,5
5	7,21	5	5	4	3	4	7,2	8,7	8,9	10,3	10,2
6	7,15	5	5	5	3	4	7,6	9,3	9,1	11,4	11,9
7	6,98	6	6	5	3	5	8,0	10,2	9,7	12,6	12,5
8	6,63	7	7	7	4	6	8,8	11,9	10,4	14,3	13,6
9	6,89	9	7	8	6	7	10,6	14,2	12,9	16,7	15,2
10	7,25	9	8	9	6	8	14,8	17,1	14,6	18,3	17,7
11	7,14	10	9	9	8	10	17,1	19,7	18,2	19,6	18,2
12	6,98	12	10	10	10	11	18,5	20,4	19,7	21,4	19,4
13	7,21	13	12	10	11	12	19,2	21,6	20,8	23,6	20,1
14	7,39	13	13	10	11	12	20,3	22,2	21,7	24,8	22,5

5. Penutup

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat dirangkum dari hasil dan analisa data yang telah dilakukan antara lain :

- 1 Penelitian ini berhasil merealisasikan rancangan sistem kontrol pH nutrisi hidroponik secara otomatis menggunakan 2 buah aktuator motor servo yang dimodifikasi dengan kran/*ball valve* dan input berupa sensor analog pH DF-ROBOT (SEN0169). Selain itu pula, metode *Fuzzy Logic Controller* yang diimplementasikan pada rancangan tersebut mampu mempertahankan pH sebesar 6,6-7,6 dengan hasil pertumbuhan bayam setinggi 24,8 cm dan banyak daun 13 helai selama 14 hari.
- 2 Hasil respon terbaik dari implementasi *Fuzzy Logic Controller* terdapat pada sistem yang memiliki pembukaan sudut servo 60 (buka sedikit) dengan rise time 40 *second* dan *time settling* pada waktu ke 126 *second* untuk menaikkan pH. Sedangkan untuk menurunkan pH, *rise time* diperoleh selama dua kali yaitu selama 61 *second* dan aktifitas system yang kedua selama 4 *second* dan *time settling* pada waktu 125 *second*.
- 3 Karakteristik dari tanaman bayam begitu rentan dengan perubahan suhu dan kelembaban udara oleh karena itu saat penelitian terjadi tiga kali penggantian bayam dikarenakan bayam yang sudah ada mati.

B. Saran

Pada penelitian ada beberapa hal yang perlu dikembangkan lagi diantaranya :

1. Menerapkan metode otomatis dengan fuzzy untuk jenis tanaman yang lain.
2. Membuat prototype hidroponik dengan kendali fuzzy dengan skala yang besar.
3. Melengkapi sistem otomatis untuk hidroponik ini dengan komunikasi sms sehingga sistem bisa dimonitor jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djoko sujarto, (1985), "Beberapa Pengertian Tentang Perencanaan Fisik", Penerbit Bharata Karya Aksara, jakarta
- [2] www.bps.go.id. (2011) *Statistik Jumlah Penduduk Surabaya 2011*. Diakses pada 8 Maret 2016
- [3] www.dispendukcapilsurabaya.go.id. 2016. *Jumlah Penduduk Surabaya*. Diakses pada 8 Maret 2016
- [6] Hadian, D.S.M. et al, (2006), "Sebaran Akuifer dan Pola Aliran Air Tanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tanggerang". *Provinsi Banten. Jurnal Geologi Indonesia*, Vol.1 No. 3 September 2006
- [7] Rodiah, I.S. (2014), "Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik" *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo* Vol.1 No.2
- [8] Krismawati. A, (2012), *Teknologi Hidroponik Dalam Pemanfaatan Lahan Pekarangan*. BPTP. Malang
- [9] Untung, O. (2001), *Hidroponik Sayuran Sistem NFT (Nutrient Film Technique)*. Penebar Swadaya. Jakarta
- [10] www.tabloidpeluangusaha.com. 2015. *Tips Memulai Usaha Hidroponik*. Diakses pada 8 Maret 2016
- [11] Pancawati Dian, Andik Yulianto, (2016), "Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi Pada Sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)", *Jurnal Nasional Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Vol.5 No.2, Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang*, ISSN: 2302-2949, p278-p289
- [12] Saidul (2014), "Pengontrolan pH Air Secara Otomatis Pada Kolam Pembenihan Ikan Kerapu Macan Berbasis Arduino", *Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Kepulauan Riau*
- [13] Sibarani, (2005) "Analisis Sistem Irigasi Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) pada Budidaya Tanaman Selada", *Universitas Sumatera Utara*.

- [14] <http://nurmuhlis.wordpress.com>. 2015.
fuzzy logic. Diakses tanggal 2 Agustus
2016

