

Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*

Sotyohadi,* Wahyu Surya Dewa, I Komang Somawirata

Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, Kampus 2 Jalan Raya Karanglo Km.2 Malang, Indonesia

*sotyohadi@lecturer.itn.ac.id

Kata Kunci :

Hidroponik
Sensor PH
Sensor TDS
Fuzzy Logic

ABSTRAK

Hidroponik merupakan salah satu metode pertanian yang sering diterapkan oleh para petani modern saat ini. Metode ini memiliki banyak sekali keunggulannya, salah satunya dapat ditanam ditempat yang terbatas dan hanya membutuhkan media pertumbuhan dengan menggunakan air dan nutrisi. Akan tetapi ada satu aspek yang perlu di perhatikan dalam berhidroponik yaitu nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Nutrisi ini terdiri dari PH dan TDS. Kandungan ini sangatlah berpengaruh pada proses pertumbuhan tanaman, maka dari itu ada besaran idealnya agar tanaman bias tumbuh secara maksimal. Untuk kandungan PH sekitar 5,5 – 6,5 PH dan TDS sekitar 1050 – 1200 PPM. Maka dari itu penulis membuat suatu alat yang bias mengatur kandungan TDS dan PH secara otomatis menggunakan metode fuzzy logic agar didapat besaran TDS dan PH yang ideal. Hasil yang didapatkan pada saat pengujian, fuzzy logic dapat berfungsi dengan menghasilkan pengukuran pada sensor PH yang memiliki error sekitar 4,83% dari nilai 5,5 – 6,5. Sedangkan untuk untuk pengujian sensor TDS memiliki error sebesar 8,29% dari nilai 1050 – 1200 ppm.

Hydroponics is one of the agricultural methods that are often applied by modern farmers today. This method has a lot of advantages, namely can be cultivated in limited space and only requires growth media in the form of water with nutrients. However, one of aspect that needs to be considered in hydroponics is plant nutrition. In order to improve the quality and growth of hydroponics plat, the nutrient content of PH and TDS should be in around PH 5.5 - 6.5 and TDS around 1050 - 1200 ppm. Nutrient content is very influential on the process of plant growth. Therefore, to maintain the level of nutrient in water always in optimal state, a control system is needed. In this research an automatic regulator using fuzzy logic method is design and implemented to control the content of TDS and PH. The utilization of fuzzy logic methods is to obtain the ideal quantities of PH and TDS. The result obtained, for the PH after measurement has 4.83% error in the value of 5.5 – 6.5 and the error for TDS is 8.29% in the value 1050 -1200 ppm.

1. Pendahuluan

Hidroponik adalah suatu metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah (I.s Roidah, 2014). Nutrisi pada hidroponik diperoleh dengan mencampurkan formula cair A dan B, yang biasa disebut dengan pupuk AB Mix. Pupuk ini mengandung unsure hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman hidroponik. Kelebihan menggunakan metode hidroponik adalah hasil produksi yang tinggi, tanaman bisa tumbuh lebih cepat, resiko terkena hama juga bisa dikurangi, serta resiko terhindar dari bencana banjir dan ketergantungan pada kondisi alam. Selain itu cara bertanam dengan hidroponik bisa diterapkan pada daerah yang minim lahan. Menurut penelitian (Pancawati dan Yulianto, 2016) menerangkan bahwa kadar PH nutrisi hidroponik dapat berpengaruh pada daya serap unsure hara ke akar tanaman hidroponik. PH ideal pada tanaman hidroponik rata-rata berkisar 5,5 – 6,5. Adapun dampak jika PH nutrisi hidroponik tidak stabil yang berkisar pada PH antara 3 – 5 dengan suhu diatas 26°C, akan mengakibatkan tumbuhnya jamur dan mengakibatkan akar membusuk. Begitu juga jika TDS pada hidroponik tidak stabil akan mengakibatkan daun menguning dan layu, tanaman menjadi kerdil dan pertumbuhan tanaman menjadi lambat. Maka dari itu dengan mengimplimentasikan *fuzzy logic* untuk mengatur PH pada kandungan nutrisi hidroponik diharapkan mampu mempertahankan nilai PH sesuai dengan yang ditetapkan. Akan tetapi pada penelitian tersebut hanya terfokus untuk mengatur kandungan PH nutrisi saja, dan tidak mengatur untuk kandungan TDS nutrisinya. Padahal pengaruh TDS sangat penting bagi pertumbuhan tanaman hidroponik.

Oleh sebab itu, dari beberapa permasalahan diatas dikembangkannya suatu alat yang dapat mengatur PH dan TDS pada larutan nutrisi hidroponik secara otomatis dan dapat mempertahankan kandungan nutrisi pada nominal yang optimal. Penerapan metode *fuzzy logic* pada alat ini bertujuan agar pemberian nutrisi dapat disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman..

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Hidroponik

Hidroponik terdiri dari kata *Hydro* dan *Phonic*. *Hydro* yang berarti air, dan *Phonic* yang berarti pengerjaan. Sehingga secara umum hidroponik berarti metode pertanian yang menggunakan media air yang berisi larutan nutrisi. Keunggulan metode hidroponik dapat diaplikasikan pada lahan yang sempit, hasil pertanian banyak, menekan penggunaan pestisida, dan tidak tergantung dengan iklim ataupun cuaca.

2.2 Sensor PH

Sensor PH merupakan sensor untuk mendeteksi derajat keasaman dan kebasaan pada sebuah larutan atau cairan. Ph diukur dalam rentang skala 0 – 14 ph, derajat keasaman dan kebasaan dinyatakan netral apabila skala berada pada 7 ph. Sensor ph yang digunakan pada penelitian ini berjenis sensor ph yang menggunakan elektroda gelas. Elektroda ini tersusun dari batang yang terbuat dari gelas yang terisolasi dengan baik. Dan membran gelang yang berinding tipis yang sensitif terhadap ion H⁺. Elemen sensor ph terdapat di tengah dan di lingkupi cairan perak

– perak klorida (Ag-AgCl). Bagian bawah dari elemen sensor ini berhubungan dengan membrane gelas dan berisi larutan perak – perak klorida.

2.3 Sensor TDS

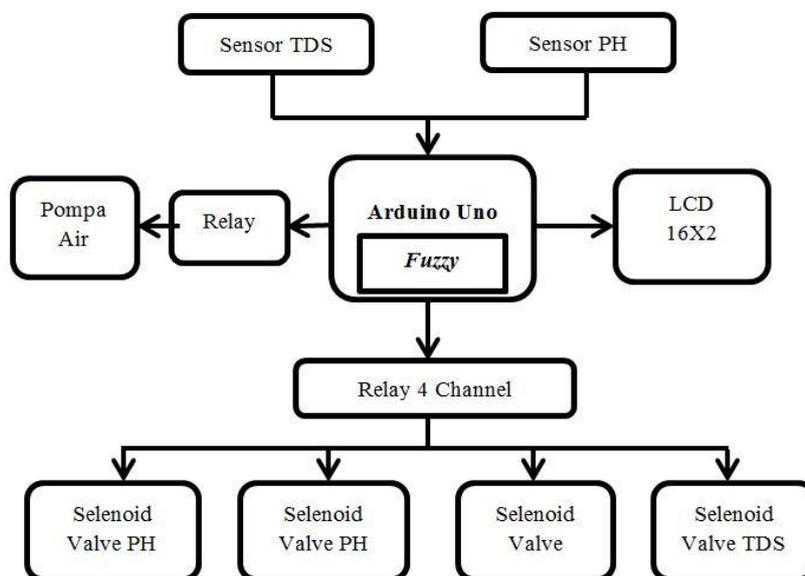
Sensor TDS merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jumlah zat padat yang terlarut pada sebuah cairan baik berupa ion organik, senyawa, maupun koloid dalam air yang terhitung dalam satuan ppm (*part per million*).

2.4 Selenoid Valve

Selenoid valve merupakan katup yang dikendalikan oleh koil atau kumparan. *Selenoid valve* akan bekerja jika koil atau kumparan mendapat tegangan yang sesuai dengan tegangan kerja *selenoid valve*. Jika ada arus yang mengalir pada kumparan, maka kumparan akan menghasilkan medan magnet yang akan menarik logam pada kumparan ke atas yang akan membuka katup untuk mengalirkan cairan dari *input valve* ke *output valve*. Semua angka harus diberi nomor (1,2,3...). Setiap gambar harus ada keterangannya. Semua foto, skema, grafik dan diagram harus disebut sebagai angka. Gambar harus beresolusi tinggi, memiliki kualitas yang bagus. Huruf atau simbol harus didefinisikan dengan jelas, keterangan gambar harus tertulis dengan baik dan merupakan bagian dari gambar. Nomor dan keterangan gambar harus diletakkan dibawah gambar dengan besar huruf 8 pt dan terletak ditengah gambar. Sebagai contoh anda dapat melihat pada gambar 1 dibawah ini

3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan Sistem Keseluruhan



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Keseluruhan

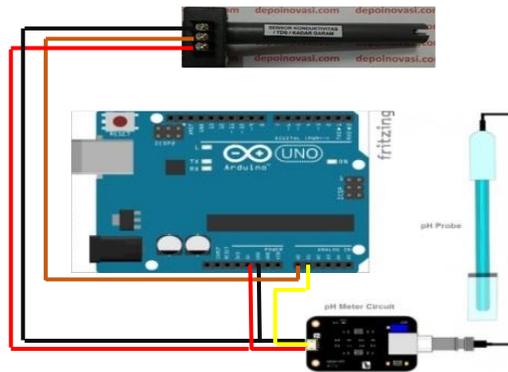
Pada gambar blok diagram diatas, sensor TDS dan sensor PH difungsikan untuk membaca kandungan TDS dan PH pada bak penampungan air nutrisi hidroponik. Nilai keluaran yang

dihasilkan sensor TDS dan sensor PH dijadikan sebagai masukan ke arduino kemudian di proses menggunakan logika *fuzzy*. Dan hasil dari perhitungan *fuzzy logic* dijadikan sebagai nilai untuk mengaktifkan relay selama waktu yang ditentukan oleh *fuzzy logic*. Nilai kandungan TDS dan PH nutrisi dapat di monitoring di LCD 16x2. Sistem ini juga mengatur penyalan pompa air dalam waktu tertentu.

3.2. Perancangan Hardware

Pada perancangan *hardware* dibagi menjadi tiga bagian yaitu: bagian sensor, bagian aktuator dan bagian monitoring.

1. Bagian Sensor

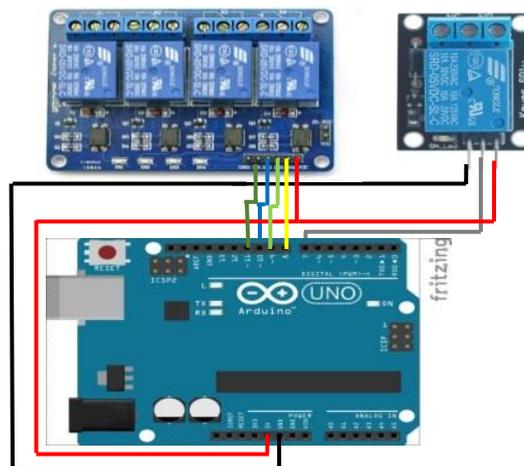


Gambar 2. Hubungn Sensor dengan Kendali Mikro

Tabel 1. Konfigurasi Pin Bagian Sensor

No	Sensor	Pin	Pin di Arduino
1	Sensor TDS (Total Dissolved Solid)	VCC	5V
		GND	GND
		DATA	A0
2	Sensor PH	VCC	5V
		GND	GND
		DATA	A1

2. Bagian Aktuator

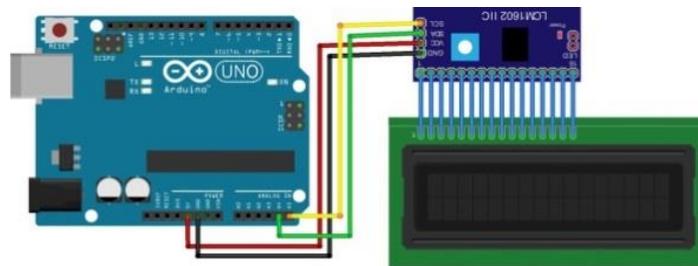


Gambar 3. Bagian Aktuator

Tabel 2. Konfigurasi Pin Bagian Aktuator

No	Aktuator	Pin	Pin di Arduino
1	Relay channel (pompa air)	1	GND
			IN
			VCC
2	Relay channel (Solenoid Valve)	4	GND
			IN1
			IN2
			IN3
			IN4
			VCC

3. Bagian Monitoring

**Gambar 4. Bagian Monitoring****Tabel 3. Konfigurasi pin Bagian Monitoring**

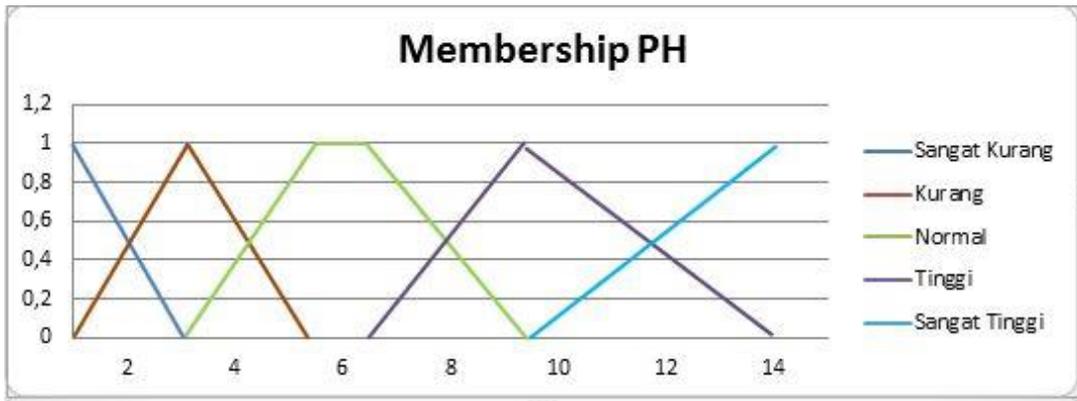
Pin I2c LCD 16X2	Pin Pada Arduino
GND	GND
VCC	5V
SDA	A4
SCL	A5

3.3. Perancangan Fuzzy Logic

Adapun beberapa tahapan-tahapan yang harus dilakukan untuk merancang *fuzzy logic*, antara lain :

1. Fuzzyfikasi

a. Menentukan membership Function PH

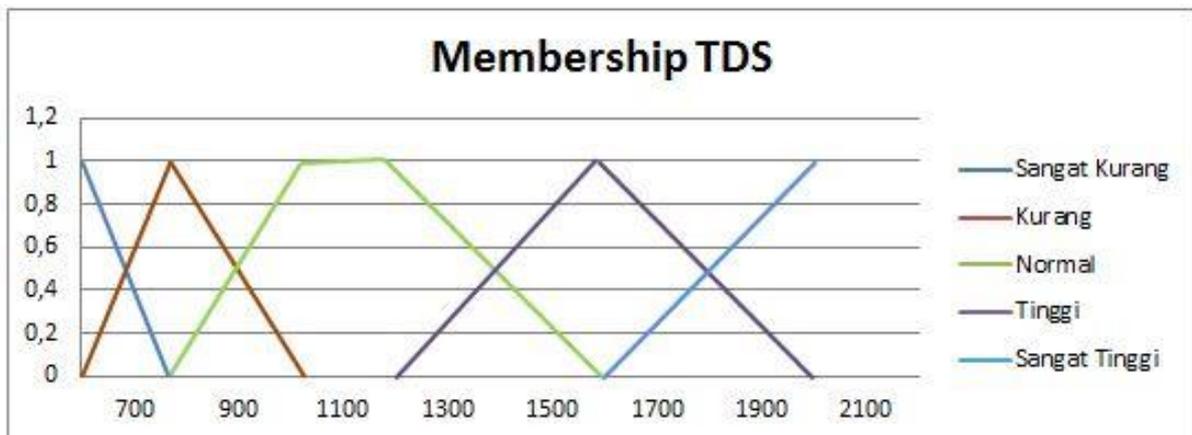


Gambar 5. Membership Function PH

Tabel 4. Range Membership Function PH

No	Keterangan	Range		
		a	b	c
1	Sangat Kurang	-	0	3
2	Kurang	0	3	5.5
3	Normal	3	5.5 – 6.5	9.5
4	Tinggi	6.5	9.5	14
5	Sangat Tinggi	9.5	14	-

b. Membership Function TDS



Gambar 6. Membership Function TDS

Tabel 5. Range Membership Function TDS

No	Keterangan	Range		
		a	b	c
1	Sangat Kurang	-	500	750
2	Kurang	500	750	1050
3	Normal	750	1050-	1600
			1200	
4	Tinggi	1200	1600	2000
5	Sangat Tinggi	1600	2000	-

2. Interference System

Pada tahap ini akan dilakukan suatu penalaran yang menghubungkan inputan *fuzzy* dengan *rule fuzzy*.

a. Rule untuk nilai TDS

IF TDS Sangat Tinggi Then TDS UP Diam AND TDS Down Lama

IF TDS Tinggi Then TDS UP Diam AND TDS Down Sedang

IF TDS Normal Then TDS UP Diam AND TDS Down Diam

IF TDS Kurang Then TDS UP Sedang AND TDS Down Diam

IF TDS Sangat Kurang Then TDS UP Lama AND TDS Down Diam

b. Rule untuk nilai PH

IF PH Sangat Tinggi THEN PH UP Diam AND PH DOWN Lama

IF PH Tinggi THEN PH UP Diam AND PH DOWN Sedang

IF PH Normal THEN PH UP Diam AND PH DOWN Diam

IF PH Kurang THEN PH UP Sedang AND PH DOWN Diam

IF PH Sangat Kurang THEN PH UP Lama AND PH DOWN Diam

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah Merubah nilai *fuzzy* kenilai yang asli

Adapun persamaan untuk defuzzifikasi

$$\text{output} = \frac{(a_1 \times z_1) + (a_2 \times z_2) + (a_3 \times z_3) + \dots (a_n \times z_n)}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots a_n}$$

Keterangan Persamaan :

Output : Nilai yang digunakan untuk menyalakan relay

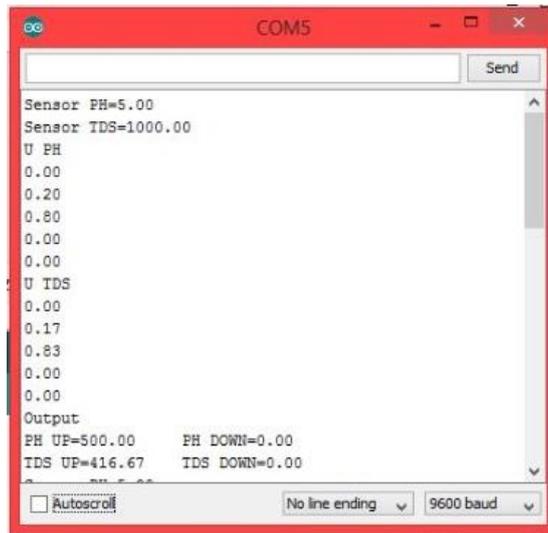
a_n : hasil dari proses fuzzyfikasi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengujian Fuzzy Logic

Pada tahap pengujian *fuzzy logic* ini membandingkan hasil dari program *fuzzy logic* di arduino dengan perhitungan secara manual.

Pada pengujian ini menggunakan nilai PH sebesar 5 PH dan nilai TDS 1000 ppm.

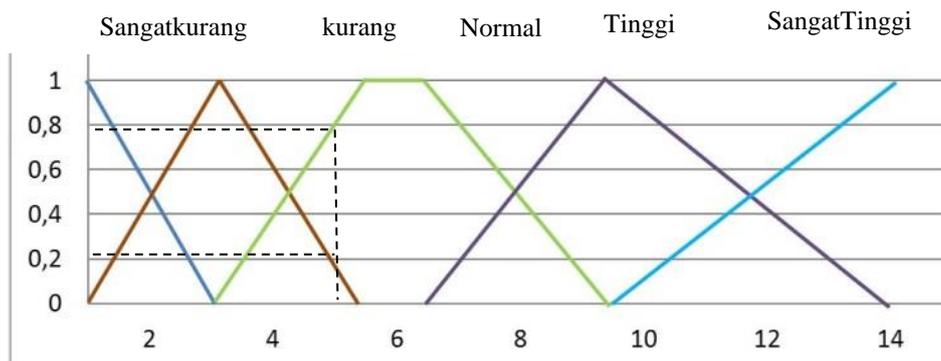


Gambar 7. Hasil Percobaan Fuzzy Logic

Pada Gambar 7 diatas merupakan hasil dari serial monitor pada program arduino. Jika nilai PH sebesar 5 PH dan nilai TDS sebesar 1000 PPM maka output untuk nilai PH yang dihasilkan PH UP sebesar 500 dan PH DOWN sebesar 0. Dan untuk nilai TDS yang dihasilkan TDS UP sebesar 416.67 dan PH DOWN sebesar 0.

Dan hasil perhitungan manual dengan nilai PH sebesar 5 PH dan nilai TDS sebesar 1000 PPM.

a. Perhitungan Untuk nilai PH sebesar 5 PH



Gambar 8. Perhitungan nilai 5 PH

Maka : $\mu_{Kurang}(5) = 0.2$
 $\mu_{Normal}(5) = 0.8$

Rule yang didapat :

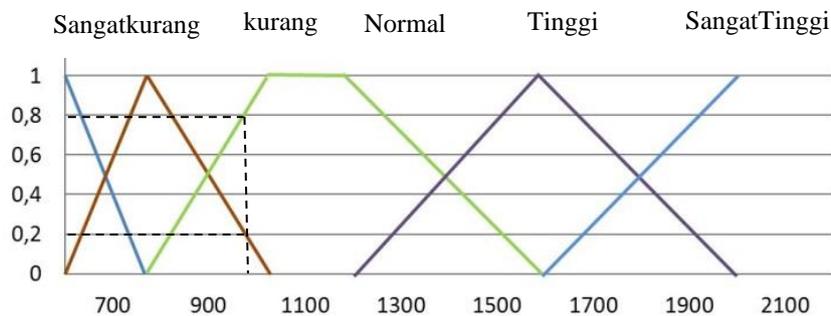
- IF PH Kurang THEN PH UP Sedang(2500) AND PH DOWN Diam(0)
- IF PH Normal THEN PH UP Diam(0) AND PH DOWN Diam(0).

Hasil Persamaan Output

$$PH\ UP = \frac{(0.2 \times 2500) + (0.8 \times 0)}{0.2 + 0.8} = 500$$

$$PH\ DOWN = \frac{0}{0.2 + 0.8} = 0$$

b. Perhitungan untuk nilai TDS Sebesar 1000 PPM



Gambar 9. Perhitungan nilai 1000 PPM

Maka : $\mu_{Kurang}(1000) = 0.17$

$\mu_{Normal}(1000) = 0.83$

Rule yang didapat :

- IF TDS Kurang THEN TDS UP Sedang(2500) AND TDS DOWN Diam(0)
- IF TDS Normal THEN TDS UP Diam(0) AND TDS DOWN Diam(0).

Hasil Persamaan Output

$$TDS\ UP = \frac{(0.17 \times 2500) + (0.83 \times 0)}{0.17 + 0.83} = 425$$

$$TDS\ DOWN = \frac{0}{0.17 + 0.83} = 0$$

Tabel 6. Pengujian *Fuzzy Logic* PH

No	Nilai PH	Hasil pada Arduino		Hasil Perhitungan	
		UP	DOWN	UP	DOWN
1	5	500	0	500	0
2	7	0	416.67	0	425
3	8.5	0	1666.67	0	1675

Tabel 7. Percobaan *Fuzzy Logic* untuk Nilai TDS

No	Nilai TDS	Hasil pada Arduino		Hasil Perhitungan	
		UP	DOWN	UP	DOWN
1	1000	416.67	0	425	0
2	700	3000	0	3000	0
3	1750	0	3437.5	0	3425

4.2. Pengujian *Sensor PH*

Pada tahap melakukan pengujian sensor ph ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari pembacaan sensor ph. Dimana sensor ph ini berfungsi untuk mengetahui derajat keasaman pada

larutan nutrisi hidroponik. cairan yang digunakan untuk merubah PH larutan adalah cuka dan larutan ph up. Agar didapatkan kandungan ph yang berbeda-beda pada setiap larutan.

Tabel 8. Pengujian Sensor PH

No	Larutan	PH Meter	Sensor PH	Error (%)
1	Kran + 5ml cuka	3.7	3.97	7.29
2	Kran	6.2	6.5	4.83
	Kran + PH Up 5ml	9.7	9.93	2.37
Rata – Rata Error (%)				4.83

4.3. Pengujian Sensor TDS

Pada pengujian Sensor TDS ini difokuskan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan pupuk yang terlarut pada cairan nutrisi tanaman hidroponik. cairan yang di gunakan untuk merubah kandungan TDS larutan adalah pupuk AB mix yang di larutan ke air kran dengan komposisi yang berbeda-beda. Agar bisa mendapat beragam nilai pada setia larutan percobaan.

Tabel 9. Pengujian Sensor TDS

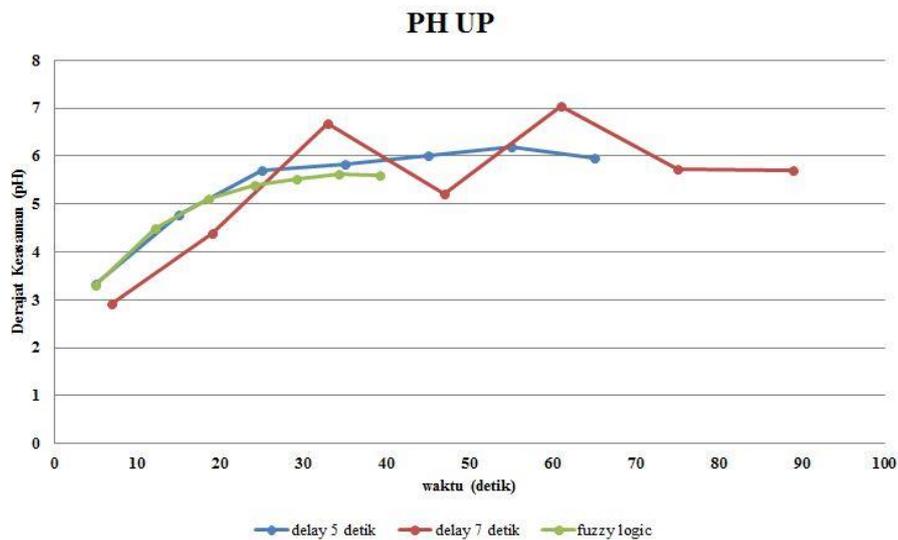
No	Larutan	TDS Meter	Sensor TDS	Error (%)
1	Kran	311	282.47	9.17
2	Kran + 1ml pupuk	607	628.47	3.53
3	Kran + 3ml pupuk	726	814.477	12.18
Rata – Rata Error (%)				8.29

4.4. Pengujian Keseluruhan

Pada Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem untuk menaikkan dan menurunkan PH, menaikkan dan menurunkan TDS. Menggunakan *fuzzy logic* atau tidak memakai *fuzzy logic*

1. Pengujian menaikkan kandungan PH

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ph pada setiap pemberian cairan PH UP. Pada percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan, yaitu: selama 5 detik, selama 7 detik dan menggunakan *fuzzy logic*.



Gambar 10. Pengujian untuk menaikkan PH

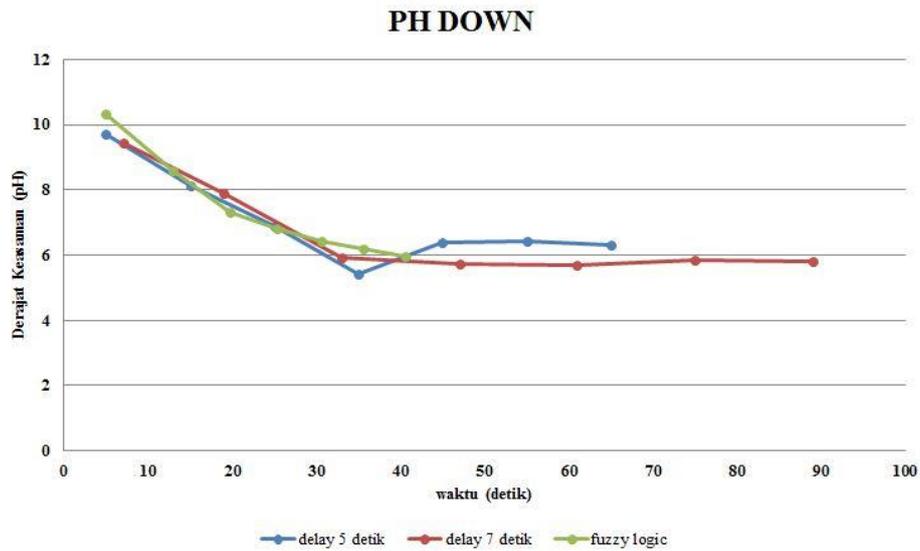
Tabel 10. Pengujian Menaikkan PH

No	Delay 5 Detik		Delay 7 Detik		Fuzzy Logic	
	Waktu (detik)	Nilai (PH)	Waktu (detik)	Nilai (PH)	Waktu (detik)	Nilai (PH)
1	5	3,32	7	2,91	5	3,31
2	15	4,77	19	4,38	12,19	4,48
3	25	5,69*	33	6,69	18,61	5,12
4	35	5,84*	47	5,21	24,11	5,38
5	45	6,02*	61	7,04	29,23	5,53*
6	55	6,18*	75	5,73*	34,23	5,62*
7	65	5,97*	89	5,69*	39,23	5,59*

Ket * : nilai yang sudah mencapai nilai ideal

2. Pengujian Menurunkan Kandungan PH

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ph pada setiap pemberian cairan PH DOWN. Pada percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan, yaitu: selama 5 detik, selama 7 detik dan menggunakan *fuzzy logic*.



Gambar 11. Pengujian Menurunkan PH

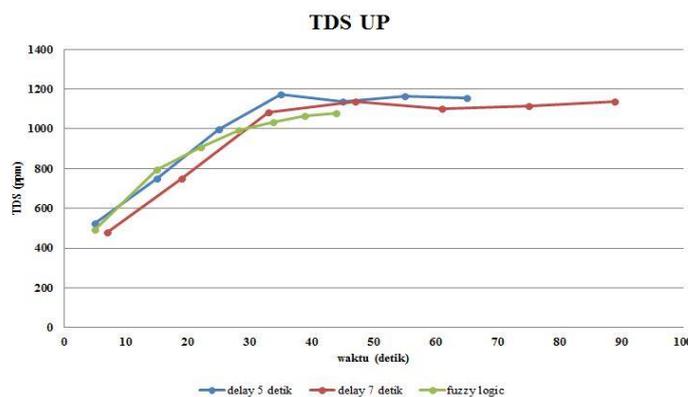
Tabel 11. Pengujian Menurunkan PH

No	Delay 5 Detik		Delay 7 Detik		Fuzzy Logic	
	Waktu (detik)	Nilai (PH)	Waktu (detik)	Nilai (PH)	Waktu (detik)	Nilai (PH)
1	5	9,72	7	9,44	5	10,34
2	15	8,14	19	7,88	12,97	8,57
3	25	6,87	33	5,91*	19,7	7,31
4	35	5,43	47	5,72*	25,375	6,8
5	45	6,38*	61	5,69*	30,625	6,41*
6	55	6,42*	75	5,84*	35,625	6,21*
7	65	6,29*	89	5,79*	40,625	5,97*

Ket * : nilai yang sudah mencapai nilai ideal

3. Pengujian Menaikkan Kandungan TDS

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ph pada setiap pemberian cairan TDS UP. Pada percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan, yaitu: selama 5 detik, selama 7 detik dan menggunakan *fuzzy logic*.



Gambar 12. Pengujian Menaikkan Kandungan TDS

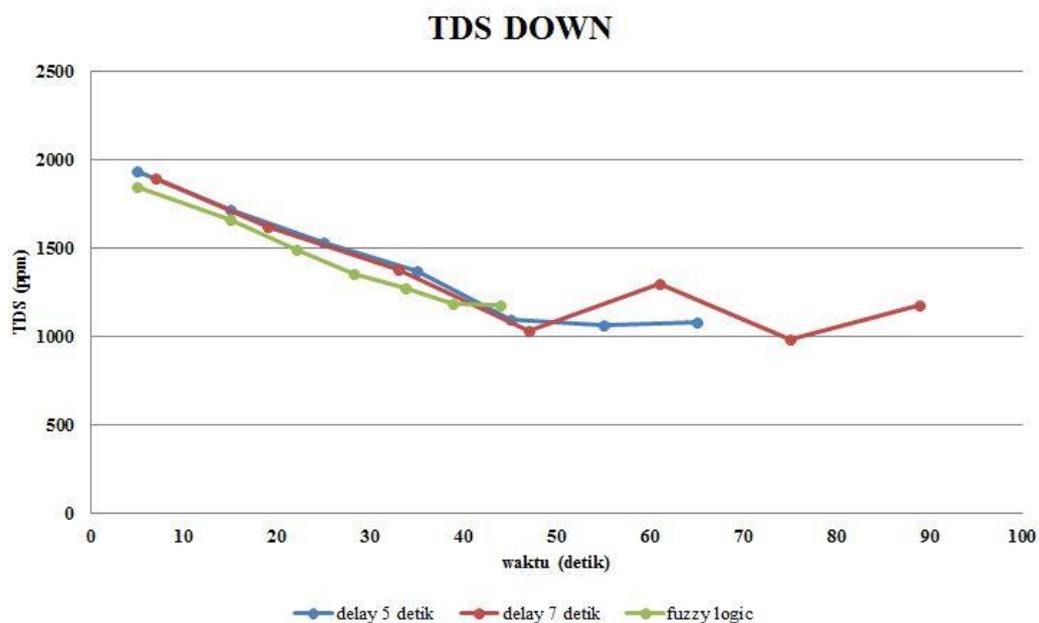
Tabel 12. Pengujian Menaikkan Kandungan TDS

No	Delay 5 Detik		Delay 7 Detik		Fuzzy Logic	
	Waktu (detik)	Nilai (ppm)	Waktu (detik)	Nilai (ppm)	Waktu (detik)	Nilai (ppm)
1	5	524,84	7	478,77	5	492,85
2	15	749,13	19	751,58	15	793,71
3	25	998,03	33	1082,33*	22,14	908,14
4	35	1174,11*	47	1136,47*	28,32	991,53
5	45	1135,17*	61	1103,12*	33,812	1032,08
6	55	1164,01*	75	1114,07*	38,962	1064,19*
7	65	1154,86*	89	1135,76*	43,962	1078,76*

Ket * : nilai yang sudah mencapai nilai ideal

4. Pengujian Menurunkan Kandungan TDS

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ph pada setiap pemberian cairan TDS DOWN. Pada percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan, yaitu: selama 5 detik, selama 7 detik dan menggunakan *fuzzy logic*.



Gambar 13. Pengujian Menurunkan Kandungan TDS

Tabel 13. Pengujian Menurunkan Kandungan TDS

No	Delay 5 Detik		Delay 7 Detik		Fuzzy Logic	
	Waktu (detik)	Nilai (ppm)	Waktu (detik)	Nilai (ppm)	Waktu (detik)	Nilai (ppm)
1	5	1931,41	7	1897,13	5	1843,26
2	15	1715,32	19	1621,7	15	1662,91
3	25	1528,73	33	1380,87	22,14	1490,27
4	35	1374,08	47	1032,06	28,32	1352,44
5	45	1097,31*	61	1294,77	33,812	1277,25

6	55	1068,3*	75	986,36	38,962	1185,03*
7	65	1076,86*	89	1174,02*	43,962	1173,67*

Ket * : Nilai yang mencapai nilai ideal

5. Kesimpulan

Dari hasil Pengujian sistem pengatur nutrisi menggunakan *fuzzy logic* dan tanpa menggunakan *fuzzy logic*. Dapat disimpulkan jika menggunakan *fuzzy logic* sistem dapat bekerja lebih efektif karena waktu untuk mencapai nilai ideal lebih cepat rata-rata sekitar kurang dari 40 detik dan resiko untuk kelebihan pemberian cairan pengubah nutrisi lebih kecil dibanding tanpa menggunakan *fuzzy logic* selama 5 detik maupun selama 7 detik dimana untuk mencapai nilai ideal hampir 90 detik dan resiko kelebihan cairan pengubah nutrisi sangat besar.

Tabel diletakkan di tengah, sesuai dengan kalimat yang ada dalam artikel. Setiap tabel harus mempunyai judul dan nomor tabel berurutan, ditulis di atas setiap tabel pada posisi tengah dengan font tulisan serupa dengan gambar. Tabel ditulis **dengan diawali huruf kapital**. Garis hanya dicetak untuk tampilan horisontal yang terdapat pada tabel. Garis tebal dicetak diatas tabel dan dibawah tabel. Serta pada kepala tabel yang membedakan dengan isi tabel. Lihat contoh dibawah ini untuk memudahkan.

Tabel 1 – Contoh sebuah tabel

Contoh tabel	Kolom A	Kolom B
Rata kiri	(t)	(t)
Komponen satu	1	2
Komponen dua	3	4
Dan seterusnya	5	6

Daftar Pustaka

I. S. Roidah, "Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik," *J. Univ. Tulungagung BONOROWO Tahun*, vol. 1, no. 2, pp. 43–50, 2014.

A. Rakhman, B. Lanya, R. A. B. Rosadi, and M. Z. Kadir, "Pertumbuhan Tanaman Sawi Menggunakan Sistem Hidroponik Dan Akuaponik the Growth of Mustard Using Hydroponics and Aquaponics Systems," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 4, no. 4, pp. 245–254, 2015.

D. Pancawati and A. Yulianto, "Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 278–289, 2016.

A. W. Wicaksono, E. R. Widasari, and F. Utamingrum, "Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring pH pada Tanaman Kentang Aeroponik secara Wireless," vol. 1, no. 5, pp. 386–398, 2017.

R. Zamora, Wildian, and Harmadi, "Perancangan Alat Ukur TDS (Total Dissolved Solids) Air dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time," *J. Sains dan Teknol.*, vol. VII, no. 1, pp. 11–15, 2015.

Diah Yulita Ningrum, Sugeng Triyono, and Ahmad Tusi, " Pengaruh Lama Aerasi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*) Pada Hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). " Vol.3, No.1:83-90. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 2014.