

Perancangan Sistem Pengatur *Electrical Conductivity* (EC) Air Menggunakan Kendali Logika Fuzzy

Ahmad Rifai¹, Sarmayanta Sembiring², Al Farissi³, Donny Giovanna Karo Karo⁴
 Sistem Informasi¹, Sistem Komputer^{2,4}, Teknik Informatika³
 Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km 32 Indralaya Ogan Ilir

Rifai.bae@gmail.com¹, yanta@unsri.ac.id², alfarissi.ilkom@gmail.com³, Donnygiokarokaro@gmail.com⁴

Abstrak. Telah dirancang sebuah sistem pengatur *Electrical Conductivity* (EC) air dengan menggunakan kendali logika fuzzy. Sistem pengatur ini berfungsi untuk memutuskan banyaknya volume air dengan EC rendah/tinggi yang harus ditambahkan untuk mencapai EC air pada penampungan sesuai dengan target yang di inputkan. Penambahan air dengan EC rendah/tinggi dilakukan dengan mengalirkannya menggunakan pompa DC dan dideteksi menggunakan *water flow sensor* dengan penutup aliran menggunakan solenoid valve untuk memastikan volume air yang dialirkan telah sesuai dengan hasil sistem pengatur. Input sistem ini terdiri dari nilai EC air penambah (air dengan EC rendah dan air dengan EC tinggi), target EC air pada penampungan yang diinputkan dengan keypad 4x4, nilai EC air pada penampungan yang dideteksi sensor Konduktivitas, dan volume air pada penampungan yang dideteksi dengan menggunakan sensor ultrasonik. Hasil pengujian menunjukkan sistem telah dapat berjalan dengan baik, dimana sistem dapat mendeteksi volume air dengan menggunakan sensor ultrasonik dengan error rata-rata penditeksian jarak sebesar 1,92%, penditeksi EC dengan menggunakan sensor Konduktivitas telah dapat menditeksi EC dengan error rata-rata sebesar 1,91%, sistem pengatur volume penambah telah berfungsi dengan baik dengan error rata-rata sebesar 1,87% dan kendali logika fuzzy telah dapat mengambil keputusan banyaknya volume penambah yang harus diberikan untuk mencapai EC target pada penampungan dengan error rata-rata terhadap pengukuran EC setelah hasil pencampuran sebesar 4,17%.

Kata Kunci: Kendali logika fuzzy, *electrical conductivity* (EC), *water flow sensor*, *solenoid valve* dan sensor Konduktivitas

1 Pendahuluan

Bercocok tanam selain sebagai salah satu usaha juga menjadi hoby bagi sebagian orang. Selain menyalurkan hoby bercocok tanam jenis sayuran dapat memberikan hasil berupa sayuran yang dapat dikonsumsi dan memiliki nilai ekonomis. Keterbatasan lahan didaerah perkotaan menjadi hambatan dalam bercocok tanam secara konvensional. Bercocok tanam dengan metode hidroponik memiliki keunggulan secara kualitas dan kuantitas produksi lebih baik, hasil lebih bersih, efisiensi air dan pupuk, penanggulangan hama lebih mudah dan penggunaan lahan menjadi lebih efisien [1]. Penggunaan lahan yang lebih efisien menjadikan model bercocok tanam hidroponik mulai banyak digemari terutama pada daerah perkotaan.

Hidroponik merupakan suatu metode bercocok tanam selain menggunakan media tanah, hal ini dapat dilakukan karena fungsi tanah sebagai pendukung akar tanaman dan perantara nutrisi dapat diganti dengan cara mengalirkan atau menambah nutrisi, air dan oksigen melalui media seperti batu apung, kerikil, pasir, sabut kelapa, potongan kayu atau busa [2]. Kunci utama dalam pemberian nutrisi pada tanaman pada sistem hidroponik terletak pada pengontrolan EC menggunakan alat *Electrical Conductivity* (EC) meter. EC digunakan untuk mengetahui cocok tidaknya nutrisi untuk tanaman, keberhasilan produksi sangat ditentukan kualitas nutrisi sementara kualitas nutrisi bergantung pada konsentrasinya [3]. Tingginya EC menunjukkan tingginya kadar garam yang terdapat dalam larutan nutrisi. Tingginya konsentrasi garam dapat merusak akar tanaman serta mengganggu serapan air dan nutrisi oleh akar tanaman [4]. Kebutuhan larutan EC berbeda-beda untuk setiap jenis dan umur tanaman, kebutuhan EC disesuaikan dengan fase pertumbuhan. Ketika tanaman masih kecil maka EC yang dibutuhkan juga kecil, kebutuhan EC akan semakin besar seiring meningkatnya umur tanaman [5].

Pengetahuan dan keterampilan dalam membangun dan memelihara peralatan hidroponik menjadi tantangan tersendiri dalam bercocok tanam hidroponik. Berdasarkan kebutuhan tingkat EC dalam tanaman hidroponik yang berbeda-beda, maka penulis tertarik melakukan penelitian terkait otomatisasi pengaturan EC berdasarkan target (nilai EC yang diinginkan) dengan menggunakan kendali logika fuzzy dengan judul “Perancangan sistem pengatur *Electrical Conductivity* (EC) air menggunakan kendali logika fuzzy”.

Dalam penelitian I. Puspasari dkk merancang sebuah sistem yang dapat mengendalikan temperatur dan kelembaban serta mengatur konduktivitas dan pH larutan nutrisi hidroponik model *wick* pada pembibitan tanaman tomat. Kendali temperatur menggunakan kendali PID sedangkan kendali kelembaban, konduktivitas dan pH larutan menggunakan kendali on/off [6]. Dalam penelitian Nugraha dkk yang merancang sistem otomatis pengendalian nutrisi untuk tanaman hidroponik dengan mengatur tinggi permukaan air, suhu, tingkat keasaman dan konduktivitas larutan nutrisi pada bak penampungan dengan sistem pakar metode *forward chaining*. Output dari sistem pakar ini untuk Nutrisi adalah dengan Sistem akan mengalirkan air murni untuk saat mendeteksi tingkat konduktivitas diatas yang telah ditentukan, dan mengalirkan nutrisi ABMix saat nutrisi pada bak penampungan [7].

Berdasarkan penelitian terdahulu terkait EC, maka penulis mengusulkan pengaturan EC dengan cara menambahkan air dengan EC rendah untuk menurunkan EC dan untuk menaikkan EC dengan menambah air dengan EC tinggi. Pengambilan keputusan untuk menentukan berapa banyak volume air dengan EC rendah/tinggi yang harus ditambahkan, peneliti mengusulkan menggunakan kendali logika *fuzzy* dengan pertimbangan metode *fuzzy* memiliki kelebihan untuk mengatasi ketidakpastian data dari sensor dengan menggunakan aturan bahasa [8]. Menurut Sri Kusumadewi dalam S. I. Putri (2014:86) berdasarkan efisiensi komputasi dan baik untuk teknik-teknik *linear*, teknik optimasi dan sistem adaptif dan menjamin kontinuitas hasil [9], maka inferensi *fuzzy* pada penelitian ini diusulkan menggunakan Takagi-Sugeno. Untuk memastikan volume air dengan EC rendah/tinggi yang ditambahkan dengan cara mengalirinya dengan pompa DC telah sesuai dengan output sistem kendali, maka di gunakan *water flow sensor* dan *solenoid valve*.

2 Teori Pendukung

2.1 Sensor Konduktivitas/ TDS / Kadar Garam

Sensor konduktivitas/ TDS / Kadar Garam memiliki desain yang kompak, probe sensor menggunakan bahan stik *stainless*. Output sensor ini dapat langsung dihubungkan ke pin analog arduino atau input analog mikrokontroller tanpa memerlukan rangkaian tambahan. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik sensor konduktivitas / TDS / Kadar Garam.

Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur konduktivitas, *Total Dissolve Solid* (TDS) dan salinitas. Adapun spesifikasi sensor sebagai berikut [10]:

1. Tegangan kerja DC 5 Volt
2. Mendukung arduino dan mikrokontroller lainnya.
3. Koefisien linearitas data konduktivitas sebesar 0.9639
4. Koefisien linearitas data TDS sebesar 0.983
5. Memiliki sifat sensitivitas pada bahan bersifat konduktif.
6. Jarak pengukuran 5,5 cm dari ujung sensor.
7. Persamaan konduktivitas $y = 0.2142x + 494.93$ ($x = \text{data ADC}$, $y = \text{konduktivitas}$)
8. Persamaan TDS $y = 0.3417x + 281.08$ ($x = \text{data ADC}$, $y = \text{TDS}$)

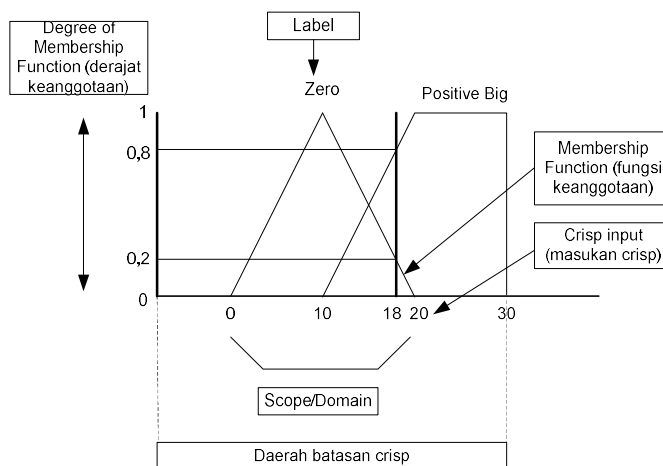


Gambar 1. Sensor konduktivitas/ TDS / Kadar Garam

2.2 Sensor Konduktivitas/ TDS / Kadar Garam

Prof. Lotfi A. Zadeh dari *University of California* di Barkeley pada pertengahan tahun 1960, menemukan bahwa logika boolean belum mempertimbangkan keadaan-keadaan yang nyata [11]. Dalam logika fuzzy nilai keanggotaan diantara 0 dan 1 sedangkan logika boolean nilai keanggotaannya bernilai 0 atau bernilai 1.

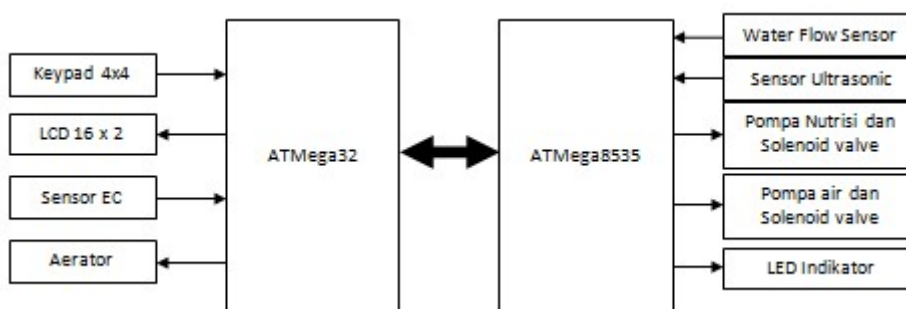
Pada tahun 1965 Logika *fuzzy* modern baru ditemukan, jadi logika *fuzzy* dapat disebutkan sebagai logika baru yang sudah lama karena sebenarnya sudah sejak lama ada konsep logika *fuzzy* [12]. Pemikiran tentang pengelolaan dan manajemen ketidakpastian yang dikenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh lalu dikenal sebagai logika *fuzzy*. Gambar 2. menunjukkan konsep dasar logika fuzzy.



Gambar 2. Konsep dasar logika fuzzy [13].

3 Perancangan Sistem

Pada Perancangan sistem pengatur EC menggunakan kendali logika *fuzzy*, secara umum terbagi menjadi 3 bagian, yaitu Perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak dan perancangan sistem kendali. Blok diagram sistem keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem keseluruhan

Cara kerja sistem ini dengan cara menginputkan EC penambah (air dengan EC rendah dan air dengan EC tinggi), EC Target pada penampungan (EC yang diinginkan), selanjutnya sensor EC akan mendeteksi EC pada penampungan dengan menggunakan sensor konduktivitas dan melalukan proses pengambilan keputusan dengan kendali logika *fuzzy* pada mikrokontroler ATMega32. Selanjutnya output kendali logika *fuzzy* berupa persentase penambahan air dengan EC rendah/tinggi akan dikirimkan secara serial ke mikrokontroler ATMega8535. Volume air pada penampungan akan dideteksi dengan menggunakan sensor ultrasonik, yang selanjutnya volume air penampungan akan dikalikan dengan output kendali logika *fuzzy* sebagai informasi banyaknya volume air penambah EC rendah/tinggi yang harus ditambahkan ke penampungan. Penambahan air dengan EC rendah/tinggi dengan volume yang telah ditentukan akan dilaksanakan oleh pompa airdengan EC rendah/tinggi, *solenoid valve* dan *water flow sensor*. Selama proses berlangsung LED Indikator akan menyala sebagai tanda

sistem pengendalian EC sedang berlangsung, setelah penambahan air dengan EC rendah/tinggi telah selesai maka dilanjutkan dengan menghidupkan *Aerator* selama 1 menit untuk membantu proses pencampuran agar cepat merata.

3.1 Perancangan perangkat keras

Dalam perancangan sistem ini menggunakan 2 buah mikrokontroler yang saling berkomunikasi secara serial. Mikrokontroler ATmega8535 memiliki *input* yang berasal dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi tinggi permukaan air pada penampungan yang selanjutnya akan dikonversi menjadi volume air dalam penampungan. *Water flow sensor* untuk menghitung banyaknya volume air penambah EC rendah/tinggi yang dialirkan ke penampungan dengan pompa DC dan penutup aliran air penambah menggunakan *solenoid valve*. Konfigurasi Pin ATmega8535 dengan komponen *input/output* ditunjukkan pada Table 1. Mikrokontroler ATmega32 memiliki *input keypad* 4x4 untuk menerima informasi nilai EC air penambah rendah/tinggi dan target EC pada penampungan. Nilai EC pada penampungan dideteksi dengan menggunakan sensor konduktivitas. Konfigurasi Pin ATmega32 dengan komponen *input/output* ditunjukkan pada table 2.

Tabel 1. Konfigurasi Pin ATmega8535

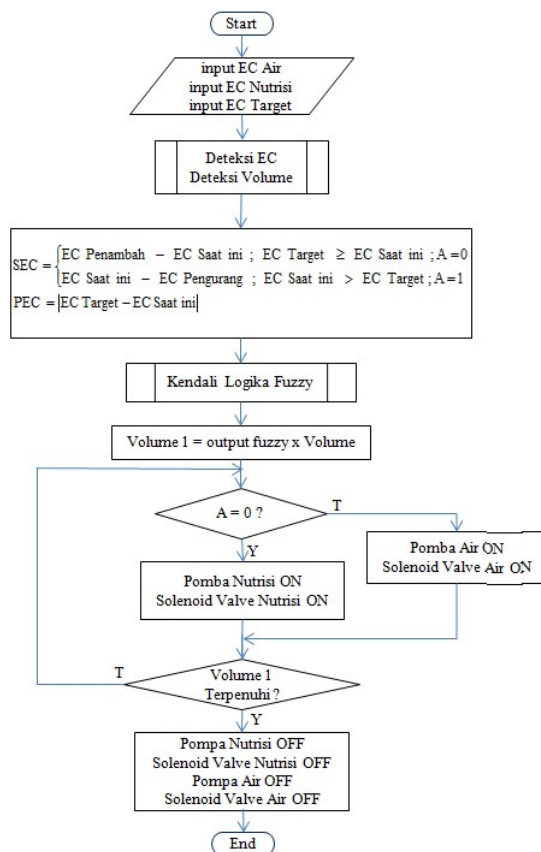
No	PORT ATmega8535	KETERANGAN
1	PINC.2	Pompa Nutrisi
2	PINC.3	Pompa Air
3	PINC.4	LED Indikator
4	PIND.2	Water Flow
5	PORTD.6	Echo ultrasonic
6	PORTD.7	Trigger ultrasonik

Tabel 2. Konfigurasi Pin ATmega32

No	PORT ATmega32	KETERANGAN
1	PINA.3	Sensor EC
2	PORTC	LCD 16 x 2
3	PORTB	Keypad 4x4
4	PORTD.7	Aerator

3.2 Perancangan perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini terdiri dari perancangan sistem *input keypad 4x4*, pendeteksi EC air penampung, menghitung volume air pada penampung, menghitung volume penambah air EC rendah/tinggi dan sistem *output* volume penambah air dengan EC rendah/tinggi yang di rancang dengan menggunakan Bascom AVR. Secara lengkap *flowchart* secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart keseluruhan

3.3 Perancangan sistem kendali

Sistem kendali EC merupakan sebuah sistem yang dirancang agar dapat membuat EC air pada penampungan sesuai dengan target yang diinginkan. Untuk mencapai EC target dengan cara menambahkan air dengan EC rendah untuk menurunkan EC dan menambahkan air dengan EC tinggi ke penampungan untuk menaikkan EC dengan persentase penambahan volume air dengan EC rendah/tinggi ditentukan sistem kendali saat EC air penampungan tidak sesuai dengan target yang diinginkan. Dalam perancangan sistem kendali EC ini menggunakan sistem kendali logika fuzzy dengan variabel *input* SEC dan PEC. Nilai SEC (Selisih EC) didapat dari persamaan 1 dan Nilai PEC (Penambahan EC) di dapat dari persamaan 2.

$$SEC = \begin{cases} EC \text{ Penambah} - EC \text{ Saat ini} ; EC \text{ Target} \geq EC \text{ Saat ini} \\ EC \text{ Saat ini} - EC \text{ Pengurang} ; EC \text{ Saat ini} > EC \text{ Target} \end{cases} \quad (1)$$

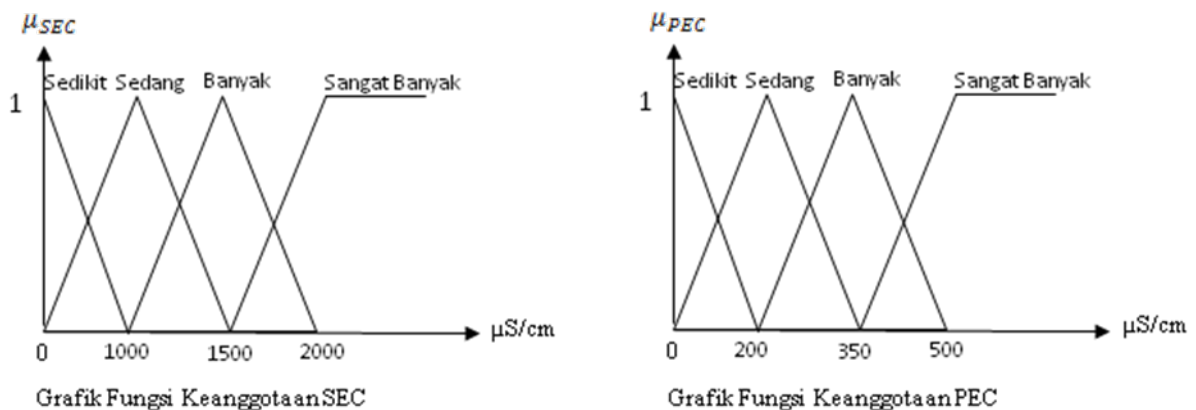
$$PEC = |EC \text{ Target} - EC \text{ Saat ini}| \quad (2)$$

Dalam perancangan pengendali EC ini memetakan *crisp* kedalam domain *fuzzy* menggunakan grafik fungsi keanggotaan dengan representasi grafik fungsi keanggotaan linear turun, segitiga dan bahu. Variabel SEC terdiri dari 4 himpunan fuzzy dan PEC dibagi menjadi 4 himpunan fuzzy yang di desain berdasarkan data hasil pengujian pencampuran air sebanyak 500 mL dicampur dengan air EC lebih rendah/tinggi dengan selisih 1000 uS/cm, 1500 uS/cm dan 2000 uS/cm dengan variasi kombinasi campuran untuk mendapatkan perubahan EC sebesar 50 uS/cm, 200 uS/cm, 350 uS/cm dan 500 uS/cm seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian EC

No	EC (uS/cm)		Penambahan EC		EC akhir (uS/cm)	
	Awal	Penambah	mL	Persen	Total	Selisih
1	65	1065	30	6%	115	50
2	65	1065	115	23%	265	200
3	65	1065	225	45%	415	350
4	65	1065	435	87%	565	500
5	146	1646	20	4%	196	50
6	146	1646	70	14%	346	200
7	146	1646	140	28%	496	350
8	146	1646	215	43%	646	500
9	70	2070	10	2%	120	50
10	70	2070	45	9%	270	200
11	70	2070	85	17%	420	350
12	70	2070	135	27%	570	500
13	2215	1215	30	6%	2165	-50
14	2215	1215	115	23%	2015	-200
15	2215	1215	225	45%	1865	-350
16	2215	1215	435	87%	1715	-500
17	2218	718	20	4%	2168	-50
18	2218	718	70	14%	2018	-200
19	2218	718	140	28%	1868	-350
20	2218	718	215	43%	1718	-500
21	2219	219	10	2%	2169	-50
22	2219	219	45	9%	2019	-200
23	2219	219	85	17%	1869	-350
24	2219	219	135	27%	1719	-500

Berdasarkan Tabel 3 maka dirancang grafik fungsi keanggotaan SEC dan PEC seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Tahap selanjutnya masuk ke evaluasi aturan. Banyaknya kombinasi aturan yang memungkinkan terjadi untuk sistem kendali EC menggunakan kendali logika fuzzy dengan dua fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan SEC yang terdiri dari 4 himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan PEC yang terdiri dari 4 fungsi keanggotaan maka secara lengkap kombinasi yang mungkin terdiri atas 16 aturan. Kombinasi aturan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

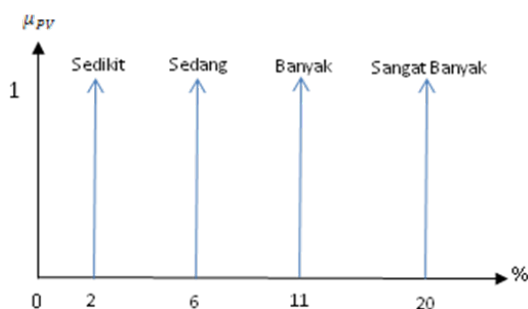


Gambar 5. Grafik fungsi keanggotaan SEC dan PEC

Tabel 4. Rule Base

No	PP	PT	Output
1	Sedikit	Sedikit	Sedikit
2	Sedikit	Sedang	Sangat Banyak
3	Sedikit	Banyak	Sangat Banyak
4	Sedang	Sangat Banyak	Sangat Banyak
5	Sedang	Sedikit	Sedikit
6	Sedang	Sedang	Sangat Banyak
7	Sedang	Banyak	Sangat Banyak
8	Sedang	Sangat Banyak	Sangat Banyak
9	Banyak	Sedikit	Sedikit
10	Banyak	Sedang	Banyak
11	Banyak	Banyak	Sangat Banyak
12	Banyak	Sangat Banyak	Sangat Banyak
13	Sangat Banyak	Sedikit	Sedikit
14	Sangat Banyak	Sedang	Sedang
15	Sangat Banyak	Banyak	Banyak
16	Sangat Banyak	Sangat Banyak	Sangat Banyak

Tahap akhir dalam perancangan kendali EC dalam penelitian ini adalah pengambilan keputusan berdasarkan *rule base* yang telah dibuat menggunakan metode Sugeno dalam merancang *fuzzy Inference*. Fungsi implikasi yang digunakan adalah operasi Min-Max terhadap fungsi keanggotaan tertentu untuk menghasilkan fuzzy output berupa nilai sesuai dengan aturan tertentu. Fungsi keanggotaan output PV (Persentase Volume) dibagi menjadi 4 himpunan yang di buat *singleton* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik fungsi keanggotaan output PV

4 Hasil dan pembahasan

Hasil penelitian ini berupa perancangan sistem pengatur EC menggunakan kendali logika *fuzzy* seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Untuk memastikan sistem ini telah berjalan dengan baik, maka dilakukan pengujian sub sistem dan sistem secara keseluruhan. Pengujian meliputi pengujian sensor ultrasonik, pengujian pendeteksi EC, pengujian pengatur volume air penambah dan pengujian sistem kendali. Hasil perancangan sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil perancangan sistem pengatur EC

4.1 Pengujian sensor ultrasonic

Sensor ultrasonic digunakan untuk mendeteksi jarak sensor terhadap permukaan air di penampungan yang selanjutnya data jarak deteksi tersebut diolah menjadi data banyaknya volume air di dalam penampungan. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian pembacaan sensor ultrasonik.

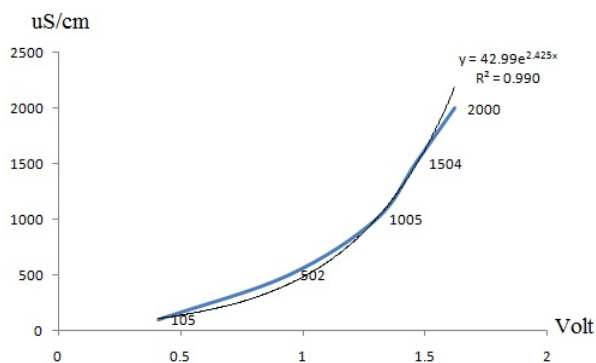
Tabel 5. Hasil pengujian sensor ultrasonik

No	Jarak Real (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Error (%)
1	46,5	46,66	0,344
2	40,5	40,78	0,691
3	37,5	37,76	0,693
4	31,5	31,5	0
5	22,5	23,02	2,311
6	16,5	17,12	3,757
7	13,5	14	3,703
8	7,5	7,79	3,866

Dari hasil pengujian sensor ultrasonik yang ditunjukkan pada Tabel 5, terlihat sensor telah dapat bekerja dengan baik dengan *error* terkecil 0% pada saat mendeteksi jarak 31,15 cm dan *error* terbesar 3,866 saat mendeteksi jarak 7,5 cm. Rata-rata *error* pembacaan sensor ultrasonik dalam penelitian ini sebesar 1,92%.

4.2 Pengujian pendeteksi EC

Pengujian pendeteksi EC dilakukan dengan membandingkan *output* sensor konduktivitas (dalam satuan volt) terhadap pembacaan alat ukur EC (dalam satuan uS/cm) dalam pengukuran variasi sampel EC. Grafik hubungan tegangan hasil *output* sensor terhadap hasil pembacaan alat ukur EC ditunjukkan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Grafik pengujian sensor konduktivitas

Dengan menggunakan persamaan 3 untuk mengkonversi tegangan menjadi uS/cm dan hasil pengujian sensor konduktivitas ditunjukkan pada Tabel 6.

$$EC = (4.10^{-6}).(data^2) - (0.016.data) + 18.96 \tag{3}$$

Dengan data = $42,99 \cdot e^{(2,425 \cdot V)}$ dan V merupakan *output* sensor konduktivitas.

Tabel 6. Hasil pengujian pembacaan sensor EC

No	Alat ukur (uS/cm)	Sensor (uS/cm)	Error (%)
1	110	109	0.91%
2	505	489	3.17%
3	1001	961	4.00%
4	1504	1483	1.40%
5	2000	1998	0.10%

Dari hasil pengujian pembacaan EC menggunakan sensor konduktivitas dengan 5 variasi nilai EC, didapat sensor telah dapat berfungsi dengan baik dengan *error* rata-rata sebesar 1,91% dengan *error* terkecil mencapai 0,1% pada saat pengukuran EC 2000 uS/cm dan *error* terbesar 4% saat mengukur EC 1001 uS/cm.

4.2 Pengujian pengatur volume

Air dengan EC rendah dan air dengan EC tinggi dari EC air di penampungan di alirkan dengan menggunakan pompa DC yang terhubung ke *selonoid valve* dari masing-masing penambah (air dengan EC rendah/tinggi) yang terhubung ke sebuah *water flow sensor* untuk memastikan air yang dialirkan volumenya telah sesuai dengan yang diperintahkan sistem kendali. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 7.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 7, terlihat sistem pengatur volume air penambah telah berjalan dengan baik, dengan *error* terkecil untuk penambah air EC rendah mencapai 0% saat menambahkan air sebanyak 10 mL, *error* terbesar 5,2% saat menambahkan air 50 mL dan *error* rata-rata untuk menambahkan air 10 mL s.d. 100 mL sebesar 4,12%. *Error* terkecil untuk penambah air dengan EC tinggi mencapai 0% saat menambahkan air sebanyak 10 mL dan 20 mL, *error* terbesar 3,31% saat menambahkan air 50 mL dan *error* rata-rata untuk menambahkan air 10 mL s.d. 100 mL sebesar 1,87%.

Tabel 7. Hasil Pengujian penambahan air dengan EC rendah/tinggi

No	Volume Real (mL)	Volume output sistem			
		EC rendah (mL)	Error (%)	EC tinggi (mL)	Error (%)
1	10	10	0.00%	10	0.00%
2	20	19	5.00%	20	0.00%
3	30	28.5	5.00%	29.2	2.74%

4	40	38	5.00%	41	2.44%
5	50	47.4	5.20%	48.4	3.31%
6	100	95.5	4.50%	102.8	2.72%

4.3 Pengujian sistem kendali

Sistem pengatur yang dirancang dengan kendali logika fuzzy ini memiliki *output* penambahan air dengan EC rendah/tinggi dengan banyaknya volume penambahan di dapat dari volume air dipenampungan dikali dengan *output* sistem. Untuk memastikan sistem telah berjalan dengan baik, maka dilakukan pengujian dengan cara menginputkan nilai EC air penambah EC rendah/tinggi, nilai EC di penampungan, nilai EC yang di inginkan (EC target) dan volume air dipenampungan. Sistem kendali *fuzzy* akan memproses data yang diinputkan lalu akan menghasilkan *output* berupa persentase penambahan yang selanjutnya akan di kali dengan volume awal air (dalam penelitian ini volume awal sebanyak 500mL). Pengujian dilakukan untuk output (mL) yang tidak melebihi 20% dari volume air di penampungan. Pencampuran air dengan EC rendah/tinggi dilakukan sesuai dengan volume yang dihasilkan sistem dan dilakukan pengukuran EC dari hasil pencampuran dengan menggunakan EC meter (uS/cm), secara lengkap hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian sistem kendali

No	EC Saat ini (uS/cm)	Volume Awal (mL)	EC Penambah (uS/cm)	Penambahan Volume (mL)	EC Target (uS/cm)	EC Akhir (uS/cm)	Error (%)
1	258	500	1158	64	378	369	2.38%
2	228	500	1628	47.5	348	365	4.89%
3	228	500	1628	64	438	433	1.14%
4	228	500	1628	96.5	568	534	5.99%
5	225	500	2125	27.5	345	360	4.35%
6	225	500	2125	39	435	440	1.15%
7	225	500	2125	61.8	565	530	6.19%
8	1200	500	300	64	1080	1111	2.87%
9	1628	500	228	47.5	1508	1558	3.32%
10	1628	500	228	64	1418	1535	8.25%
11	2197	500	297	27.5	2077	2131	2.60%
12	2197	500	297	39	1987	2124	6.89%

Dari hasil pengujian didapat sistem kendali dengan logika fuzzy telah berjalan dengan baik, dimana EC target yang diinputkan ke sistem telah mendekati EC *Real* (Pengukuran dengan alat ukur EC) dengan *error* rata-rata sebesar 4,17% dengan *error* terkecil sebesar 1,14% pada menaikkan EC dengan EC target 438 uS/cm dan *error* terbesar 8,25% pada saat penurunan nilai EC dengan target 1418 uS/cm.

5 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapatlah disimpulkan :

1. Sensor jarak *ultrasonic* telah dapat bekerja dengan baik dengan *error* rata-rata 1,92% dengan *error* terkecil 0% dan *error* terbesar 3,866%.
2. Pendeteksi *Electrical Conductivity* (EC) dalam satuan uS/cm yang di rancang telah berjalan dengan baik, dengan *error* rata-rata sebesar 1,91%, *error* terkecil sebesar 0,1% dan *error* terbesar sebesar 4%.
3. Sistem pengatur volume untuk menambahkan air dengan EC rendah/tinggi yang dirancang telah berfungsi dengan baik. Hasil pengujian penambahan dengan volume 10 mL sampai dengan 100 mL menunjukkan bahwa sistem pengatur volume dapat mengalirkan penambah air EC rendah/tinggi sesuai dengan yang di inputkan dengan *error* rata-rata 1,87% .
4. Sistem pengatur EC yang dirancang dengan menggunakan kendali logika fuzzy untuk mengambil keputusan penambahan air dengan EC rendah/tinggi yang harus ditambahkan untuk mencapai EC target telah berfungsi dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali dapat memutuskan banyaknya volume air penambah yang harus diberikan untuk mencapai EC target yang di inputkan dengan *error* rata-rata terhadap hasil pengukuran setelah pencampuran sebesar 4,17%. *Error* terkecil terjadi pada

saat penambahan EC dengan *error* 1,14% dan *error* terbesar pada saat penurunan EC dengan *error* sebesar 8,25%.

6 Ucapan Terima Kasih (Acknowledgement)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Sriwijaya yang telah mendanai penelitian dalam skim SATEKS ini dengan Nomor Kontrak : 0179.30/UN9/SB3.LP2M.PT/2018.

Referensi

- [1] www.antaranews.com, “Hidroponik mulai diminati masyarakat perkotaan,” 2016. <https://www.antaranews.com/berita/595714/hidroponik-mulai-diminati-masyarakat-perkotaan> (accessed Mar. 10, 2018).
- [2] I. S. Roidah, “Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik,” *J. Bonorowo*, vol. 1, no. 2, pp. 43–49, 2015.
- [3] R. Rosliani and N. Sumarni, “Budidaya tanaman sayuran dengan sistem hidroponik,” *Bandung Balai Penelit. Tanam. Sayuran*, 2005.
- [4] A. W. Wibowo, A. Suryanto, and A. Nugroho, “Kajian Pemberian Berbagai Dosis Larutan Nutrisi Dan Media Tanam Secara Hidroponik Sistem Substrat Pada Tanaman Kailan (*Brassica Oleracea L.*),” *J. Produksi Tanam.*, vol. 5, no. 7, pp. 1119–1125, 2017.
- [5] “Pengaruh EC dan pH Pada larutan Nutrisi Hidroponik,” 2017. www.yoonhidroponik.web.id/2017/05/pengaruh-ec-dan-ph-pada-larutan-nutrisi.html. (accessed Mar. 11, 2018).
- [6] I. Puspasari, Y. Triwidyastuti, and H. Harianto, “Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 97–104, 2018.
- [7] Y. E. Nugraha, B. Irawan, and R. E. Saputra, “Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik Menggunakan Sistem Pakar Dengan Metode Forward Chaining,” *eProceedings Eng.*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [8] Q. Bao, S. Li, W. Shang, and M. An, “A fuzzy behavior-based architecture for mobile robot navigation in unknown environments,” in *2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, 2009, vol. 2, pp. 257–261.
- [9] S. I. Putri, H. Suyono, and R. N. Hasanah, “Rancang Bangun dan Optimasi Panel Surya Berpenjejak dengan Logika Fuzzy Takagi-Sugeno,” *J. EECCIS*, vol. 8, no. 1, pp. 85–92, 2014.
- [10] depoinovasi.com, “Datashet Sensor konduktivitas / TDS / Kadar Garam.” [http://depoinovasi.com/downlot.php?file=datashet sensor konduktivitas_tds_kadar_garam.pdf](http://depoinovasi.com/downlot.php?file=datashet%20sensor%20konduktivitas_tds_kadar_garam.pdf) (accessed Mar. 10, 2018).
- [11] Setiadji, *Himpunan & Logika Samar Serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu., 2009.
- [12] T.Sutojo, E. Mulyanto, and V. Suhartono, *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: ANDI, 2011.
- [13] Sudradjat, *Dasar-Dasar Logika Fuzzy (Modul Kuliah)*. Bandung: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran, 2008.

