JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga) p-ISSN: 2774-7972
Vol. 3, No. 1, Maret 2023, pp. 37-46 e-ISSN: 2775-6696
DOI: https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i1.2023.37-46

Sistem kendali penyemaian bersusun pada tanaman hidroponik berbasis logika *fuzzy* Tsukamoto dengan aplikasi Blynk

Fitria Suryatini[1*], Wahyudi Purnomo[2], Raiany R. Harlanti[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 Dago, Bandung 40135, Indonesia
[1*]fitria@polman-bandung.ac.id,[2]wahyudi@ae.polman-bandung.ac.id, [3]raiany.rahmiharlanti@gmail.com

ABSTRAK

Penyemaian merupakan tahap awal pada budidaya tanaman hidroponik, yang ditandai dengan pertumbuhan aktif dari embrio yang akan mengakibatkan pecahnya kulit benih dan munculnya tanaman muda. Tahap ini merupakan tahap yang penting karena menyangkut kelangsungan pertumbuhan tanaman pada tahap selanjutnya. Pertumbuhan tanaman pada tahap penyemaian dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kadar air, suhu, nutrisi, dan intensitas cahaya. Sedangkan, penyiraman merupakan sebuah hal yang tidak dapat dilepaskan dalam menjaga serta merawat tanaman. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini untuk mengendalikan kelembapan pada media tanam, *rockwool*, dengan melakukan penyiraman secara otomatis menggunakan metode *fuzzy logic control* (FLC). Pengendalian bertujuan untuk memberi nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi, menjaga TDS yang berkisar antara 300-500 ppm, dan memastikan tanaman mendapatkan intensitas cahaya matahari yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah sehingga tanaman yang merupakan hasil semai dapat tumbuh secara optimal. Selain itu, agar dapat mengefisienkan waktu dan tenaga, Arduino Mega 2560 akan mengakuisisi data dari sensor kelembapan media tanam, suhu ruangan, sensor LDR, sensor TDS, sensor ultrasonik, dan mengirimkan data tersebut melalui internet menuju aplikasi Android. Hasil penelitian menunjukan bahwa sistem dapat menjaga kelembapan media tanam dengan kelembapan rata-rata sebesar 98,58%. Sedangkan, pengendalian kadar nutrisi dapat dilakukan dengan rata-rata galat sebesar 13,36%. Selain itu, sistem berhasil dipantau dan dikendalikan melalui aplikasi Blynk yang terdapat pada *smartphone* Android.

Kata kunci: *fuzzy logic control* (FLC), hidroponik, kelembapan, nutrisi, Blynk

ABSTRACT

Seeding is the initial stage in the cultivation of hydroponic plants, which is characterized by the active growth of the embryo which will result in the rupture of the seed coat and the emergence of young plants. This stage is an important stage because it involves the continuity of plant growth in the next stage. Plant growth at the seeding stage is influenced by several factors including moisture content, temperature, nutrition, and light intensity. Meanwhile, watering is something that cannot be released in maintaining and caring for plants. Therefore, the aim of this study was to control humidity in the planting medium, rockwool, by automatically watering it using the fuzzy logic control (FLC) method. Control aims to provide nutrition according to nutritional needs, maintain TDS which is in the range of 300-500 ppm, and ensure that plants get sunlight intensity that is not too high and not too low so that plants that are the result of seedlings can grow optimally. In addition, in order to save time and energy, the Arduino Mega 2560 will acquire data from humidity sensors for planting media, room temperature, LDR sensors, TDS sensors, ultrasonic sensors, and send the data via the internet to the Android application. The results showed that the system could maintain the humidity of the planting medium with an average humidity of 98.58%. Meanwhile, controlling nutrient levels can be done with an average error of 13.36%. In addition, the system was successfully monitored and controlled through the Blynk application on an Android smartphone.

Keywords: *fuzzy logic control (FLC), hydroponics, humidity, nutrition, Blynk*

1. PENDAHULUAN

Hidroponik adalah salah satu teknik budidaya tanaman dengan menggunakan media tanam air yang kaya dengan berbagai nutrisi. Budidaya hidroponik diawali dari tahap penyemaian. Penyemaian merupakan tahap awal yang harus dilakukan untuk memproses benih menjadi bibit atau tanaman muda sebelum dipindah menjadi tanaman hidroponik. Keberhasilan tahap penyemaian selain ditentukan oleh kualitas benih yang baik, ditentukan juga oleh faktor lingkungan, seperti kadar air, suhu, kelembapan, dan cahaya, serta kandungan nutrisi pada media tanam. Oleh karena itu, tahap penyemaian harus sangat diperhatikan karena jika tahap ini gagal maka tahap berikutnya tidak dapat dilakukan.

Sistem kendali penyemaian tanaman sudah dikembangkan pada penelitian terdahulu, seperti penyiraman bibit tanaman secara otomatis menggunakan Wemos [1] dan sistem otomatis kontrol

Naskah diterima tanggal 27 Januari 2023, disetujui tanggal 29 Maret 2023
*E-mail korespondensi

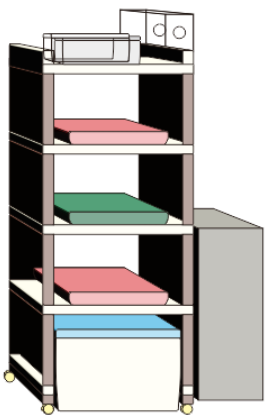
temperatur, kelembapan, dan level air pada penyemaian tanaman hidroponik menggunakan metode ON-OFF terhadap *setpoint* yang ditentukan [2]. Penyiraman otomatis juga banyak dikembangkan menggunakan metode *fuzzy logic controller* (FLC) seperti pada penelitian [3]-[9] dan menggunakan metode PID pada penelitian [10]. Selain pengendalian penyiraman otomatis, beberapa penelitian mengendalikan nutrisi pada tanaman hidroponik seperti pada penelitian [11]-[15]. Referensi [15] menyatakan bahwa metode PID banyak digunakan karena kesederhanaannya dalam hal implementasi pemrograman, namun dalam perancangannya setidaknya dibutuhkan respon *loop* terbuka dari *plant* yang akan dikendalikan, serta diperlukan metode penalaan konstanta yang optimal. Sebaliknya, metode FLC lebih rumit untuk diimplementasikan ke dalam bahasa pemrograman, namun dalam perancangannya lebih sederhana karena hanya mengandalkan logika dan tidak diperlukan model matematis dari *plant* yang akan dikendalikan. Referensi [16] menyatakan bahwa PID kontroler memiliki kelebihan dimana lebih umum digunakan namun kekurangannya terdapat pada nilai *settling time* dan *rise time* yang lebih lama. Metode FLC memiliki kelebihan yaitu pengontrolan lebih stabil dibanding PID kontroler dan membutuhkan waktu *rise time* lebih cepat, namun kekurangan FLC pada banyaknya aturan yang digunakan, semakin sedikit aturan maka pengontrolan akan tidak maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengendalian penyiraman, kandungan nutrisi air penyiraman, dan intensitas cahaya ruangan tempat penyemaian bersusun pada tanaman hidroponik. Metode yang digunakan pada sistem penyiraman sama seperti penelitian [9], yaitu menggunakan FLC Tsukamoto berdasarkan suhu dan kelembapan. Perbedaannya adalah pada penelitian ini ditambahkan pengendalian nutrisi TDS (*total dissolved solid*) dan intensitas cahaya menggunakan sistem kendali berbasis waktu. Sistem dilengkapi dengan aplikasi Android menggunakan Blynk yang berfungsi untuk memudahkan pemantauan dan pengendalian suhu ruangan, tingkat kelembapan pada media tanam, kadar nutrisi di dalam air, level larutan nutrisi, dan intensitas cahaya, yang dapat diakses melalui internet secara jarak jauh.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem Penyemaian Bersusun

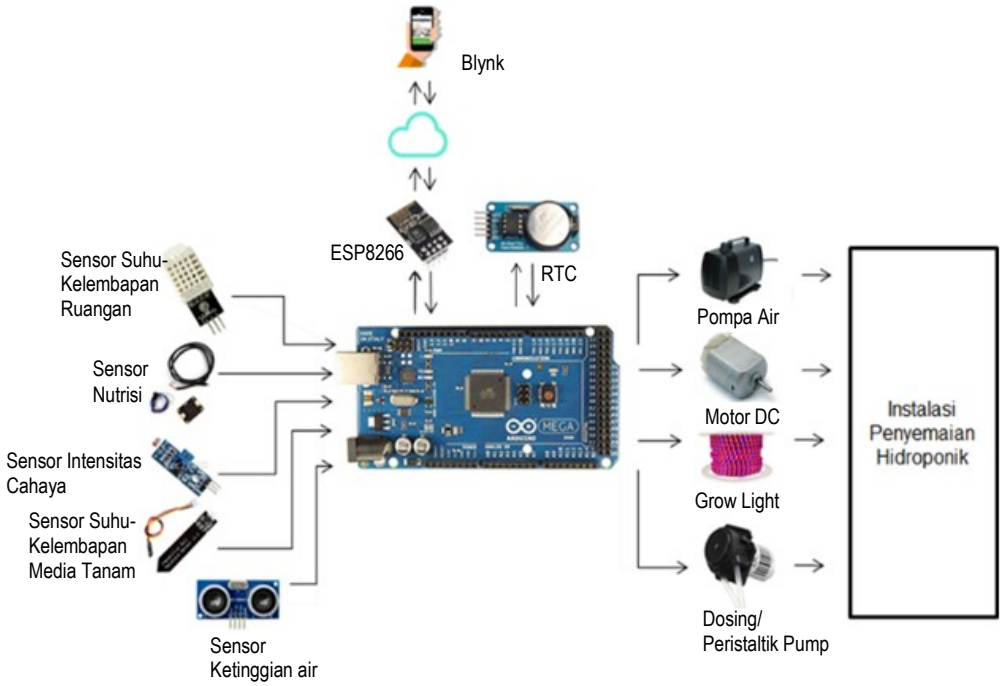
Konstruksi sistem kendali penyemaian pada tanaman hidroponik dibuat bersusun yang bertujuan untuk mengefisienkan lahan budidaya tanaman. Sistem ini terdiri dari tiga susun untuk peletakan tanaman dengan jenis yang berbeda-beda dan di tiap susun terdapat LED *grow light*. Pada bagian atas terdapat wadah larutan nutrisi A, wadah larutan nutrisi B, dan pompa peristaltik. Bahan yang digunakan untuk *mounting* pompa peristaltik adalah akrilik dengan ketebalan 5 cm. Sedangkan, pada bagian bawah terdapat reservoir yang dapat menampung air sebanyak 13,1 liter dan merupakan tempat pencampuran air dan larutan-larutan nutrisi yang nantinya akan digunakan untuk kegiatan penyiraman tanaman. Oleh karena itu, sebuah reservoir dilengkapi dengan sebuah motor DC *gearbox* sebagai pengaduk dan sebuah *water pump* (motor AC 220V). Pada penelitian ini, penyaluran air ke media tanam dilakukan dengan cara memasang selang secara paralel dengan sambungan T dan L sehingga kegiatan penyiraman dilakukan secara bersamaan pada ketiga tingkat. Tampak keseluruhan dari rancangan sistem penyemaian bersusun ditunjukan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan sistem penyemaian bersusun

2.2 Perancangan Perangkat Keras

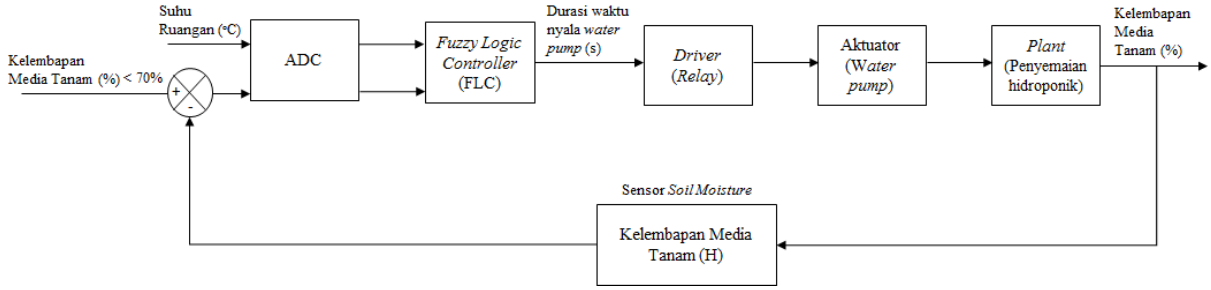
Sistem kendali penyemaian tanaman pada penelitian ini ditempatkan pada ruangan tertutup dimana sistem terdiri dari pengendalian penyiraman tanaman menggunakan *fuzzy logic control* (FLC), pengendalian kandungan nutrisi air penyiraman dan intensitas cahaya menggunakan kendali ON-OFF. Sistem kendali diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 berdasarkan data masukan yang dibaca oleh sensor-sensor. Sensor yang digunakan antara lain: sensor DHT22 untuk mengukur suhu ruangan, sensor *capacitive soil moisture* SKU SEN0193 untuk mengukur kelembapan media tanam, sensor TDS untuk mengukur kadar nutrisi pada air, sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air pada reservoir, dan sensor LDR (*light dependent resistor*) untuk mengukur intensitas cahaya ruangan. Aktuator yang digunakan terdiri dari motor pompa untuk menyalurkan air ke tanaman dari reservoir, pompa peristaltik untuk mengeluarkan larutan nutrisi A dan B, motor DC *gearbox* untuk pencampuran nutrisi, dan LED *grow light* untuk pencahayaan. Sistem menggunakan *real-time clock* (RTC) yang berfungsi dalam mengatur hal-hal yang diatur berdasarkan waktu. Sistem ini dilengkapi juga dengan antarmuka berbasis Android, yakni aplikasi Blynk yang berfungsi untuk memantau suhu ruangan, tingkat kelembapan pada media tanam, kadar nutrisi di dalam air, level larutan nutrisi, dan intensitas cahaya. Perangkat komunikasi menggunakan ESP8266 (ESP-01) dan *logic level shifter*. Rancangan perangkat keras sistem kendali penyemaian bersusun pada tanaman hidroponik yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan perangkat keras

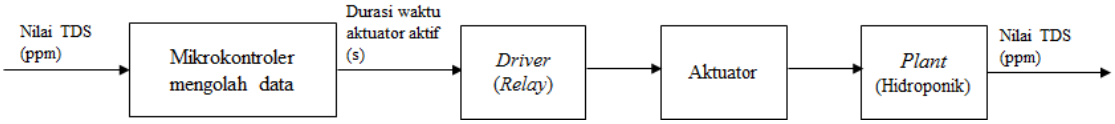
2.3 Perancangan Sistem Kendali

Kendali penyiraman tanaman bekerja berdasarkan suhu ruangan dan kelembapan media tanam yang akan digunakan sebagai *input* dari FLC untuk menentukan seberapa lama penyiraman tanaman dilakukan pada tahap penyemaian menggunakan pompa. Irigasi dilakukan secara paralel sehingga ketika pompa aktif maka benih di tiap susun rak akan tersiram secara bersamaan. Blok diagram dari sistem pengendalian otomatis penyiraman pada tahap penyemaian hidroponik ditunjukkan pada Gambar 3.



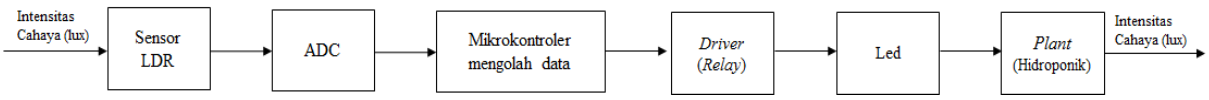
Gambar 3. Blok diagram sistem kendali kegiatan penyiraman

Air yang digunakan untuk penyiraman merupakan campuran nutrisi A dan nutrisi B. Agar kadar nutrisi pada larutan tetap optimal sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman, kadar nutrisi di dalam larutan nutrisi dipantau menggunakan sensor TDS. Pengendalian kadar nutrisi pada air dilakukan saat tahap penyemaian pertama kali dimulai dengan memasukan nilai TDS yang diinginkan pada aplikasi Blynk. Nilai kandungan nutrisi yang diinginkan dengan rentang antara 300-500 ppm akan diproses oleh mikrokontroler. Lalu, mikrokontroler akan mengirimkan data berupa durasi aktuator menyala sehingga *driver* yang berupa relai akan aktif untuk menyalakan pompa peristaltik. Kemudian, pompa peristaltik akan mengeluarkan larutan nutrisi A dan B. Pencampuran nutrisi A dan nutrisi B dilakukan menggunakan sebuah motor DC *gearbox* di dalam reservoir. Setelah itu, nilai kandungan nutrisi berupa padatan terlarut pada air akan berubah dan sesuai dengan kebutuhan tanaman hidroponik pada tahap penyemaian. Sensor ultrasonik diletakkan pada wadah nutrisi A dan nutrisi B untuk memantau ketersediaannya. Blok diagram sistem pengendalian kadar nutrisi pada air ditunjukan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram sistem kendali nutrisi pada air

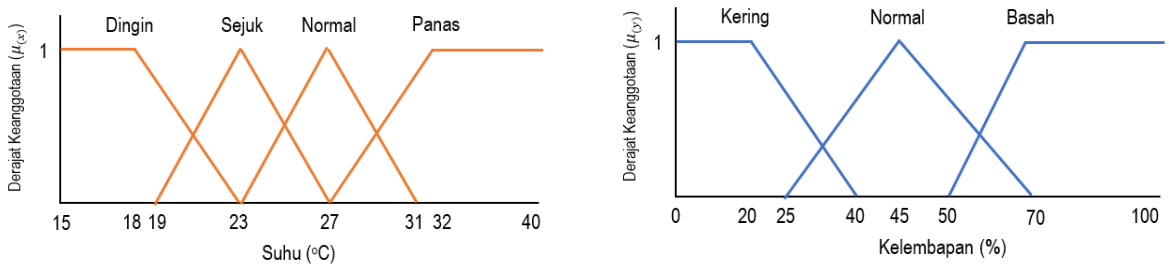
Oleh karena penyemaian dilakukan di dalam ruangan, LED *grow light* akan menggantikan peran matahari untuk menyediakan cahaya. Pengendalian intensitas cahaya pada LED *grow light* dimulai pada saat tahap penyemaian sudah dilakukan selama tiga hari dari pukul 04.00 WIB sampai 20.00 WIB, dengan intensitas cahaya sebesar 500 lux. Sensor LDR membaca data apakah LED *grow light* aktif atau tidak. Intensitas cahaya yang terbaca sensor LDR berupa nilai analog dan dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan *analog digital converter* (ADC). Lalu, mikrokontroler mengolah nilai tersebut sebagai data pemantauan pada sistem dan *driver* yang berupa relai untuk mengaktifkan LED *grow light*. Apabila pada waktu yang telah ditentukan LED *grow light* tidak aktif maka *warning* akan tampil pada aplikasi Blynk. Blok diagram dari sistem pengendalian intensitas cahaya ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok diagram sistem kendali intensitas cahaya

2.4 Perancangan *Fuzzy Logic Control* (FLC)

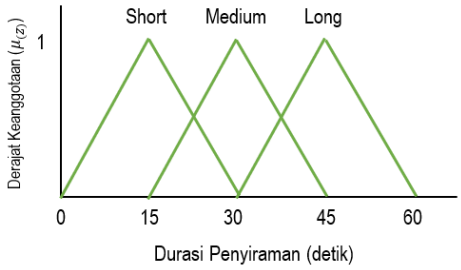
Kendali logika *fuzzy* penyiraman tanaman pada sistem penyemaian bersusun tanaman hidroponik diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan masukan berupa suhu ruangan dan kelembapan media tanam. FLC dirancang melalui beberapa tahap, yakni *fuzzification*, *inference*, dan tahap *defuzzification*. Metode FLC yang digunakan adalah Tsukamoto. Fungsi keanggotaan untuk variabel suhu ruangan ditunjukkan pada Gambar 6(a), yang terdiri dari Dingin, Sejuk, Normal, dan Panas. Fungsi keanggotaan untuk variabel kelembapan media tanam yaitu Kering, Normal, dan Basah pada rentang variabel kelembapan media tanam 0-100% ditunjukkan pada Gambar 6(b).



(a) **(b)**

Gambar 6. Fungsi keanggotaan *input*: (a) suhu ruangan, (b) kelembapan media tanam

Output FLC adalah durasi irigasi berupa tiga buah kurva segitiga yang menunjukan fungsi suatu himpunan durasi irigasi dengan rentang 0-60 detik. Fungsi keanggotan didapat berdasarkan hasil percobaan penyiraman pada *rock wool* dengan kelembapan di bawah 70% seperti 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60% untuk mencapai tingkat kelembapan 70%.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan durasi irigasi

Fungsi inferensi dimulai dengan memetakan nilai derajat keanggotaan dari variabel suhu ruangan dan kelembapan media tanam ke sebuah tabel yang berisi basis aturan yang dipilih (*rule-base*) dan menggunakan operator dasar himpunan *fuzzy* Zadeh, yakni fungsi AND yang berhubungan dengan operasi interseksi untuk pemilihan nilai dari derajat keanggotaan. Dengan demikian terlebih dahulu harus dibuat matriks atau tabel *rule-base* pada Tabel 1.

Tabel 1. *Rule-base* kendali logika *fuzzy* pada proses penyiraman

H (%) / **T (°C)**	Dingin (D)	Sejuk (S)	Normal (N)	Panas (P)
Kering (K)	L	L	L	L
Normal (N)	S	M	M	M
Basah (B)	S	S	S	S

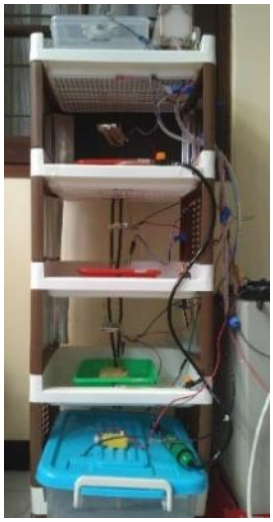
Tahap defuzifikasi suatu sistem *fuzzy logic* akan mengonversi setiap hasil dari *fuzzy* inferensi yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke suatu bilangan *real* (*crisp set*). Hasil konversi tersebut merupakan aksi yang diambil oleh sistem kendali FLC berupa durasi *water pump* aktif untuk melakukan irigasi. Defuzifikasi menggunakan metode *average* seperti ditunjukkan pada persamaan berikut [9].

$$Z = \frac{\Sigma_i^n \alpha \text{ predikat}_i * z_i}{\Sigma_i^n \alpha \text{ predikat}_i} \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

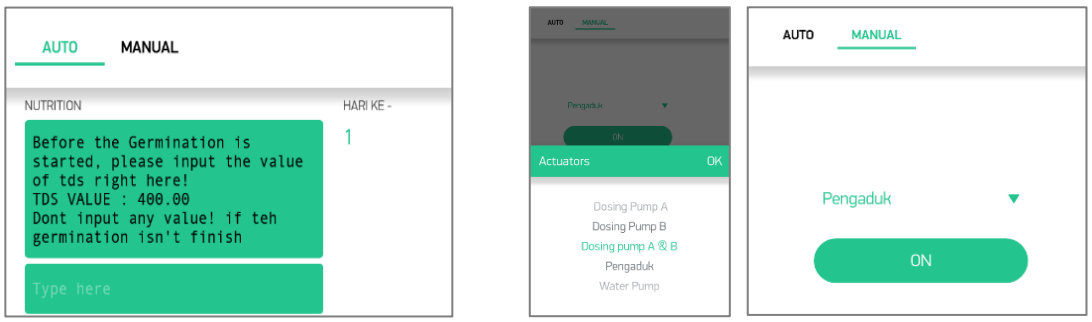
3.1 Implementasi Sistem

Konstruksi sistem kendali penyemaian pada tanaman hidroponik dibuat bersusun yang bertujuan untuk mengefisienkan lahan budidaya tanaman. Pada *rock wool* yang ada di ke-3 susun rak dipasang sensor *soil moisture*. Setiap *rock wool* terdiri dari 6 bibit tanaman yang berbeda-beda di setiap susun, yakni bayam, pakcoy, dan sawi. Sedangkan, sensor ultrasonik dipasang pada ke-2 wadah larutan nutrisi pada bagian paling atas rak, sensor LDR dipasang pada susunan rak ke-1, dan sensor nutrisi pada reservoir. Adapun *output* yang dikendalikan antara lain *water pump* dan motor DC *gear box* yang terletak di dalam reservoir berwarna biru, LED *grow light* yang ada pada tiap susun rak, dan dua buah motor peristaltik pada bagian rak paling atas. Hasil aktualisasi dari sistem yang telah dirancang seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampak depan hasil aktualisasi perancangan

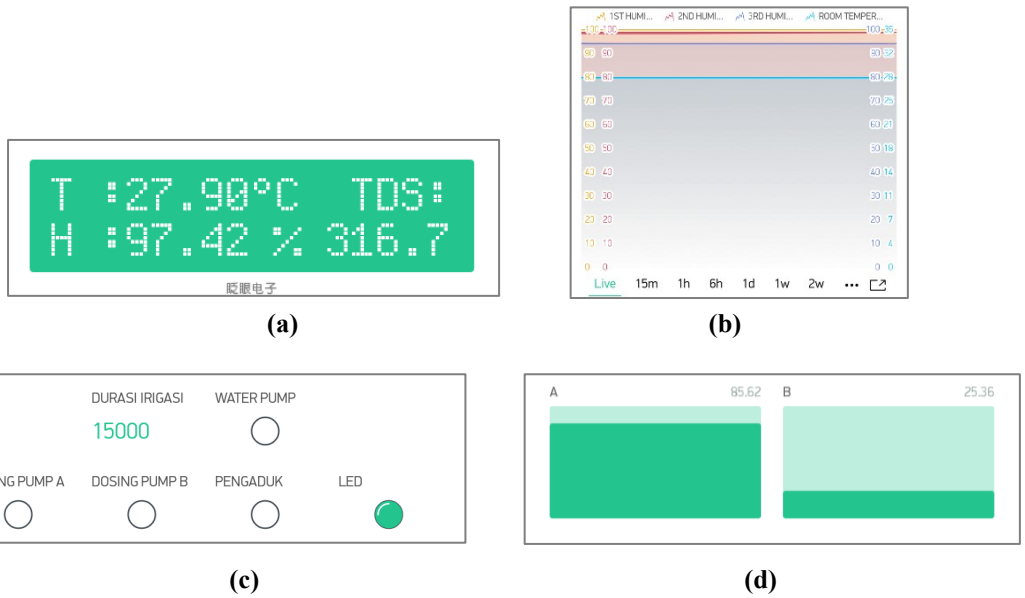
Sistem dilengkapi dengan antarmuka pada aplikasi Android menggunakan aplikasi Blynk. Program antarmuka sistem kendali penyemaian bersusun ditujukan untuk membantu pengguna dalam melakukan perawatan dan pemantauan pada tahap penyemaian tanaman hidroponik. Pada antarmuka terdiri dari dua mode pilihan yakni mode otomatis dan manual. Pada mode otomatis dapat dimasukkan nilai *setpoint* nutrisi yang dibutuhkan tanaman hidroponik untuk masukkan FLC, dan pada hari itu dideklarasikan sebagai hari pertama tahap penyemaian. Ketika dua puluh empat jam sudah dilalui maka nilai hari bertambah menjadi hari kedua, dan seterusnya sampai dengan hari kelima belas. Sedangkan pada mode manual, aktuator diaktifkan melalui menu dan *button* untuk menentukan pilihan *output* yang ingin dikendalikan dan tombol ON digunakan untuk mengaktifkan aktuator. Aktuator akan tetap aktif jika tombol OFF tidak ditekan. Tampilan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 9.



(a) **(b)**

Gambar 9. Tampilan aplikasi Blynk sistem penyemaian bersusun: (a) mode otomatis dan (b) mode manual

Aplikasi dilengkapi dengan data sensor dan aktuator untuk memudahkan sistem monitoring. Komponen monitoring terdiri dari LCD, *SuperChart*, LED, dan level. Komponen LCD yang digunakan untuk menampilkan nilai suhu ruangan, nilai kelembapan media tanam rata-rata, dan nilai kandungan nutrisi (TDS), yang ditunjukkan pada Gambar 10(a). Komponen *SuperChart* (Gambar 10(b)) merupakan komponen yang digunakan untuk menampilkan nilai kelembapan media tanam pada ke-3 susun rak dan nilai suhu ruangan dalam bentuk grafik dengan warna yang berbeda. Nilai tersebut dapat dilihat dari waktu ke waktu dan *database* data tersebut dapat diperoleh dalam bentuk Excel.



(a) **(b)**

(c) **(d)**

Gambar 10. Komponen monitoring pada apilkasi Blynk: (a) LCD, (b) *SuperChart*, (c) LED, dan (d) level

Komponen LED (Gambar 10(c)) terdiri dari lima buah yang merupakan indikator dari lima *output* yang ada pada sistem yang mana LED ini akan menyala ketika aktuator tersebut aktif dan akan padam ketika aktuator sudah tidak aktif. Komponen *level* (Gambar 10(d)) digunakan untuk menampilkan nilai persentase ketersediaan larutan nutrisi A dan larutan nutrisi B yang diperoleh dari sensor ultrasonik.

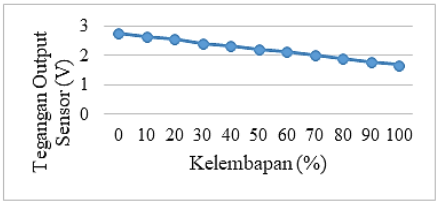
3.2 Pengujian Sensor Kelembapan Media Tanam

Pengujian sensor kelembapan media tanam dilakukan dengan mengukur nilai tegangan pada tingkat kelembapan tertentu. Sedangkan, nilai analog sensor yang telah dikonversi menggunakan ADC digunakan sebagai masukan pada program pembacaan sensor. Setelah sensor dikalibrasi, pengujian dimulai dengan tingkat kelembapan media tanam yang kering, lalu diberi air sampai dengan tingkat kelembapan media tanam yang basah dengan tiap kenaikan kelembapan sebesar 10%. Hasil pengujian sensor kelembapan media tanam ditujukan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor kelembapan media tanam

No	Nilai ADC	Voltase (V)	Sensor SKU SEN0193 (%)	*Soil moisture* meter (%)	Galat (%)
1	576,00	2,76	0,00	0,00	0,00
2	547,00	2,65	10,00	12,00	16,67
3	525,00	2,57	20,00	20,00	0,00
4	501,00	2,42	30,00	39,00	23,08
5	479,00	2,32	40,00	48,00	16,67
6	457,00	2,20	50,00	59,00	15,25
7	435,00	2,12	60,00	60,00	0,00
8	411,00	2,00	70,00	70,00	0,00
9	390,00	1,89	80,00	74,00	8,11
10	367,00	1,79	90,00	87,00	3,45
11	345,00	1,68	100,00	90,00	11,11
Nilai galat rata-rata (%)					8,58

Berdasarkan data yang diperoleh dari sebelas kali percobaan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa nilai galat rata-rata sebesar 8,58 %. Sedangkan, Gambar 8 menunjukan bahwa tingkat kelembapan media tanam diperoleh dari nilai tegangan yang dikeluarkan sensor. Hasil pengujian sensor kelembapan media tanam menunjukan bahwa semakin kecil tegangan yang dihasilkan maka semakin besar tingkat kelembapan media tanam.



Gambar 8. Grafik persentase kelembapan terhadap tegangan

3.3 Pengujian Sensor Suhu Ruangan

Pengujian sensor suhu ruangan dilakukan dengan memperhatikan hasil pengukuran yang dilakukan pada pukul 06.00 WIB sampai dengan 24.00 WIB untuk mengetahui suhu ruangan dimana sistem diletakan. Sensor DHT22 memiliki sinyal keluaran digital yang sudah terkalibrasi. Pengujian sensor ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor DHT22 dan Termometer ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pembacaan sensor DHT22

No	Waktu	Sensor DHT22 (°C)	Termometer (°C)	Galat (%)
1	06.00	26,20	25,60	2,34
2	07.00	26,10	25,50	2,35
3	08.00	26,20	25,60	2,34
4	09.00	26,60	25,80	3,10
5	10.00	27,00	27,10	0,37
6	11.00	27,30	27,10	0,74
7	12.00	29,98	27,40	9,42
8	13.00	29,65	27,70	7,04
9	14.00	29,65	27,80	6,65
10	15.00	30,10	27,70	8,66
11	16.00	28,00	27,60	1,45
12	17.00	29,50	27,30	8,06
13	18.00	28,50	27,30	4,40
14	19.00	28,10	27,20	3,31
15	20.00	27,50	27,20	1,10
16	21.00	27,70	27,20	1,84
17	22.00	27,60	27,10	1,85
18	23.00	29,27	27,00	8,41
19	24.00	27,40	26,70	2,62
Nilai galat rata-rata (%)				4,00

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 3, nilai perbandingan antara sensor dan alat ukur selama delapan belas jam pengukuran, dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai galat dari sensor suhu ruangan (DHT22) sebesar 4%.

3.4 Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi sistem dilakukan dengan menggabungkan seluruh komponen yang telah diuji sebelumnya, seperti *input* berupa sensor, *output* berupa aktuator dan LED *grow light*, FLC sebagai kendali utama sistem, dan aplikasi Blynk sebagai media pemantauan sistem. Pada pengujian ini, parameter yang diukur adalah hasil implementasi FLC berupa durasi lamanya pompa aktif dan presentase kelembapan media tanam setelah dilakukan penyiraman. Hasil pengujian integrasi sistem secara keseluruhan ditunjukan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian integrasi sistem secara keseluruhan

No	*Input Value*		*Output Value*	
	Suhu (^oC)	Kelembapan Awal (%)	Kelembapan Akhir (%)	Durasi (detik)
1	23,00	65,00	100,00	18,59
2	25,00	65,00	100,00	21,24
3	25,00	90,00	98,89	7,50
4	26,00	85,65	94,78	9,38
5	26,00	23,48	97,39	50,63
6	27,00	79,13	100,00	15,00
7	27,00	90,00	100,00	15,00
8	28,00	28,26	100,00	38,86
9	28,00	81,30	95,65	9,51
10	29,00	60,43	99,13	22,13
Nilai rata-rata			98,58	20,78

Hasil pengujian pada Tabel 5 menunjukkan bahwa sistem dapat mengontrol kelembapan media tanam secara otomatis menggunakan logika *fuzzy* dengan kelembapan rata-rata sebesar 98,58% dan durasi penyiraman rata-rata sebesar 20,78 detik. Sedangkan, pada saat tahap penyemaian pertama kali dimulai, sistem dapat memberikan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman antara 300-500 ppm dengan memasukan nilai *setpoint* TDS pada aplikasi Blynk dan aktuator seperti kedua pompa peristaltik dan sebuah pengaduk akan aktif untuk mencampurkan nutrisi A dan B di dalam delapan liter air dengan nilai TDS sebesar 153 ppm pada reservoir. Hasil pencampuran nutrisi tersebut menghasilkan nilai TDS yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi tanaman yang telah dimasukan pada aplikasi Blynk. Hasil pengujian pencampuran nutrisi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian pencampuran nutrisi A dan B

No	Durasi peristaltik ON (ms)	Nilai *set point* TDS (ppm)	Nilai TDS setelah pencampuran nutrisi (ppm)	Galat (%)
1	4392,00	300,00	276,00	8,00
2	4392,00	300,00	281,00	6,33
3	6401,00	350,00	273,00	22,00
4	6401,00	350,00	295,00	15,71
5	7899,00	400,00	357,00	10,75
6	7899,00	400,00	363,00	9,50
7	9588,00	450,00	357,00	20,67
8	9588,00	450,00	387,00	14,00
9	10991,00	500,00	423,00	15,40
10	10991,00	500,00	444,00	11,20
Nilai galat rata-rata (%)				13,36

Hasil pengujian pencampuran nutrisi menunjukan bahwa proses pencampuran nutrisi di dalam air yang dibutuhkan oleh tanaman pada sistem ini memiliki nilai rata-rata galat sebesar 13,36%.

4. KESIMPULAN

Sistem kendali penyiraman pada tahap penyemaian hidroponik berdasarkan kelembapan media tanam dan suhu ruangan dapat dikendalikan menggunakan kendali logika *fuzzy* Tsukamoto untuk menentukan lamanya durasi penyiraman sehingga kelembapan media tanam dapat terjaga dengan kelembapan rata-rata sebesar 98,58% dengan durasi penyiraman rata-rata sebesar 20,78 detik. Pengendalian kadar nutrisi antara 300- 500 ppm pada air digunakan untuk penyiraman dapat dilakukan dengan rata- rata galat sebesar 13,36%. Sistem penyemaian hidroponik dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan internet pada aplikasi Blynk. Saran penelitian berikutnya adalah metode pencampuran nutrisi dapat dikembangkan lebih lanjut agar dapat memperkecil nilai galat terhadap *setpoint*.

REFERENSI

[1] A. I. Ramadhani, "Rancang Bangun Sistem Otomasi Kontrol Temperatur, Kelembapan dan Level Air pada Penyemaian Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler," *Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh November*, 2018.

[2] N. Alamsyah and D. Putri, "Rancang Bangun Penyiraman Bibit Tanaman Secara Otomatis Menggunakan Wemos D1 R2 (Studi Kasus : Persemaian Kebun Montaya PTPN VIII Gununghalu Kabupaten Bandung Barat)," *Jurnal Nuansa Informatika*, vol. 16, no. 1, pp. 108–115, 2022.

[3] S. Robiah, J. Indra, A. Fitri, and N. Masruriyah, "Penyiraman Air dan Nutrisi untuk Tanaman dalam Pot Secara Otomatis Menggunakan Arduino Uno D=dengan Algoritma Fuzzy Logic," *Scientific Student Journal for Information, Technology and Science*, vol. 3, no. 2, pp. 227–234, 2022.

[4] S. B. Mursalin and H. Sunardi, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy," *JURNAL ILMIAH INFORMATIKA GLOBAL*, vol. 11, no. 1, pp. 47–54, 2020.

[5] B. Sugandi and J. Armentaria, "Sistem PenyiramanTanaman Otomatis Menggunakan Metode Logika Fuzzy," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 5–8, 2021.

[6] A. I. P. Samudra and Misbah, "Rancang Bangun Alat Penyiram Kecambah Otomatis Menggunakan STM32F746G Discovery Dengan Metode Fuzzy Logic Control," *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 15, no. 2, pp. 1–9, 2020.

[7] A. A. A. P. Ardyanti, I. G. J. E. Putra, and I. N. Purnama, "Penyiraman Tanaman Otomatis dengan Metode Fuzzy Mamdani," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 106–112, 2021.

[8] M. A. Wijaya, R. Hanifah, and M. C. T. Manullang, "Purwarupa Penyiraman Otomatis dengan Arsitektur MQTT dan Logika Fuzzy Sugeno untuk Meningkatkan Keefektifan Manajemen Penyiraman Tanaman (Studi Kasus : ITERA)," *Jurnal Teknologi Informasi Universitas Lambung Mangkurat (JTIULM)*, vol. 5, no. 2, pp. 49–56, 2020.

[9] F. Nazareta, Fauziah, and G. Soepriyono, "Smart Agriculture: Pengendalian Kelembapan Dan Suhu Pada Penyiraman Otomatis Tanaman Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 839–854, 2022.

[10] R. Sirait and C. Botiwicaksono, "Sistem Kontrol Kelembaban Tanah Pada Tanaman Tomat Menggunakan PID Soil Moisture Control System on Tomato Plant using PID," *Jurnal Teknologi Informasi Techno.Com*, vol. 19, no. 3, pp. 262–273, 2020.

[11] S. I. Kuala, Y. H. Siregar, and N. D. Susanti, "Sistem Kendali Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS) pada Larutan Nutrisi Menggunakan CCT53200E," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 22, Apr 2019.

[12] A. W. Dani, "Optimalisasi Pertumbuhan Pada Sayuran Hidroponik Nutrient Film Technique Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 1, Feb 2020.

[13] J. Pramudya, "Hidroponik Pintar Menggunakan Internet Of Things untuk Pemantauan dan Kendali Kebutuhan Nutrisi Sayuran Pakcoy," *Journal of Academic & Multidicipline Research*, vol. 1, no. 1, hlm. 30–38, 2021.

[14] A. N. Sholihah, A. R. Al Tahtawi, and S. W. Jadmiko, "Sistem Kendali TDS untuk Nutrisi Hidroponik Deep Flow Technique Menggunakan Fuzzy Logic," *EPSILON :Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, vol. 19, no. 1, pp. 1–5, 2021.

[15] A. N. Sholihah, T. Tohir, and A. R. Al Tahtawi, "Kendali TDS nutrisi hidroponik deep flow technique berbasis IoT menggunakan fuzzy logic," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 1, no. 2, pp. 89–98, Sep 2021.

[16] A. P. Cahyaningtyas, E. Bambang, S. Puput, and W. Rusimamto, "Perbandingan Antara Kendali PID Dengan Fuzzy Pada Pengendalian pH Larutan Nutrisi Sistem Hidroponik Metode NFT (Nutrient Film Technique)," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO UNESA*, vol. 9, no. 3, pp. 791–801, 2020.