

Penerapan *Controlling* Auto Light Dimmer Menggunakan *Fuzzy Logic* Pada Hidroponik Indoor

Application of Auto Light Dimmer Controlling Using Fuzzy Logic in Indoor Hydroponics

Putri Fatimah Zahra Al-Gadri¹, Weny Indah Kusumawati^{2*}, Harianto³, Musayyanah⁴
^{1,2,3,4} Teknik Komputer, Universitas Dinamika

E-mail: ¹19410200003@dinamika.ac.id, ²weny@dinamika.ac.id*, ³hari@dinamika.ac.id,
⁴musayyanah@dinamika.ac.id

*penulis korespondensi

Abstrak

Negara dengan tingkat kepadatan tinggi pasti membutuhkan tempat tinggal yang banyak. Hidroponik memakai media bukan tanah adalah salah satu solusinya. Hidroponik di dalam ruangan memerlukan pengganti cahaya matahari. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem untuk mengontrol intensitas cahaya tanaman hidroponik dengan metode yang inovatif. Alat ini menyesuaikan kondisi cahaya di dalam ruangan dan daya keluaran yang sesuai dengan intensitas cahaya lampu hidroponik melalui proses fuzzy logic controller. Tingkat kesalahan untuk data sensor dari Bh1750 adalah sekitar 4.05%. Ketika nilai aktuator dinaikkan, perangkat dimmer juga naik secara linier. Namun, angkanya tidak stabil antara 1 sampai 10, dan lebih dari 80. Karena kenaikan yang terus-menerus tinggi dan penurunan yang terus-menerus rendah, keluaran menjadi tidak stabil selama pengujian sistem fuzzy pada set point rendah. Namun pada set point tinggi, sistem berhasil menyesaikannya ke nilai yang benar. Rise time 0.37 detik, SettlingMin 173.3300 lux, SettlingMax 945.83 lux, Overshoot 57.8%, dan Peak 956.7 lux, semua nilai di atas ada pada set point 600. Tanaman memiliki daun yang lebih lebar dan batang yang lebih tinggi apabila diberi set point tinggi, dibandingkan apabila diberi set point rendah.

Kata kunci: Fuzzy, Sensor BH1750, Dimmer, Hidroponik, MQTT

Abstract

Countries with high density levels definitely need a lot of places to live. Hydroponics using non-soil media is one solution. Indoor hydroponics requires a substitute for sunlight. Therefore, this research develops a system to control the light intensity of hydroponic plants with an innovative method. This tool adjusts the light conditions in the room and the output power according to the light intensity of the hydroponic lamp through a fuzzy logic controller process. The error rate for sensor data from Bh1750 is about 4.05%. When the actuator value is increased, the dimmer device also increases linearly. However, the numbers are unstable between 1 to 10, and over 80. Due to the persistently high increments and persistently low decreases, the output becomes unstable during testing of the fuzzy system at low set points. But at a high set point, the system manages to adjust it to the correct value. Rise time 0.37 seconds, SettlingMin 173.3300 lux, SettlingMax 945.83 lux, Overshoot 57.8%, and Peak 956.7 lux, all values above are at a set point of 600. Plants have wider leaves and taller stems when given a high set point, compared when given a low set point.

Keywords: Fuzzy, BH1750 Sensor, Dimmer, Hydroponics, MQTT

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah satu dari banyak negara di dunia yang jumlah penduduknya termasuk tinggi [1]. Dengan jumlah penduduk yang begitu besar, tidak dapat dipungkiri bahwa akan ada kebutuhan tempat tinggal yang begitu banyak. Bagi orang yang membudidayakan tanaman dan ingin memiliki usaha, hal ini dapat menjadi faktor penghambat.

Untuk masalah ini, salah satu solusinya adalah dengan menggunakan sistem hidroponik [2]. Hidroponik merupakan tanaman budidaya yang hanya memanfaatkan air tanpa menggunakan lahan. Prioritas pertama adalah memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman [3]. Dengan hidroponik, faktor penghambat tersebut dapat diminimalkan.

Hidroponik tidak hanya bisa dilakukan di luar ruangan, tetapi bisa juga di dalam ruangan. Saat melakukan hidroponik di dalam ruangan, perlu menggunakan pengganti cahaya matahari yang tidak dapat diperoleh. Contoh yang paling umum adalah menggunakan bohlam LED [4]. Untuk itu growing light digunakan untuk menggantikan cahaya matahari pada pertumbuhan tanaman. Penggunaan grow light lebih unggul dari sisi jumlah daun dan tinggi tanaman [5]. Penyinaran selama 14-16 jam setiap hari, dapat membuat tanaman sayuran dan buah-buahan tumbuh maksimal, seperti pada tanaman selada merupakan tanaman yang pertumbuhan dan perkembangannya membutuhkan lebih dari 12 jam intensitas penyinaran cahaya [6].

Menurut penelitian sebelumnya pada tahun 2020, fuzzy dimmer dibuat untuk mengontrol intensitas cahaya ruangan yang cocok dengan penggunaan sensor LDR. Logika fuzzy adalah logika yang dapat mengubah pernyataan ambigu menjadi pemahaman yang dapat dinyatakan dengan logika dalam bahasa yang dapat dimengerti manusia. Sistem ini dapat mengatur ruangan dalam kondisi cahaya yang stabil [7].

Karena itu di penelitian ini, dibuat sistem dengan inovasi mengontrol intensitas cahaya yang dipakai untuk tanaman hidroponik, sehingga pengeluaran daya yang dihasilkan dapat lebih stabil dibandingkan dengan growlight yang menyala dengan normal.

Dimmer yang dipakai pada penelitian ini adalah alat kontrol yang dapat memberikan beberapa variasi intensitas cahaya dan daya lampu [8]. Sistem membandingkan ambang batas cahaya ruangan dengan menggunakan sensor BH1750 dan memberi daya yang diperlukan untuk menghitung intensitas cahaya growlight hidroponik dengan menggunakan proses kontroler fuzzy. Dibandingkan dengan sensor LDR dan cahaya pada smartphone, sensor BH1750 memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi. Sensor BH1750 juga diterapkan pada panel surya untuk monitoring tanaman cabai berbasis IoT [9].

Sistem ini juga dapat dikontrol secara online sehingga memudahkan dalam memantau pertumbuhan tanaman dan memungkinkan pengguna mengatur intensitas cahaya yang diinginkan melalui smartphone untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Sebagai objek pengamatan, penelitian ini menggunakan tanaman Pakcoy. Tanaman pakcoy memerlukan intensitas cahaya sekitar 3.290 lux untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman [10].

Penelitian ini membuat sebuah sistem kendali Fuzzy untuk intensitas cahaya pada tanaman hidroponik indoor. Intensitas cahaya didapatkan dari pembacaan sensor BH170. Pengujiannya dilakukan pada dua wadah tanaman pak coy dengan set point rendah dan tinggi. Sistem Fuzzy dapat memberikan hasil yang stabil dengan set point tinggi serta memberikan pengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman pakcoy. Selama pengujian, tanaman pakcoy berdaun lebar dan tinggi.

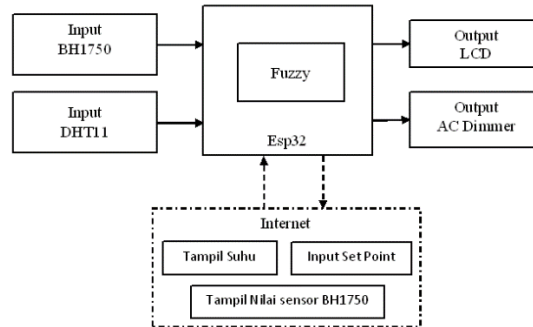
Kontribusi dari artikel ini adalah sebagai berikut:

1. Penerapan sistem kendali Fuzzy pada tanaman hidroponik indoor, yang memberikan hasil yang baik pada tanaman hidroponik dengan set point tinggi
2. Parameter *set point* pada Fuzzy dilakukan secara jarak jauh menggunakan aplikasi MQTT Broker
3. Selain proses kendali dengan Fuzzy, artikel ini juga melakukan pantauan atau monitoring terhadap parameter hidroponik indoor seperti suhu dan nilai intensitas cahaya.

2. METODE PENELITIAN

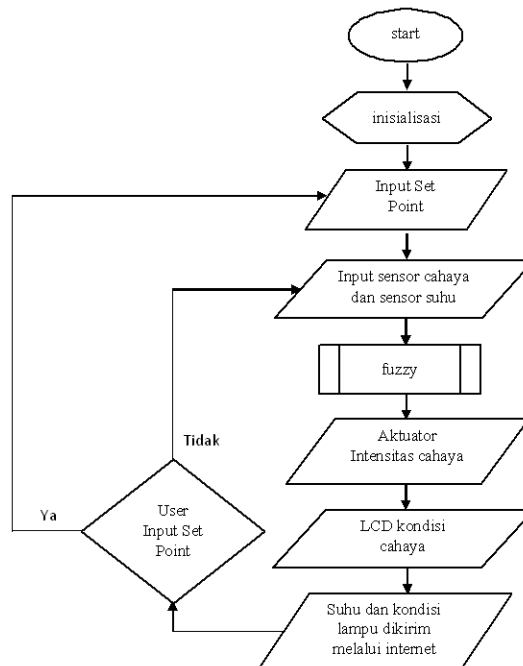
2.1 Model Perancangan Sistem

Diagram skema sistem auto light dimmer hidroponik dapat dilihat pada gambar 1. Diagram tersebut terdiri dari beberapa komponen input, proses, dan output yang memiliki fungsi masing-masing.



Gambar 1 Blok diagram sistem

Gambar 1 adalah diagram blok sistem dengan input sensor BH1750 dan sensor suhu. Input sensor BH1750 ditampilkan di layar LCD dan jaringan/internet, dan input sensor suhu dapat dipantau melalui jaringan. Mikrokontroler ESP32 mengolah input sensor BH1750 menggunakan metode fuzzy untuk mengambil keputusan output AC Dimmer sebagai aktuator. Nilai dari intensitas cahaya dan suhu yang terekam dikirim melalui internet sehingga dapat dipantau. Pengguna juga dapat memasukkan set point yang diinginkan melalui Internet. Sistem ini memiliki 2 fuzzy yang sama untuk perbandingan plant box.



Gambar 2. Diagram alir sistem

Diagram alir pada gambar di atas menunjukkan bahwa set point dimasukkan bersama dengan sensor cahaya dan suhu selama eksekusi program. Nilai dari sensor cahaya dan set point dimasukkan ke dalam fuzzy untuk diproses dengan memetakan hasil masukan untuk menentukan nilai yang benar. Pada proses terakhir (defuzzifikasi) sistem mengubah aturan himpunan fuzzy

menjadi bilangan real. Hasil dari perubahan tersebut menghasilkan luaran yang mengontrol kinerja aktuator dimmer. Lalu LCD menampilkan kondisi cahaya yang terdeteksi oleh sensor cahaya dan nilai sensor cahaya dan suhu dikirim lewat internet. Kemudian software mendeteksi apakah ada nilai set point baru, jika ada, maka nilai set point baru yang masuk ke fuzzy, tetapi jika tidak, maka nilai set point lama yang masuk ke fuzzy.

2.2 Sistem Fuzzy

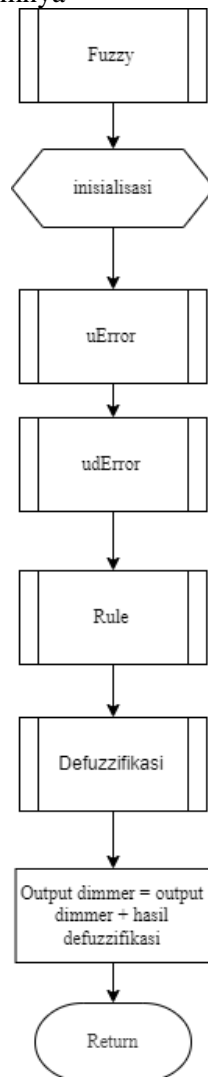
Penelitian ini menggunakan metode fuzzy sugeno orde nol. Sensor intensitas cahaya menjadi inputan fuzzy. Dimana sensor dibandingkan dengan set point untuk mencari nilai error dan nilai error. Nilai error sensor diperoleh dari persamaan (1) dan derror (delta error) diperoleh dari persamaan (2).

$$\text{Error input fuzzy} = sp - \text{sensor cahaya} \quad (1)$$

$$\text{dError input fuzzy} = E_{\text{now}} - E_{\text{prev}} \quad (2)$$

Keterangan:

- Sp : Set Point
- Sensor cahaya : Input sensor BH1750
- E_{now} : Error Sekarang
- E_{prev} : Error Sebelumnya

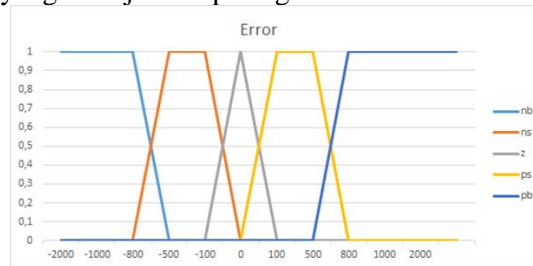


Gambar 3. Diagram alir fuzzy

Diagram alir pertama dari kontrol sistem fuzzy melakukan inisialisasi program.

Kemudian error yang terdeteksi oleh sensor cahaya dihitung dengan rumus (1) dan dicari nilai keanggotaan dError. Lalu, nilai keanggotaan dError dicari dengan rumus (2) dan diproses sesuai dengan aturan yang ditentukan. Pada proses defuzzifikasi, nilai setiap keanggotaan diproses dan menghasilkan luaran plus atau minus untuk menentukan naik atau turunnya luaran aktuator.

Ada 5 kategori himpunan fuzzifikasi input error, yaitu: negative big (nb), negative small (ns), zero (z), positive small (ps), dan positive big (pb). Rentang himpunan yang dipakai adalah dari -2000 hingga 2000 error. Sedangkan fuzzifikasi derror mempunyai himpunan yang sama dengan himpunan error, yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Himpunan error

Pada sistem ini keluaran fuzzy merupakan nilai tambah pada aktuator dimmer. Hasil fuzzy menentukan apakah nilai aktuator harus dinaikkan atau sebaliknya. Tabel aturan digunakan untuk mencari nilai fuzzy output yang diperoleh dari nilai fuzzy input, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Rule fuzzy output

Error dError	NB	NS	Z	PS	PB
NB	-50	-50	-50	-5	0
NS	-50	-50	-5	0	5
Z	-50	-5	0	5	50
PS	-5	0	5	50	50
PB	0	5	50	50	50

2.3 Rancangan Elektronika

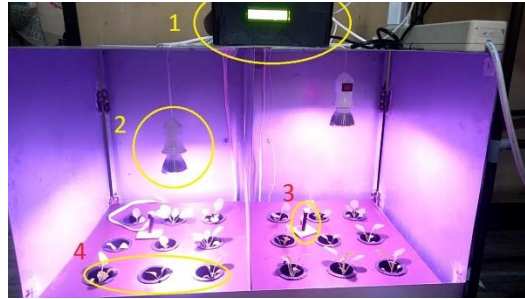
Gambar 5 adalah rangkaian skematik keseluruhan yang dirancang menggunakan software Fritzing. Daftar pinout disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Pinout rangkaian

Komponen	Pin Out
AC Light Dimmer A	25 (ZeroCross), 26 (PWM)
AC Light Dimmer B	16 (ZeroCross), 17 (PWM)
Sensor BH1750 A	21 (SDA), 22 (SCL)
Sensor BH1750 B	18 (SDA), 19 (SCL)
Sensor Suhu	13

2.4 Rancangan Mekanik

Model rancangan mekanik alat ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Kotak tersebut dibagi menjadi dua bagian untuk melihat pertumbuhan tanaman pada intensitas yang berbeda. Nomor satu pada gambar 6 menunjukkan letak kotak mikrokontroler diatas kotak hidroponik. Posisi lampu yang menggantung di kotak hidroponik ditunjukkan pada nomor dua. Intensitas cahaya yang dideteksi oleh sensor cahaya ditunjukkan oleh nomor tiga. Nomor terakhir adalah tanaman hidroponik yang dikembangkan.



Gambar 6 Kotak hidroponik



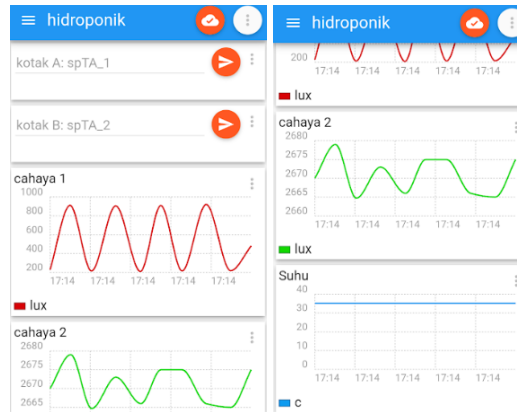
Gambar 7 Kotak hidroponik tampak atas



Gambar 8 Kotak mikrokontroler

2.5 MQTT

Informasi di bawah ini adalah contoh MQTT yang menunjukkan cara memasukkan nilai set point, membaca sensor cahaya dan suhu, serta memasukkan nilai set point pada kotak A dan B.



Gambar 9 Tampilan MQTT

Box panel A digunakan oleh pengguna (user) untuk memberikan input setpoint ke dimmer A pada box A. Panel box B juga digunakan untuk pengaturan input set point dimmer B. Cahaya 1 adalah lux yang dihasilkan oleh sensor cahaya A, dan cahaya 2 adalah lux yang dihasilkan oleh sensor cahaya B. Panel suhu digunakan untuk memantau suhu sekitar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Sensor BH1750

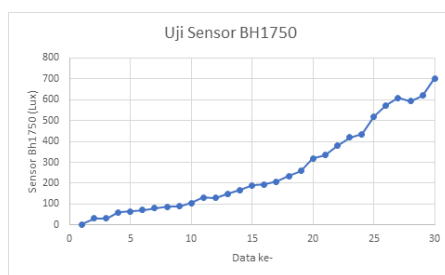
Pengujian Sensor BH1750 digunakan untuk menentukan tingkat intensitas cahaya yang paling tepat yang diperbolehkan pada ruangan. Pengujian sensor BH1750 dengan menggunakan lux meter untuk menghitung error, memakai persamaan (3).

$$Error = \left| \frac{sensor\ bh1750 - Lux\ meter}{Lux\ meter} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 3. Uji sensor BH1750

Data ke-	Sensor BH1750	Lux meter	error %
1	1.67	2	16.5
2	31.7	36	11.9
3	30.83	35	11.9
4	60	65	7.69
5	65	71	8.45
6	71	77	7.79
7	80.3	86	6.63
8	88.3	93	5.05
9	90	95	5.26
10	105	111	5.41
11	131.67	132	0.25
12	129.17	137	5.72
13	150	158	5.06
14	167.5	176	4.83
15	190	193	1.55
16	195	202	3.47
17	206.7	211	2.04
18	235	235	0
19	260	270	3.7
20	320	321	0.31
21	335	338	0.89
22	380.3	380	0.1
23	420	423	0.71
24	435	442	1.58
25	519.17	525	1.11
26	574	578	0.69
27	610	610	0
28	594.17	596	0.31
29	621	626	0.8

Data ke-	Sensor BH1750	Lux meter	error %
30	702.5	717	2.02
Rata-rata error			4.05



Gambar 10 Grafik uji sensor BH1750

Tabel 4. Pengiriman data sensor ke MQTT

Data ke-	Pengiriman data sensor ke MQTT	Data yang diterima	Error %
1	1.67	1.67	0
2	31.7	31.7	0
3	30.83	30.83	0
4	60	60	0
5	65	65	0
6	71	71	0
7	1.67	1.67	0
8	31.7	31.7	0
9	30.83	30.83	0
10	60	60	0
11	65	65	0
12	71	71	0
13	80.3	80.3	0
14	88.3	88.3	0
15	90	90	0
16	105	105	0
17	131.67	131.67	0
18	129.17	129.17	0
19	150	150	0
20	167.5	167.5	0
21	190	190	0
22	195	195	0
23	206.7	206.7	0
24	235	235	0
25	260	260	0
26	320	320	0
27	335	335	0
28	380.3	380.3	0
28	420	420	0
29	435	435	0
30	519.17	519.17	0
Error			0

Percobaan dilakukan dengan cara memberi jarak sumber cahaya semakin mendekati sensor. Percobaan sensor BH1750 dalam tabel 3, nilai lux meter dibandingkan dengan nilai sensor, dan menghasilkan rata-rata error 4.05%. Data sensor berhasil dikirimkan tanpa kesalahan menggunakan MQTT, seperti terlihat pada tabel 4.

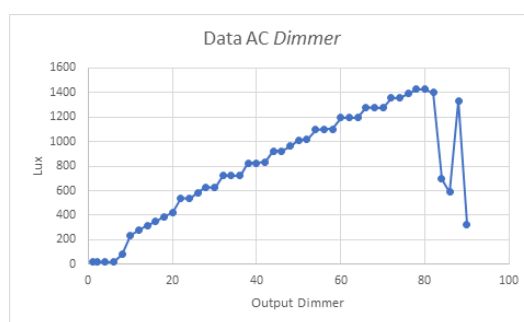
3.2 Hasil Uji AC Light Dimmer

Pengujian AC Light Dimmer dipakai untuk memahami kinerjanya untuk meredupkan lampu Growlight. Lux meter digunakan untuk mengukur intensitas growlight.

Tabel 5. Uji dimmer

No	Output Dimmer	Lux meter	Keterangan
1.	1	18	Mati
2.	2	18	Mati
3.	4	18	Mati
4.	6	18	Mati

No	Output Dimmer	Lux meter	Keterangan
5.	8	82	Kedip Cepat
6.	10	235	Kedip Lambat
7.	12	276	Normal
8.	14	318	Normal
9.	16	348	Normal
10.	18	387	Normal
11.	20	420	Normal
12.	22	539	Normal
13.	24	534	Normal
14.	26	584	Kedip Cepat
15.	28	628	Normal
16.	30	623	Normal
17.	32	722	Normal
18.	34	722	Normal
19.	36	724	Normal
20.	38	824	Normal
21.	40	824	Normal
22.	42	836	Kedip Cepat
23.	44	924	Normal
24.	46	924	Normal
25.	48	964	Kedip Cepat
26.	50	1013	Normal
27.	52	1016	Normal
28.	54	1098	Kedip Cepat
29.	56	1103	Normal
30.	58	1103	Normal
31.	60	1195	Normal
32.	62	1195	Normal
33.	64	1195	Normal
34.	66	1282	Normal
35.	68	1278	Normal
36.	70	1278	Normal
37.	72	1358	Normal
38.	74	1358	Normal
39.	76	1392	Normal
40.	78	1430	Kedip Lambat
41.	80	1428	Normal
42.	82	1403	Normal
43.	84	695	Kedip Cepat
44.	86	588	Kedip Cepat
45.	88	1336	Kedip Cepat
46.	90	321	Kedip Cepat

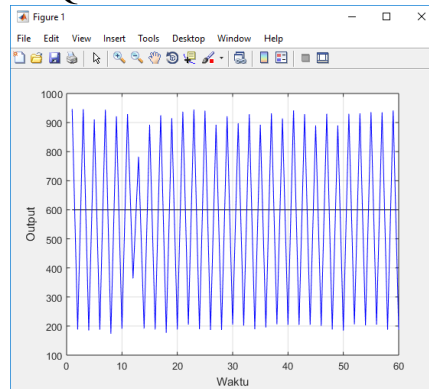


Gambar 11 Grafik uji Dimmer

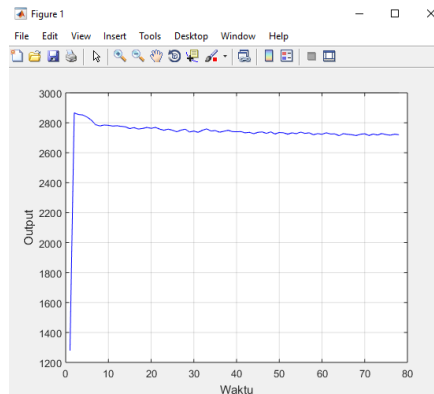
Tabel uji dimmer membandingkan nilai lux meter dengan dimmer. Setiap nilai aktuator meningkat, nilai lux juga meningkat. Akan tetapi, nilai menjadi tidak stabil di kisaran nilai 1 sampai 10, dan lebih dari 80. Pada tabel uji dimmer juga diberi keterangan lampu, yaitu berkedip-lambat atau cepat.

3.3 Hasil Uji Sistem Auto Light Dimmer

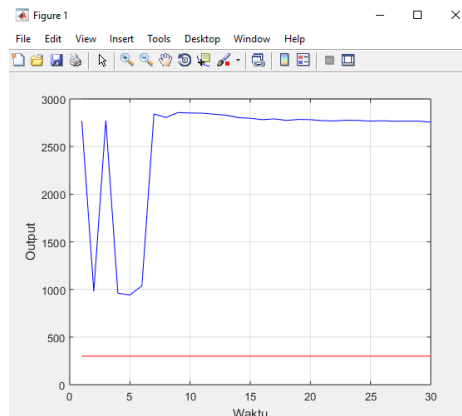
Pengujian ini dilakukan untuk menguji kinerja sistem secara keseluruhan, yaitu untuk mengetahui apakah seluruh komponen dapat berfungsi dengan baik sekaligus mengamati hasilnya. Pengujian sistem ini bertujuan untuk mengatur keluaran dimmer agar intensitas cahaya growlight dapat diatur. Selain itu mencari nilai rise time, settlingMin, settlingMax, overshoot, undershoot, dan peak. Nilai tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus pada Matlab untuk menentukan kestabilan sistem. Set point dan perilaku yang berbeda dilakukan pada pengujian ini jika terjadi perubahan set point. Data yang diambil saat pengujian adalah setiap 1 detik, dan set point diinputkan menggunakan MQTT.



Gambar 12 grafik set point 600



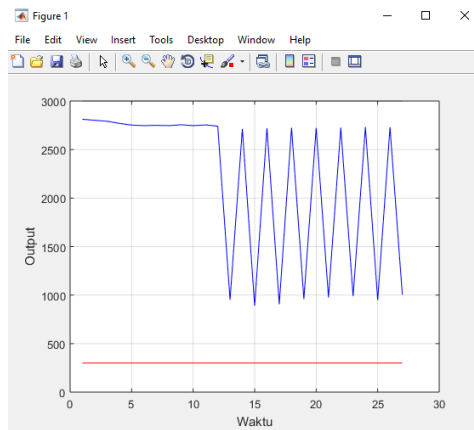
Gambar 13. Grafik set point 3000



Gambar 14 grafik set point 300 ke 3000

Tabel 6 Pengiriman set point menggunakan MQTT

Data ke-	Set point yang dikirim (ratusan)	Set point yang diterima (ratusan)	Error %
1.	6	6	0
2.	30	30	0
3.	1	1	0
4.	10	10	0
5.	10	10	0
6.	1	1	0
7.	3	3	0
8.	30	30	0
9.	30	30	0
10.	3	3	0
Error rata-rata			0



Gambar 15 grafik set point 3000 ke 300

Dapat dilihat bahwa dari hasil pengamatan sistem berhasil mengejar nilai set point. Saat nilai set point tinggi, sistem berhasil naik mendekati nilai tersebut. Namun jika nilai rendah, kondisi sistem naik turun, tetapi nilainya tetap. Saat nilai set point rendah sekali, nilai sistem naik dan turun sangat jauh. Hal ini terjadi karena sensor dan aktuator tidak mempunyai nilai mutlak, sehingga nilai sistem juga ikut berubah-ubah. Tabel 7 dan tabel 8 menunjukkan nilai sistem kontrol di set point 600 dan set point 3000, sedangkan pengiriman data sensor menggunakan MQTT berhasil dengan baik yang terlihat pada tabel 6.

Tabel 7. Uji sistem set point 600

Rise Time	0.3657 s
SettlingMin	173.3300 lux
SettlingMax	945.83 lux
Overshoot	57.7783 %
Undershoot	0
Peak	956.6700 lux

Tabel 8. Uji sistem set point 3000

Rise Time	0.8675 s
SettlingMin	2714 lux
SettlingMax	2866 lux
Overshoot	0
Undershoot	0
Peak	2866 lux

3.4 Hasil Uji Sistem Tanaman

Pada pengujian ini, untuk mengetahui perkembangan tanaman, dibuat perbandingan antara tanaman yang mempunyai intensitas cahaya tinggi dengan tanaman yang mempunyai intensitas cahaya rendah. Tanaman yang dipakai pada pengujian ini adalah pakcoy yang sudah

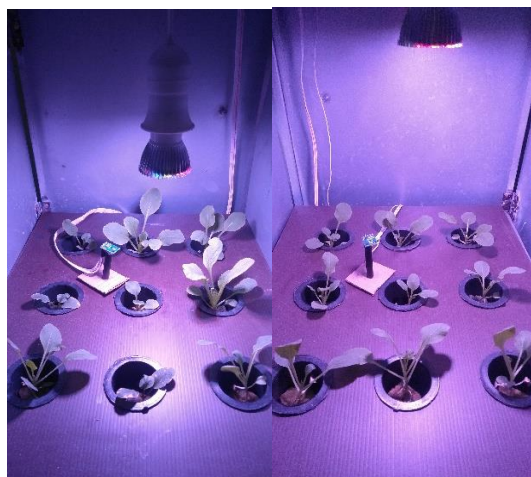
tumbuh 3 minggu pada media rockwool. Pada kotak A diberikan nilai set point 600, dan pada kotak B diberikan nilai set point 3000.

Tabel 9. Pengamatan tanaman

Hari ke-	Kotak A		
	Panjang Tanaman (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah Daun
1.	2.9	1.3	3
2.	3	1.4	3
3.	3	1.4	4
4.	3	1.4	4
5.	3.1	1.5	4
6.	3.1	1.5	4
7.	3.1	1.5	4
8.	3.1	1.5	4
9.	3.1	1.5	4
10.	3.1	1.5	4
11.	3.1	1.5	4
12.	3.2	1.5	4
13.	3.3	1.5	3
14.	3.3	1.5	3
Hari ke-	Kotak B		
	Panjang Tanaman (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah Daun
1.	2.7	1.6	2
2.	2.7	1.7	2
3.	2.8	1.7	3
4.	2.8	1.7	3
5.	3	1.7	3
6.	3	1.7	3
7.	3.1	1.7	3
8.	3.2	1.7	3
9.	3.2	1.7	3
10.	3.2	1.7	3
11.	3.2	1.7	3
12.	3.2	1.7	3
13.	3.3	1.8	3
14.	3.3	1.8	3



Gambar 16 Tanaman hari pertama



Gambar 17 Tanaman hari keempat belas

Hasil pengamatan terlihat bahwa pertumbuhan tanaman kotak B sedikit lebih panjang daripada kotak A. Lebar daun antara kedua kotak tidak terlihat perbedaannya. Jumlah daun yang tumbuh juga tidak terlalu berbeda. Perbandingan gambar hari ke satu dengan ke empat belas terlihat bahwa tanaman menghadap ke arah cahaya, dan kotak B dengan nilai set point tinggi menghasilkan tanaman dengan daun yang sedikit lebih besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pengujian terhadap peralatan dan kinerja sistem, didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Fuzzy diaplikasikan pada mikrokontroler yang mengontrol dimmer lampu growlight. Sistem menggunakan sensor BH1750 sebagai masukan. Pengujian sistem fuzzy dengan set point bernilai rendah menyebabkan keluaran tidak stabil karena nilai naik terlalu tinggi dan nilai turun terlalu rendah. Namun saat nilai set point tinggi, sistem dapat menyesuaikannya ke nilai set point yang benar. Dalam sistem ini, nilai set point yang berubah-ubah dapat digunakan dengan baik.
2. Sistem fuzzy dengan set point 600 didapatkan rise time 0.37 detik, SettlingMin 173.3300 lux, SettlingMax 945.83 lux, Overshoot 57.8%, Peak 956.7 lux. Untuk set point 3000 didapatkan rise time 0.87 detik, SettlingMin 2714 lux, SettlingMax 2866 lux, Overshoot 0, Peak 2866 lux.
3. Suhu dan sensor cahaya dapat dimonitor lewat internet. Pengguna juga dapat memasukkan set point melalui MQTT untuk memantau perubahan set point.
4. Tanaman dengan nilai set point tinggi menghasilkan daun lebih besar dan batang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman dengan nilai set point rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Fitriana, W. Gunawan, and A. P. Sari, "Studi Komparasi Algoritma Klasifikasi C5.0, SVM dan Naive Bayes dengan Studi Kasus Prediksi Banjir," *Techno.Com*, vol. 21, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.33633/tc.v21i1.5348.
- [2] R. E. Warjoto, T. Barus, and J. Mulyawan, "Pengaruh Media Tanam Hidroponik terhadap Pertumbuhan Bayam (*Amaranthus sp.*) dan Selada (*Lactuca sativa*)," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 20, no. 2, pp. 118–125, 2020, doi: 10.25181/jppt.v20i2.1610.
- [3] R. Amalia, "Hidroponik Untuk Meningkatkan Ekonomi Keluarga," *J. Sci. Innov. Technol.*, vol. 2, no. 2, p. 17, 2022, doi: <https://doi.org/10.47701/sintech.v2i2.1882>.
- [4] H. Banjaransari, H. H. Nuha, and F. A. Yulianto, "Perancangan Sistem Pencahayaan Otomatis Menggunakan RTC (Real Time Clock) Berbasis Arduino untuk Tanaman

- Hidroponik dalam Ruangan,” *eProceedings Eng.*, vol. 9, no. 4, pp. 1974–1984, 2022, doi: <https://doi.org/10.34818/eoe.v9i4.18266>.
- [5] Y. Prasetia, A. G. Putrada, and A. Rakhmatsyah, “Evaluation of IoT-Based Grow Light Automation on Hydroponic Plant Growth,” *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 2, p. 314, 2021, doi: [10.26555/jiteki.v7i2.21424](https://doi.org/10.26555/jiteki.v7i2.21424).
- [6] A. A. Suhandoko, S. Sumarsono, and E. D. Purbajanti, “Produksi selada (*Lactuca sativa* l.) dengan penyinaran lampu led merah dan biru di malam hari pada teknologi hidroponik sistem terapung termodifikasi,” *J. Agro Complex*, vol. 2, no. 1, p. 79, Feb. 2018, doi: [10.14710/joac.2.1.79-85](https://doi.org/10.14710/joac.2.1.79-85).
- [7] A. Al Hafiz, “Implementasi Metode Fuzzy Logic Pada Intensitas Lampu di Laboratorium Berbasis Arduino,” *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 19, no. 2, p. 36, 2020, doi: [10.53513/jis.v19i2.2422](https://doi.org/10.53513/jis.v19i2.2422).
- [8] V. Venny and E. Setyaningsih, “Perancangan dan Realisasi Automatic Dimming Light,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 24, no. 1, p. 82, 2022, doi: [10.24912/tesla.v24i1.18444](https://doi.org/10.24912/tesla.v24i1.18444).
- [9] S. Wahyu, M. Syafaat, A. Yuliana, and R. Meliyani, “Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT),” *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 9, no. 1, pp. 71–78, 2021, doi: [10.23960/jtaf.v9i1.2713](https://doi.org/10.23960/jtaf.v9i1.2713).
- [10] B. H. Saputra, “Kendali Suplai Nutrisi Dan Cahaya Pada Hidroponik Tanaman Sawi Pakcoy Dengan Sistem Nft,” *JEC Vol. 7 No. 1*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.32531/jelekn.v7i1.347>.