SISTEM *AUTO LIGHT DIMMER* PADA HIDROPONIK *INDOOR* BERBASIS IOT MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLER*

LAPORAN TUGAS AKHIR

Program Studi
S1 Teknik Komputer

Oleh:

PUTRI FATIMAH ZAHRA AL GADRI

19410200003

FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA
2023

SISTEM *AUTO LIGHT DIMMER* PADA HIDROPONIK *INDOOR B*ERBASIS IOT MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Sarjana Teknik Komputer

UNIVERSITAS Dinamika

Oleh :

Nama : Putri Fatimah Zahra Al Gadri

NIM : 19410200003

Program : S1 (Strata Satu)

Jurusan : Teknik Komputer

FALKUTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA
2023

TUGAS AKHIR

SISTEM *AUTO LIGHT DIMMER* PADA HIDROPONIK *INDOOR* BERBASIS IOT MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Putri Fatimah Zahra Al Gadri

NIM: 19.41020.0003

Telah diperiksa, dibahas dan disetujui oleh Dewan Pembahas

Pada : 06 Januari 2023

Susunan Dewan Pembahas

Pembimbing:

I. Harianto, S.Kom., M.Eng.

NIDN 0722087701

cn=Harianto Harianto, o=Universitas Dinamika, ou=Prodi S1 Teknik Komputer email=hari@dinamika.ac.id, c=ID 2023.01.06 13:08:01 +07'00'

II. Musayyanah S.ST., M.T.

NIDN 0730069102

Digitally signed by Musayyanah DN: cn=Musayyanah, o=Universitas Dinamika, ou=S1 Teknik Komputer, email=musayyanah@dinamika.ac.id, c=ID Date: 2023.01.06 13:36:43 +07'00' Adobe Acrobat Reader version: 2021.009.20082

Pembahas:

Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.

NIDN. 0721047201

Universitas Dinamika 2023.01.06 14:39:08 +07'00'

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana

Digitally signed by Universitas Dinamika Date: 2023.01.18 07:17:06 +07'00'

Tri Sagirani, S.Kom., M.MT.

NIDN : 0731017601

Dekan Falkutas Teknologi dan Informatika

UNIVERSITAS DINAMIKA

"Tujuan pendidikan itu untuk mempertajam kecerdasan, memperkukuh kemauan, serta memperhalus perasaan"

~Tan Malaka~

UNIVERSITAS Dinamika

Dipersembahkan kepada Ibu, Bapak dan Keluarga saya atas dukungan, motivasi, dan doa terbaik yang diberikan kepada saya. Beserta semua orang yang selalu membantu, mendukung, memberi masukan, dan memberi motivasi agar tetap berusaha dan belajar agar menjadi lebih baik.

UNIVERSITAS Dinamika

PERNYATAAN

PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai mahasiswa **Universitas Dinamika**, Saya :

Nama	: **Putri Fatimah Zahra Al-Gadri**
NIM	: **19410200003**
Program Studi	: **S1 Teknik Komputer**
Fakultas	: **Falkutas Teknologi dan Informatika**
Jenis Karya	: **Laporan Tugas Akhir**
Judul Karya	: **SISTEM *AUTO LIGHT DIMMER* PADA HIDROPONIK *INDOOR* BERBASIS IOT MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER***

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, Saya menyetujui memberikan kepada **Universitas Dinamika** Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (***Non-Exclusive Royalty Free Right***) atas seluruh isi/sebagian karya ilmiah Saya tersebut diatas untuk disimpan, dialihmediakan, dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (***database***) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
2. Karya tersebut diatas adalah hasil karya asli Saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya, atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini semata-mata hanya sebagai rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka Saya.
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiasi pada karya ilmiah ini, maka Saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada Saya.

Surabaya, 12 Desember 2022

METERAI TEMPEL
E5A5BAKX192435544

Putri Fatimah Zahra Al-Gadri
NIM : 19410200003

ABSTRAK

Indonesia adalah negara yang memiliki tingkat kepadatan tinggi. Dengan jumlah penduduk yang banyak, tentunya membutuhkan lahan tempat tinggal yang banyak pula. Hidroponik menggunakan media tanpa tanah, sehingga tidak memerlukan banyak lahan. Hidroponik *indoor* memerlukan pengganti cahaya matahari dalam pertumbuhannya. Karena itu di penelitian ini, dibuat sistem dengan inovasi mengontrol intensitas cahaya yang dipakai untuk tanaman hidroponik. Alat ini membandingkan kondisi pencahayaan ruangan dan mengeluarkan daya yang sesuai untuk menentukan intensitas cahaya *growlight* hidroponik melalui proses *Fuzzy logic controller*. Hasil pengujian Sensor Bh1750 memiliki error sebesar 4.05%. Pengujian dimmer berhasil naik secara linear setiap nilai aktuator ditingkatkan. Namun nilai tidak stabil di rentang 1-10 dan diatas 80. Pada pengujian sistem *Fuzzy* di *set point* rendah, keluaran menjadi tidak stabil karena naik terlalu tinggi dan turun terlalu rendah. Namun ketika *set point* tinggi, sistem berhasil mengejar *set point* dengan baik. Perubahan *set point* juga dapat diterapkan dengan baik dalam sistem ini. Pada *set point* 600 ditemukan rise time sebesar 0.37 detik, *SettlingMin* 173.3300 lux, *SettlingMax* 945.83 lux, *Overshoot* 57.8%, *Peak* 956.7 lux. Tanaman dengan *set point* tinggi memiliki daun yang lebih besar dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi *set point* rendah.

Kata Kunci: *Hidroponik, Dimmer, MQTT, Fuzzy Sugeno, BH1750, Intensitas Cahaya.*

UNIVERSITAS Dinamika

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang telah diberikan - Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Laporan ini adalah sebagai salah satu syarat Tugas Akhir pada Program Studi S1 Teknik Komputer Universitas Dinamika. Dalam usaha menyelesaikan penulisan Laporan Kerja Praktik ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak baik moral maupun materi. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT, karena dengan rahmat-Nya dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Ibu, Ayah, dan saudara keluarga penulis yang telah memberikan dorongan dan bantuan baik moral maupun materi, sehingga penulis dapat menempuh laporan tugas akhir ini.
3. Kepada Bapak Harianto S.Kom., M.Eng., Terima kasih atas ijin dan bimbingan yang diberikan dan kesempatannya serta tuntunan baik itu materi secara tertulis maupun lisan, sehingga penulis dapat melaksanakan Tugas Akhir dengan baik.
4. Ibu Musayyanah, S.ST., M.T. Selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan masukan dan solusi agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
5. Teman-teman S1 Teknik Komputer angkatan 2019 Universitas Dinamika, yang telah menemani penulis dalam menempuh jenjang program sarjana.
6. Teman terdekat tidak bisa disebutkan satu persatu dalam kesempatan ini, yang telah membantu doa dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian laporan ini

Penulis berharap semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan imbalan yang setimpal atas segala bantuan yang diberikan.

Surabaya, 6 Januari 2023

Penulis

UNIVERSITAS Dinamika

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II LANDASAN TEORI 4
2.1 Hidroponik 4
2.2 *Growlight* 5
2.3 Logika Fuzzy 6
2.4 Esp32 8
2.5 Sensor BH1750 9
2.6 Dimmer Robotdyn 10
2.7 DHT11 11
2.8 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2 12
2.9 MQTT 12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 14
3.1 Metodologi Penelitian 14
3.1.1 *Input* 14
3.1.2 Proses 15
3.1.3 *Output* 15
3.1.4 Internet 15
3.2 Sistem Fuzzy 15

UNIVERSITAS Dinamika

3.2.1 *Input* Fuzzy Sugeno 15
3.2.2 Himpunan Error 16
3.2.3 Himpunan Delta Error 17
3.2.4 *Output* Fuzzy Sugeno 17
3.3 *Flowchart* 19
3.3.1 Kontrol sistem 19
3.3.2 Sistem Fuzzy 20
3.3.3 Fuzzy Keanggotaan 21
3.3.4 Evaluasi Rule 22
3.3.5 Minimal 23
3.3.6 Defuzzifikasi 23
3.4 Model Rancang Elektronika 24
3.5 Model Rancang Mekanik 25
3.6 Tampilan MQTT 27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1 Pengujian Sensor BH1750 28
4.1.1 Tujuan Pengujian Sensor BH1750 28
4.1.2 Alat Yang Digunakan di Pengujian Sensor BH1750 28
4.1.3 Prosedur Pengujian Pengujian Sensor BH1750 28
4.1.4 Hasil Pengujian Sensor BH1750 29
4.1.5 Analisis Data Pengujian Sensor BH1750 30
4.2 Pengujian Dimmer 30
4.2.1 Tujuan Pengujian Dimmer 30
4.2.2 Alat Yang digunakan di Pengujian Dimmer 31
4.2.3 Prosedur Pengujian Dimmer 31
4.2.4 Hasil Pengujian Dimmer 31
4.2.5 Analisis Data Pengujian Dimmer 33
4.3 Pengujian LCD 16x2 33
4.3.1 Tujuan Pengujian LCD 16x2 33
4.3.2 Alat Yang digunakan di Pengujian LCD 16x2 33
4.3.3 Prosedur Pengujian LCD 16x2 34
4.3.4 Hasil Pengujian LCD 16x2 34

UNIVERSITAS Dinamika

4.4 Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer* 34
4.4.1 Tujuan Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer* 34
4.4.2 Alat Yang Digunakan di Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer* 34
4.4.3 Prosedur Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer*..... 35
4.4.4 Hasil Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer* 35
4.4.5 Analisis Data Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer* 40
4.5 Pengujian Sistem pada Tanaman..... 40
4.5.1 Tujuan Pengujian Sistem pada Tanaman 40
4.5.2 Alat Yang Digunakan di Pengujian Sistem pada Tanaman 40
4.5.3 Prosedur Pengujian Sistem pada Tanaman 41
4.5.4 Hasil Pengujian Sistem pada Tanaman 41
4.5.5 Analisis Data Pengujian Sistem pada Tanaman..... 43
BAB V PENUTUP 44
5.1 Kesimpulan..... 44
5.2 Saran..... 44
DAFTAR PUSTAKA..... 45
LAMPIRAN 47
BIODATA PENULIS..... 64

UNIVERSITAS Dinamika

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Hidroponik Sistem Wick 5
Gambar 2. 2 *Growlight* 6
Gambar 2. 3 Kurva Trapesium 7
Gambar 2. 4 ESP32 8
Gambar 2. 5 Sensor BH1750 9
Gambar 2. 6 Blok Diagram Sensor BH1750 9
Gambar 2. 7 AC *Light Dimmer* 11
Gambar 2. 8 Sensor DHT11 11
Gambar 2. 9 LCD I2C 16x2 12
Gambar 2. 10 Ilustrasi Pub/Sub MQTT 13
Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem 14
Gambar 3. 2 Himpunan Error 16
Gambar 3. 3 Himpunan dError 17
Gambar 3. 4 *Flowchart* Sistem 19
Gambar 3. 5 *Flowchart* Kontrol Sistem Fuzzy 20
Gambar 3. 6 *Flowchart* Keanggotaan Error *Negative Small* 21
Gambar 3. 7 *Flowchart* Keanggotaan dError *Negative Small* 22
Gambar 3. 8 *Flowchart* Evaluasi Rule 22
Gambar 3. 9 *Flowchart* Minimal 23
Gambar 3. 10 *Flowchart* Defuzzikasi 24
Gambar 3. 11 Rangkaian Elektronika 24
Gambar 3. 12 Kotak Hidroponik 26
Gambar 3. 13 Hidroponik tampak atas 26
Gambar 3. 14 Kotak Mikrokontroler 26
Gambar 3. 15 Tampilan MQTT 27
Gambar 4. 1 Pengujian Sensor BH1750 dengan Lux meter 29
Gambar 4. 2 Grafik Uji Sensor Bh1750 30
Gambar 4. 3 *Dimmer* dengan Kabel *Growlight* 31
Gambar 4. 4 Grafik *Output Dimmer* 33

UNIVERSITAS Dinamika

Gambar 4. 5 Uji LCD 16x2 34
Gambar 4. 6 Grafik *Set point* 600 36
Gambar 4. 7 Grafik *Set point* 3000 36
Gambar 4. 8 Grafik perubahan *set point* 100 ke 1000 37
Gambar 4. 9 Grafik perubahan *set point* 1000 ke 100 37
Gambar 4. 10 Grafik *set point* 300 ke 3000 38
Gambar 4. 11 Grafik *set point* 3000 ke 300 38
Gambar 4. 12 Gambar tanaman hari-1 42
Gambar 4. 13 Tanaman hari Ke-7 42
Gambar 4. 14 Tanaman hari ke-14 43

UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Growlight* 5
Tabel 2. 2 Pin ESP32 8
Tabel 2. 3 Deskripsi Blok Diagram sensor BH1750 9
Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor BH1750 10
Tabel 2. 5 Spesifikasi AC *Light Dimmer* 10
Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor DHT11 11
Tabel 2. 7 Spesifikasi LCD 16x2 12
Tabel 3. 1 Himpunan Error 16
Tabel 3. 2 Himpunan dError 17
Tabel 3. 3 Rule Fuzzy *Output* 17
Tabel 3. 4 Rangkaian pin pada sistem 25
Tabel 4. 1 Uji Sensor Bh1750 29
Tabel 4. 2 Uji *Output Dimmer* 31
Tabel 4. 3 Pengiriman data *set point* melalui MQTT 39
Tabel 4. 4 Pengiriman data sensor BH11750 ke MQTT 39
Tabel 4. 5 Uji Sistem *Set point* 600 40
Tabel 4. 6 Uji Sistem *Set point* 3000 40
Tabel 4. 7 Pengamatan tanaman 41

UNIVERSITAS Dinamika

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 *Source code* uji Sensor BH1750 47
Lampiran 2 *Source code* uji *Dimmer*..... 48
Lampiran 3 *Source code* uji LCD..... 49
Lampiran 4 *Source code* Keseluruhan sistem..... 50
Lampiran 5 Data Dimmer..... 59
Lampiran 6 Hasil Turnitin 61

UNIVERSITAS
Dinamika

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia adalah negara yang memiliki tingkat kepadatan tinggi. Berdasarkan Kemendagri melalui Direktorat Jenderal Dukcapil baru saja merilis Data Kependudukan Semester II Tahun 2021 tanggal 30 Desember 2021. Isi dari data tersebut adalah diketahuinya jumlah penduduk Indonesia sebanyak 273.879.750 jiwa. Dengan jumlah penduduk yang banyak, tentunya membutuhkan lahan tempat tinggal yang banyak pula. Bagi para calon pembudidaya tanaman yang ingin memiliki usaha, hal ini dapat menjadi faktor hambatan dalam menjalankannya.

Banyaknya faktor luar seperti kekurangan lahan, boros biaya, ataupun ketidakefektifan dalam melakukan penanaman juga dapat mempersulit dalam menjalankan usaha. Dengan hidroponik, faktor-faktor penghambat tersebut dapat diminimalisir. Hidroponik menggunakan media tanpa tanah, sehingga tidak memerlukan banyak lahan. Air yang merupakan kebutuhan utama untuk menunjang pertumbuhan tanaman hidroponik pun masih lebih sedikit dari yang dibutuhkan untuk media tanam, sehingga hidroponik dapat menjadi pilihan untuk tempat-tempat yang membutuhkan penghematan air.

Jika melakukan hidroponik secara *indoor*, tentunya memerlukan pengganti cahaya matahari yang tidak bisa didapatkan. Karena itu digunakan *growlight* untuk menggantikan cahaya matahari dalam pertumbuhan tanaman. Penyinaran selama 14-16 jam setiap hari dapat membuat pertumbuhan tanaman sayuran dan buah-buahan secara maksimal (Kresnha et al., 2019)

Berdasarkan permasalahan diatas, pencahayaan merupakan bagian penting dalam hidroponik *indoor*. Diperlukan alat untuk mengatur dan mengawasi penyinaran tanaman. Sebelumnya, dalam penelitian (Kresnha et al., 2019) dibuat sistem automasi hidroponik *indoor* pengaturan *growlight* dan nutrisi menggunakan notifikasi SMS. Dalam penelitian tersebut, *growlight* dapat diatur jadwal nyala matinya sesuai dengan RTC menggunakan *relay*. Sistem dapat bekerja dengan baik

dan tanaman *indoor* bisa tumbuh dengan optimal meski tanpa mendapat sinar matahari.

Dalam penelitian (Hafiz, 2020) dibuat pengontrolan intensitas cahaya dengan dimmer berbasis Fuzzy untuk mengatur pencahayaan ruangan sesuai dengan daya yang diinginkan menggunakan sensor LDR. Logika Fuzzy adalah logika yang mampu menafsirkan pernyataan ambigu menjadi pemahaman yang dapat dijelaskan secara logis dalam bahasa yang dapat dipahami manusia. Sistem ini dapat menjaga ruangan dalam kondisi cahaya yang stabil. Dalam sistem ini dibuat pengontrolan sistem dimmer berbasis Fuzzy dengan sensor yang lebih akurat dalam mengukur lux yaitu BH1750 dan lampu yang digunakan adalah growlight untuk membantu pertumbuhan tanaman.

Penelitian (Ahmad, 2021) tentang rancang bangun sistem kontrol intensitas cahaya menggunakan metode PID menggunakan bohlam berhasil diimplementasikan pada bunga krisan sesuai dengan *set point* yang ditentukan. Penelitian tersebut menggunakan sensor LDR dan metode PID, yang mana disarankan untuk mencoba metode kontrol lainnya dan mencoba sensor yang lebih akurat.

Penelitian dari (Mawaddah et al., 2020) menunjukkan bahwa sensor BH1750 memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan sensor LDR dan sensor cahaya pada smartphone. Berdasarkan hal tersebut dipilih sensor BH1750 sebagai *input* sensor cahaya dalam penelitian ini.

Sistem dalam penelitian ini menggunakan Fuzzy metode Sugeno sebagai sistem kontrolnya. Metode Sugeno dinilai sebagai metode yang paling cocok dalam sistem ini karena *output*nya merupakan konstanta. Sistem ini merupakan inovasi untuk mengontrol intensitas cahaya pada *growlight* yang dipakai untuk tanaman hidroponik, sehingga pengeluaran daya yang dihasilkan dapat lebih stabil dibandingkan dengan *growlight* yang menyala dengan normal. Alat ini membandingkan kondisi pencahayaan ruangan dan mengeluarkan daya yang sesuai untuk menentukan intensitas cahaya hidroponik. Alat ini juga dapat dipantau secara daring, sehingga dapat mempermudah monitoring keadaan tanaman.

UNIVERSITAS Dinamika

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode Fuzzy dalam pengontrolan intensitas growth light?
2. Bagaimana membuat sistem monitoring hidroponik secara daring?

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, pembahasan masalah dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Parameter yang diuji adalah intensitas cahaya.
2. Sensor suhu hanya untuk monitoring suhu sekitar.
3. Nutrisi tanaman dianggap sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, mendapatkan tujuan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Menerapkan metode Fuzzy dalam pengontrolan intensitas growth light.
2. Membuat sistem monitoring hidroponik secara daring.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun dari Tugas Akhir ini dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Memudahkan pembudidaya hidroponik dalam mengontrol dan memonitor tanaman.
2. Dapat memaksimalkan pertumbuhan tanaman hidroponik *indoor* secara optimal.

UNIVERSITAS Dinamika

BAB II
LANDASAN TEORI

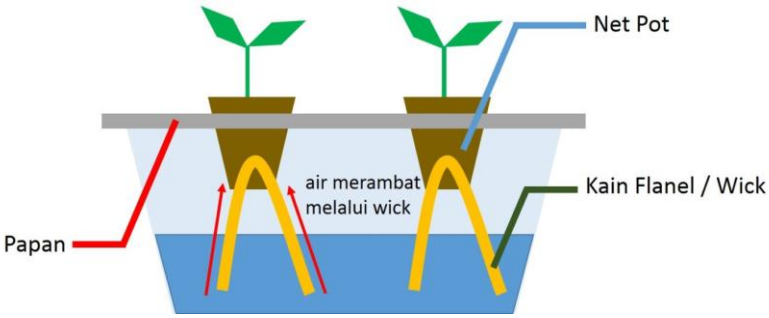
2.1 Hidroponik

Hidroponik adalah salah satu metode untuk membudidayakan tanaman tanpa media tanah. Hanya dengan memanfaatkan air hidroponik menekankan kebutuhan nutrisi tanaman. Karena hidroponik menggunakan air dengan lebih efisien dari media tanah, hidroponik cocok untuk diterapkan pada daerah yang memiliki air terbatas. Biasanya hidroponik digunakan untuk beberapa jenis sayuran atau buah-buahan seperti bayam, kangkung, pakcoy, sawi, tomat, dan cabai. Hidroponik juga bisa digunakan untuk tanaman seperti stroberi atau melon, meskipun hidroponik lebih banyak digunakan untuk menanam sayur-sayuran. Dalam penelitian ini digunakan tanaman pakcoy.

Karena tidak menggunakan media tanah, hidroponik dapat ditempatkan dengan lebih efektif di daerah yang memiliki lahan sempit ataupun memiliki tanah yang kurang bagus untuk pertumbuhan tanaman. Dikarenakan hal itu, hidroponik juga dapat menjadi peluang usaha yang bagus bagi para calon petani untuk meningkatkan pendapatan mereka. Terutama hidroponik *indoor* yang dapat ditempatkan di dalam rumah.

Hidroponik memiliki beberapa jenis seperti sistem sumbu, rakit apung, NFT, sistem irigasi tetes, dan sebagainya. Disini digunakan hidroponik dengan sistem wick atau sumbu. Sistem ini termasuk dalam kelompok penanaman pasif, sehingga tidak memerlukan banyak pergerakan atau perpindahan yang dibutuhkan. Penerapannya pun tidak memerlukan mesin atau pompa, sehingga mempermudah kegiatan penanaman. Tanaman hidroponik mendapat nutrisi dari air yang diserap dan disalurkan sumbu ke akar tanaman.

UNIVERSITAS Dinamika



Gambar 2.1 Hidroponik Sistem Wick
(Sumber: Oktaviana, 2021)

Hidroponik *indoor* tentunya membutuhkan cahaya tambahan sebagai pengganti sinar matahari. Karena itu digunakan *growlight* untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan tanaman. Di penelitian ini dibuat sistem dimmer pada *growlight* untuk penyesuaian intensitas tanaman secara otomatis.

2.2 Growlight

Growlight merupakan lampu yang bekerja sebagai pengganti sinar matahari agar tanaman dapat berfotosintesis di dalam ruangan. Dalam penelitian ini digunakan tanaman pakcoy sebagai objek pengamatan. Tanaman pakcoy membutuhkan intensitas cahaya kurang lebih 3.290 lux untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Saputra, 2021). Dibuat perbandingan dengan tanaman yang memiliki intensitas cahaya tinggi dan tanaman yang memiliki intensitas cahaya rendah untuk mengetahui perkembangannya.

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Growlight*

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	Aluminium
Tegangan *input*	85 – 220 Volt AC
Daya	28 *Watt*
Chip	SMD5730
Tipe Dasar	E27
Kuantitas LED	15 merah + 7 biru + 2 putih + 2 putih hangat + 1 IR + 1 UV
Sudut balok	180 derajat
Efisiensi reflektor	95%
Sumber Cahaya	High Power LED SMD5730
Suhu tubuh	<60º C
Suhu kerja LED	<65º C
Kehidupan sumber	>50.000 jam
Warna terang	Merah dan biru
Panjang Gelombang	Merah 660nm, Biru 554nm

Gambar 2. 2 *Growlight*
(Sumber: Maya, 2022)

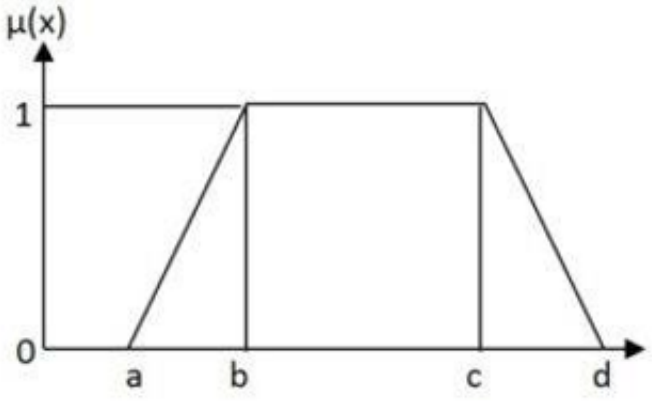
2.3 Logika Fuzzy

Fuzzy Logic atau Logika Fuzzy adalah logika yang mampu menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi sebuah pengertian yang mampu diartikan secara logis dengan bahasa yang mudah dipahami manusia (Gusti et al., 2020). Dengan Fuzzy, *output* tidak hanya berupa 1 dan 0 atau sepenuhnya benar dan sepenuhnya salah. Fuzzy dapat mengeluarkan *output* diantaranya seperti separuh benar separuh salah atau 0.25 benar 0.75 salah, sehingga menghasilkan *output* yang tepat untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Beberapa alasan logika Fuzzy digunakan adalah karena memiliki konsep yang mudah dimengerti, fleksibel, mampu mengolah model-model fungsi yang kompleks, dan didasarkan pada bahasa alami. Ciri karakteristik dari himpunan Fuzzy adalah memberikan setiap anggota himpunannya nilai yang berada diantara nol dan satu (contoh: 0.1, 0.2, dan seterusnya). Nilai keanggotaan Fuzzy dapat didapatkan dengan melalui pendekatan fungsi. Beberapa fungsi yang dapat digunakan seperti linear dan segitiga dapat dicontohkan dalam representasi kurva trapesium. Pada dasarnya kurva trapesium memiliki bentuk seperti kurva segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan satu. Bentuk kurva trapesium dapat dilihat di gambar 2.3 dan perhitungan dari fungsi keanggotaan tersebut dapat dilihat pada persamaan (1).

Sebagai penjelasan, jika nilai x kurang dari a, maka bernilai 0. Jika nilai x berada diantara a dan b, maka nilai keanggotaaan dihitung sesuai rumus (1). Jika nilai x berada di antara b dan c, maka nilai keanggotaan adalah 1.

UNIVERSITAS Dinamika



Gambar 2. 3 Kurva Trapesium
(Sumber: Prasetyo, 2022)

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \; atau \; x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; \; a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & ; \; c \leq x \leq d \\ 1 & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan rumus 1:

a : nilai domain terkecil yang memiliki nilai keanggotaan 0

b : nilai domain terkecil yang memiliki nilai keanggotaan 1

c : nilai domain terbesar yang memiliki nilai keanggotaan 1

d : nilai domain terbesar yang memiliki nilai keanggotaan 0

x : nilai *input* yang dimasukkan kedalam fuzzy

Metode Sugeno diusulkan oleh Michio Sugeno dengan penggunaan *singleton* untuk fungsi keanggotaan dari konsekuennya. Model ini memiliki sedikit persamaan dengan model Mamdani, hanya saja *output* sistemnya bukan merupakan himpunan Fuzzy, melainkan persamaan linear atau konstanta. Metode Sugeno yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode Sugeno orde-nol karena memiliki nilai k konstan (Ramdani et al., 2021). Bentuk umumnya dapat dilihat di persamaan (2).

$$IF \; (X_1 \; is \; A_1) \; \cdot \; (X_2 \; is \; A_2) \cdot \ldots \cdot \; (X_n \; is \; A_n) \; THEN \; z = \; k \quad (2)$$

Dengan A_n adalah himpunan Fuzzy ke-n sebagai anteseden, dan k merupakan konstanta (tegas) sebagai konsekuen. Nilai dari keanggotaan dikalikan dengan

konstanta yang ditentukan kemudian dibagi dengan jumlah keseluruhan nilai keanggotaan. Rumus untuk defuzzifikasi dapat dilihat di persamaan (3).

$$Weighted\ Average = \frac{\mu(k1)\times k1+\cdots+\mu(k_n)\times k_n}{\mu(k1)+\mu(k1)+\cdots+\mu(k_n)} \quad (3)$$

$\mu(k1)$: nilai keanggotaan konsekuen ke-1

$k1$: nilai konsekuen ke-1

$\mu(kn)$: nilai keanggotaan konsekuen ke-n

kn : nilai konsekuen ke-n

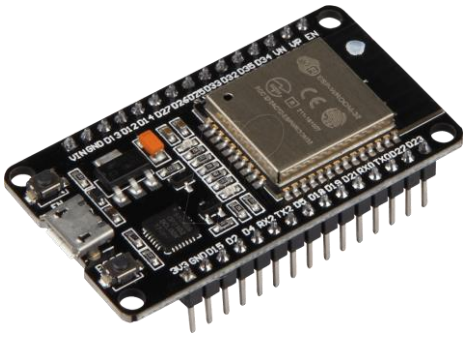
2.4 Esp32

ESP32 adalah *low-cost* Wi-Fi dan *Bluetooth chip* dari *espressif system*. Esp32 mengintergrasi Wi-Fi (2.4 GHz band) dan *bluetooth* 4.2 solution dalam *single chip*. Esp32 juga mendukung *classic bluetooth* untuk koneksi *legacy* dan *bluetooth low energy* (BLE).

ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler yang mengatur pergerakan program serta *input output*. Program dibuat dengan menggunakan arduino IDE dan di transfer melalui kabel usb. Fitur dasar dari 30 pin ESP32 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Pin ESP32

Jenis Pin	Jumlah
ADC (*Analog to Digital Converter*)	15
UART *Interface*	3
SPI *Interface*	3
I2C *Interface*	2
PWM (*Pulse Width Modulation*)	16
pin DAC (*Digital to Analog Converter)*	2

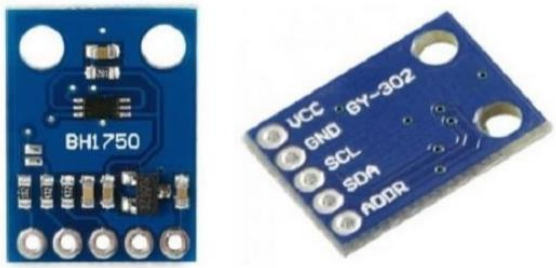


Gambar 2. 4 ESP32
(Sumber: Rama Akbar, 2020)

UNIVERSITAS Dinamika

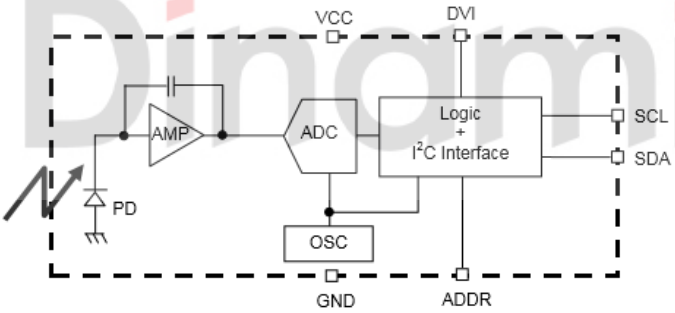
2.5 Sensor BH1750

Sensor ini adalah sensor dengan I2C yang dapat mendeteksi intensitas cahaya. Sensor BH1750 GY-302 dapat mengukur intensitas cahaya dalam satuan lux. Lux berarti besaran intensitas cahaya satu lumen pada area seluas satu meter persegi. Sensor ini dapat mengukur dengan rentang yang cukup besar, yaitu 1-65535 lux.



Gambar 2. 5 Sensor BH1750
(Sumber: Suryana, 2021)

Gambar 2.6 merupakan blok diagram dari sensor BH1750. Deskripsi dari blok diagram tersebut dijelaskan di Tabel 2.1. Spesifikasi dari sensor ini dapat dilihat di Tabel 2.3.



Gambar 2. 6 Blok Diagram Sensor BH1750
(Sumber: Datasheet BH1750, 2014)

Tabel 2. 3 Deskripsi Blok Diagram sensor BH1750

PD	Fotodioda dengan rentang rata-rata respon mata manusia
AMP	Integrator-OP AMP untuk mengubah dari arus dari PD ke tegangan
ADC	*Analog to Digital Converter* untuk mendapatkan data digital 16 bit
Logic + I2C Interface	Perhitungan cahaya di sekitar dan antarmuka bus I2C. Register yang terdaftar ada seperti berikut : • Data Register : Register data cahaya sekitar. Nilai awalnya "0000_0000_0000_0000" • *Measurement Time Register* : Register waktu pengukuran. Nilai awalnya "0100_0101"
OSC	*Internal Oscillator* (320 KHz). Ini adalah CLK untuk *internal logic*

UNIVERSITAS Dinamika

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor BH1750

Spesifikasi	Keterangan
Catu daya	3-5V
Resolusi	1-65535 lux
Antarmuka	I2C
Ukuran	13,9 mm x 18,5 mm
Keluaran data	Digital
Ralat	±20%

2.6 Dimmer Robotdyn

AC *Light dimmer* adalah alat yang bisa memberikan tingkat daya dan cahaya lampu yang bervariasi (Venny et al., 2022). Modul ini diproduksi oleh RobotDyn dan dapat dikontrol menggunakan arduino, Rasberry Pi, serta mikrokontroler lainnya. Modul ini mengatur daya listrik AC / bolak-balik dengan menggunakan TRIAC. Besaran *phase* listrik AC diubah dan waktu penyulutan TRIAC diatur di mikrokontroler dengan *zero crossing detector* yang menginterupsi mikrokontroler ketika arus bolak-balik berada di posisi 0 (Ramdani et al., 2021).

Dengan *zero crossing detector* modul ini memungkinkan mikrokontroler mengetahui waktu yang tepat untuk mengirimkan sinyal PWM. Hal ini merupakan faktor penting karena bila waktu untuk mengirimkan sinyal tidak tepat, maka arus AC dengan TRIAC (*triode for alternating current*) mengeluarkan sinyal *output* yang berantakan dan membuat modul dimmer gagal membuat sinyal PWM dengan garis akurat (Ahmad, 2021). Adapun spesifikasi yang dimiliki oleh modul ini dapat dilihat di Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Spesifikasi AC *Light Dimmer*

Spesifikasi	Keterangan
Power	600V – 16 A
AC *Frequency*	50/60 Hz
TRIAC	BTA16 – 600B
Isolation	Optocoupler
Logic Level	3.3V/5V
Zero point	Logic Level
Modulation (PWM dengan *trigger*)	Logic Level ON/OFF TRIAC
Signal Current	>10mA
Enviroment	• Untuk penggunaan *indoor* dan outdoor • Temperatur pengoperasian : -20° C sampai 80 ^{o} C
Opertaing humidity	*Dry enviroment only*
ROHS3	*Compliant*

UNIVERSITAS Dinamika

Gambar 2. 7 AC *Light Dimmer*
(Sumber: Ramdani et al., 2021)

2.7 DHT11

Sensor DHT merupakan sebuah modul yang didalamnya terdapat sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Didalam modul ini terdapat thermistor tipe NTC *(Negative temperature Coeffiecient)* untuk mengukur suhu, dan sebuah sensor kelembapan yang bekerja dengan melihat perubahan kadar air di udara. Chip di dalam dht11 dapat melakukan konversi analog ke digital dan mengeluarkan *output single-wire bi-directional* (kabel tunggal dua arah). Spesifikasi sensor ini dapat dilihat di Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor DHT11

Spesifikasi	Keterangan
Rentang jarak pengukuran kelembapan	20% - 80% RH
Rentang jarak pengukuran suhu	Rentang jarak pengukuran suhu 0 – 50 °C
Akurasi sensor kelembapan	Akurasi sensor kelembapan ±5% RH
Akurasi sensor suhu	Akurasi sensor suhu ±2°C
Catu daya sensor	Catu daya sensor 3 Volt – 5 Volt
Arus daya operasi	0.5 mA – 2.5 mA
Periode sampel	Sekali setiap detik (minimal 1 Hz)

Gambar 2. 8 Sensor DHT11
(Sumber: Najmurrokhman et al., 2018)

UNIVERSITAS Dinamika

2.8 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) menggunakan kristal cair sebagai penampilan utama. LCD dapat menampilkan tulisan atau gambar karena memiliki banyak pixel yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya (Arifin, 2018). Fitur LCD mencakup terdirinya LCD dari 16 karakter dan 2 baris, mempunyai 192 karakter, dan memiliki karakter generator yang terprogram. LCD ini sudah tersambung dengan I2C untuk komunikasi serialnya, sehingga hanya perlu menyambungkan empat pin saja yaitu VCC, Ground, SDA, dan SCL. Spesifikasi dari LCD dapat dilihat di Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Spesifikasi LCD 16x2

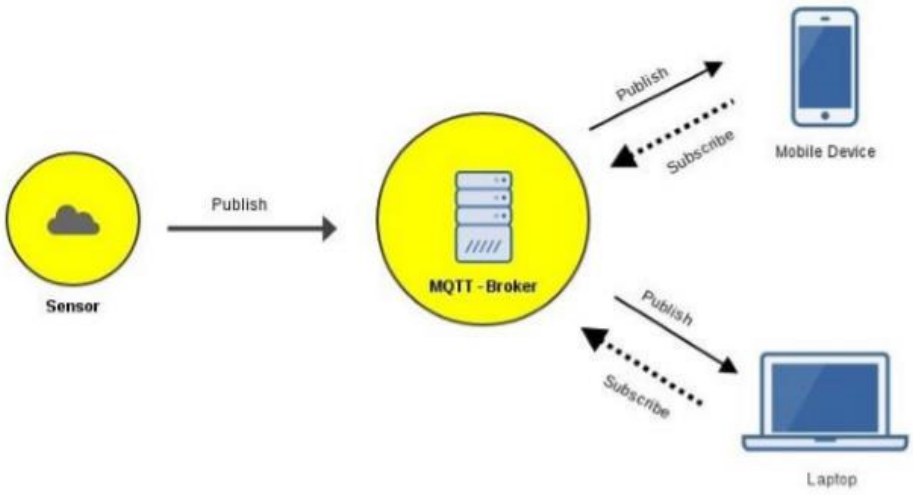
Spesifikasi	Keterangan
Warna tampilan	Lampu latar kuning
Ukuran karakter	lebar 2,95 mm x tinggi 4,35 mm
Voltase	Persyaratan voltase: 5 VDC +/- 0,5V
Arus	2 mA @ 5 VDC
Connection	4-pin male header
Komunikasi	I2C
Dimensi keseluruhan	3,15 x 1,42 x 0,51 inci (80 x 36 x 13 mm)
Kisaran suhu pengoperasian	32 hingga +131 °F (0 hingga +55 °C)

Gambar 2. 9 LCD I2C 16x2
(Sumber: Arifin, 2018)

2.9 MQTT

MQTT (*Message Queing Telemetry Tranpost*) merupakan suatu protokol pesan yang digunakan untuk komukanikasi antar mesin. MQQT memiliki kelebihan seperti ringan dan efisien karena memerlukan sumber daya minimum, dapat diskalaka, dan didukung oleh beberapa bahasa seperti python dan C untuk implementasinya. MQTT memakai prinsip *subcriber/publisher* dimana *subscriber* meminta bertindak sebagai penerima data dan *publisher* sebagai pengirim data. Dalam komunikasinya, MQTT membutuhkan broker untuk memfilter pesan masuk dari *publisher* dan mendistribusikannya ke *subscriber*. Broker memfilter pesan

sesuai dengan topik yang sudah diatur agar *publisher* dan *subcriber* dapat menerima dan mengirim pesan sesuai dengan topiknya. Sistem kerja topik dapat dilihat dalam gambar 2.10.



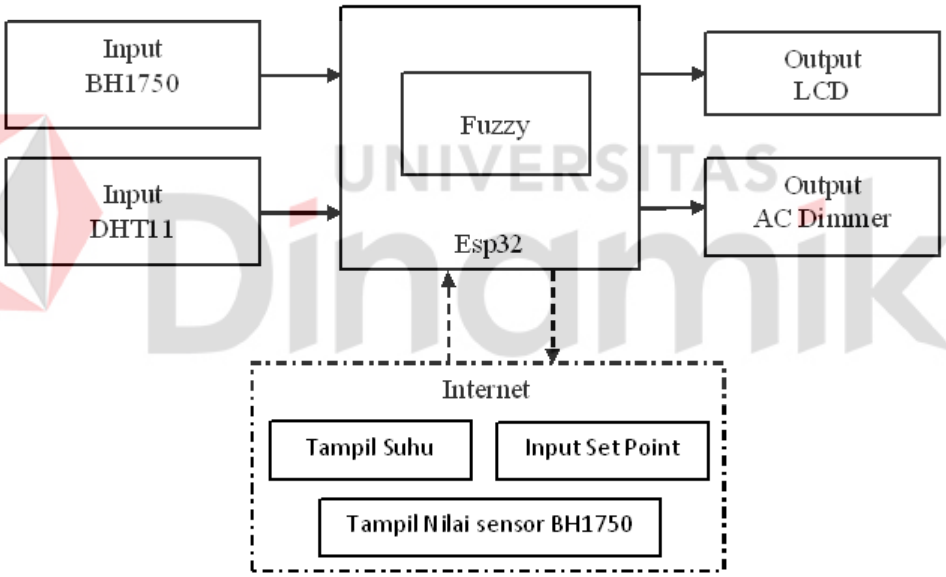
Gambar 2. 10 Ilustrasi Pub/Sub MQTT
(Sumber: Fernanda, 2022)

UNIVERSITAS Dinamika

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Input dari sensor BH1750 dapat dilihat di LCD dan internet, dan *input* dari sensor suhu dapat dipantau melalui internet. *Input* dari sensor BH1750 diproses oleh mikrokontroler ESP32 dengan menggunakan metode Fuzzy untuk menentukan keputusan pengeluaran *output* AC Dimmer sebagai aktuator. Nilai dari suhu dan intensitas cahaya yang terdeteksi dikirim melalui internet agar dapat dimonitor. Pengguna juga dapat meng*input*kan nilai *set point* yang diinginkan melalui internet. Terdapat 2 Fuzzy yang sama di sistem ini untuk membandingkan kotak tanaman.



Gambar 3. 1 Blok diagram sistem

3.1.1 *Input*

Alat dalam penelitian ini memiliki 2 *input* yaitu sensor BH1750 dan sensor DHT11 yang masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Sensor BH1750 berfungsi sebagai pengukur intensitas cahaya dalam satuan lux.
2. Sensor DHT11 berfungsi untuk memonitor suhu dalam derajat celcius disekitar kotak tanaman.

3.1.2 Proses

Digunakan 2 media untuk mengendalikan proses dalam sistem ini. Media tersebut adalah mikrokontroler ESP32 dan logika Fuzzy yang memiliki fungsi sebagai berikut:

1. ESP32 sebagai pusat dari kontrol *input* dan *output* sistem automatic dimmer pada lampu hidroponik.
2. Logika Fuzzy sebagai metode yang digunakan untuk menghitung perbandingan nilai dari *input* sesuai aturan yang ditetapkan untuk mengendalikan aktuator dimmer.

3.1.3 Output

1. AC *Light Dimmer* sebagai pengatur arus yang dilewatkan untuk mengatur intensitas cahaya *growlight*.
2. LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai tampilan lux yang terdeteksi dari *growlight*.

3.1.4 Internet

Jenis internet yang digunakan adalah MQTT untuk mengawasi keluaran dari sensor intensitas cahaya dan sensor suhu serta meng*input*kan *set point* jika terdapat perubahan yang diinginkan.

3.2 Sistem Fuzzy

Pada penelitian ini digunakan metode Fuzzy Sugeno orde nol. Berikut merupakan bagian-bagian dari perancangan sistem Fuzzy yang digunakan.

3.2.1 *Input* Fuzzy Sugeno

Input Fuzzy berasal dari sensor intensitas cahaya. Dimana sensor tersebut dibandingkan dengan *set point* untuk menemukan nilai error dan derror. Inisialisai *set point* di awal program adalah 600 untuk kotak A dan 3000 untuk kotak B. Nilai error sensor didapatkan dari persamaan (4) dan derror (delta error) didapatkan dari persamaan (5).

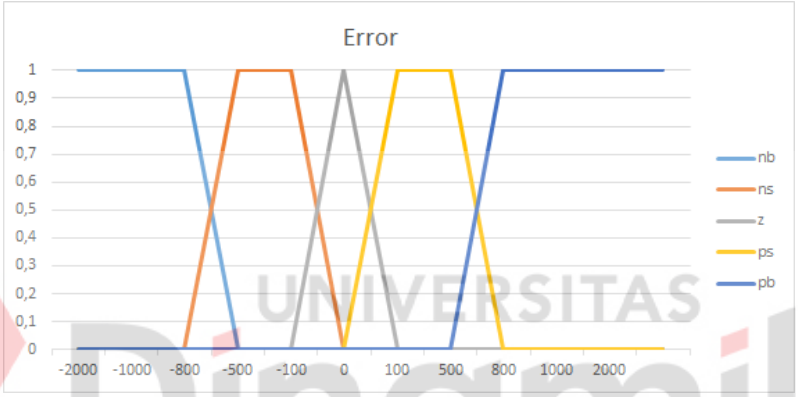
UNIVERSITAS Dinamika

$$Error\ input\ fuzzy = set\ point - input\ sensor\ BH1750 \quad (4)$$

$$dError\ input\ fuzzy = error\ sekarang - error\ sebelumnya \quad (5)$$

3.2.2 Himpunan Error

Fuzzifikasi *input* error terdapat 5 kategori himpunan yaitu *negative big* (nb), *negative small* (ns), *zero* (z), *positive small* (ps), dan *positive big* (pb). Rentang himpunan yang digunakan adalah -2000 sampai 2000 error. Rentang tersebut didapatkan dari percobaan nilai maksimal yang diterima sensor saat berada dalam kotak hidroponik adalah 2000 lux, sehingga diasumsikan sensor dapat memiliki error sebesar 2000 hingga -2000.



Gambar 3. 2 Himpunan Error

Tabel 3. 1 Himpunan Error

Nama Himpunan	Jenis	Nilai
Negative Big	Linear turun	**a** = -800, **b** = -500
Negative Small	Trapesium	**a**= -800, **b** = -500, **c** = -100, **d** = 0
Zero	Segitiga	**a**= -100, **b** = 0, **c** = 100
Positive Small	Trapesium	**a**= 0, **b** = 100, **c** = 500, **d** = 800
Potive Big	Linear naik	**a**= 500, **b** = 800

Huruf a,b,c, dan d merupakan simbol domain himpunan seperti pada contoh gambar 2.3. *Negative big* yang direpresentasikan oleh garis warna biru muda merupakan jenis linear turun, dimana nilai awal adalah 1 kemudian garis menurun ke bawah menuju 0. *Negative small* merupakan trapesium yang memiliki linear naik. linear turun, dan nilai 1 diantara linearnya. Zero merupakan bentuk himpunan segitiga yang memiliki nilai linear naik, linear turun, dan hanya memiliki satu nilai yang memiliki keanggotaan 1.

UNIVERSITAS Dinamika

3.2.3 Himpunan Delta Error

Fuzzifikasi *input* delta error (disingkat derror) memiliki 5 kategori himpunan yaitu *negative big* (nb), *negative small* (ns), *zero* (z), *positive small* (ps), dan *positive big* (pb). Rentang himpunan yang digunakan adalah -2000 sampai 2000 error.

Gambar 3. 3 Himpunan dError

Tabel 3. 2 Himpunan dError

Nama Himpunan	Jenis	Nilai
Negative Big	Linear turun	**a** = -800, **b** = -500
Negative Small	Trapesium	**a**= -800, **b** = -500, **c** = -100, **d** = 0
Zero	Segitiga	**a**= -100, **b** = 0, **c** = 100
Positive Small	Trapesium	**a**= 0, **b** = 100, **c** = 500, **d** = 800
Potive Big	Linear naik	**a**= 500, **b** = 800

3.2.4 *Output* Fuzzy Sugeno

Pada sistem ini *output* Fuzzy adalah nilai yang ditambahkan ke aktuator *dimmer*. Hasil dari Fuzzy menentukan apakah nilai aktuator perlu dinaikan atau diturunkan. Rule Fuzzy dapat dilihat di Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Rule Fuzzy *Output*

Error ***dError***	***NB***	***NS***	***Z***	***PS***	***PB***
NB	NB	NB	NB	NS	Z
NS	NB	NB	NS	Z	PS
Z	NB	NS	Z	PS	PB
PS	NS	Z	PS	PB	PB
PB	Z	PS	PB	PB	PB

UNIVERSITAS Dinamika

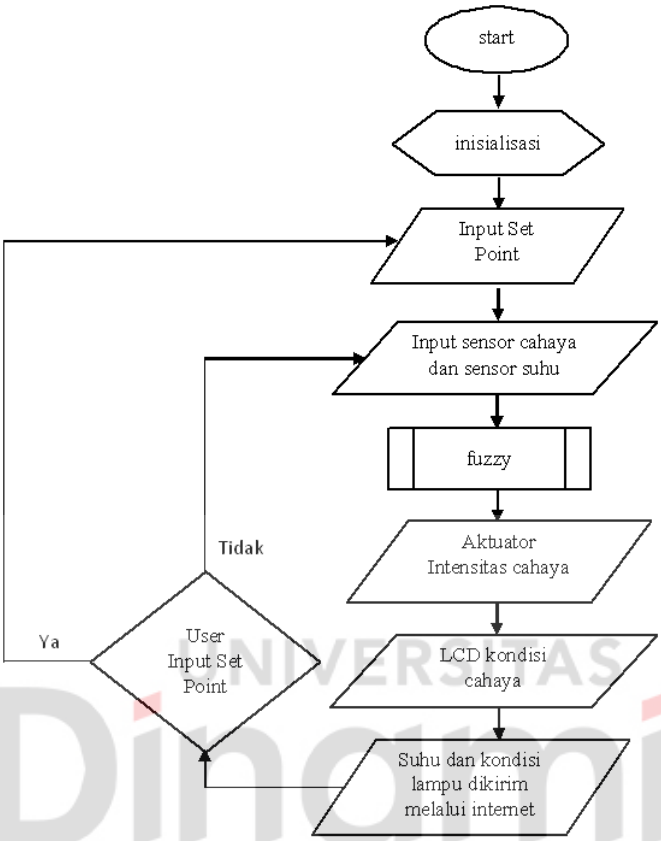
Tabel 3.3 Rule digunakan untuk mencari nilai Fuzzy *output* yang didapatkan dari nilai Fuzzy *input*. Tabel tersebut menentukan ketika nilai keanggotaan himpunan error dan derror bertemu, maka dicari nilai minimum diantara keduanya lalu dikalikan dengan nilai output sesuai Tabel 3.3. Keluaran nilai dari rule sebagai *output* didalam Tabel 3.3 adalah berikut:

1. *Negative Big* = -50
2. *Negative Small* = -5
3. *Zero* = 0
4. *Positive Small* = 5
5. *Positive Big* = 50

UNIVERSITAS Dinamika

3.3 Flowchart

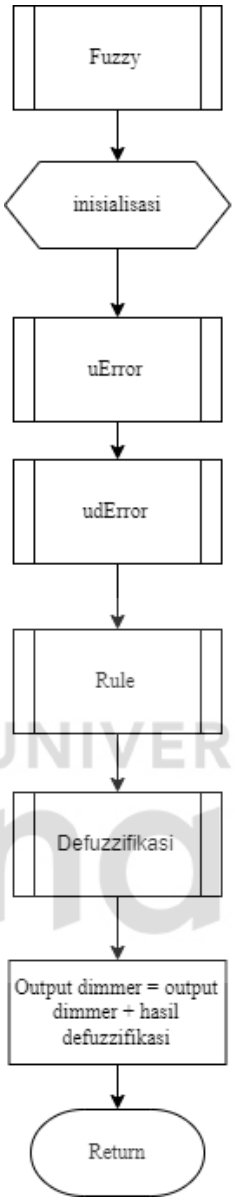
3.3.1 Kontrol Sistem



Gambar 3. 4 *Flowchart* sistem

Flowchart pada gambar 3.4 menjelaskan bahwa pada saat program berjalan, *set point* akan di*input*kan bersamaan dengan sensor cahaya dan sensor suhu. Nilai dari sensor cahaya dan *set point* dimasukkan kedalam Fuzzy untuk diproses dengan memetakan hasil *input* untuk menentukan nilai kebenaran. Dalam proses terakhir atau defuzifikasi sistem mengubah rule dalam himpunan Fuzzy kedalam bilangan real. Hasil perubahan tersebut menghasilkan *output* yang mengatur keluaran dari aktuator dimmer. Setelah itu LCD menampilkan kondisi cahaya yang dideteksi sensor cahaya dan mengirim nilai sensor cahaya serta suhu melalui internet. Kemudian program mendeteksi, jika tidak ada *set point* baru, maka *set point* sebelumnya yang dimasukkan ke dalam Fuzzy, namun jika ada *set point* baru, maka *set point* terbaru yang dimasukkan ke dalam Fuzzy.

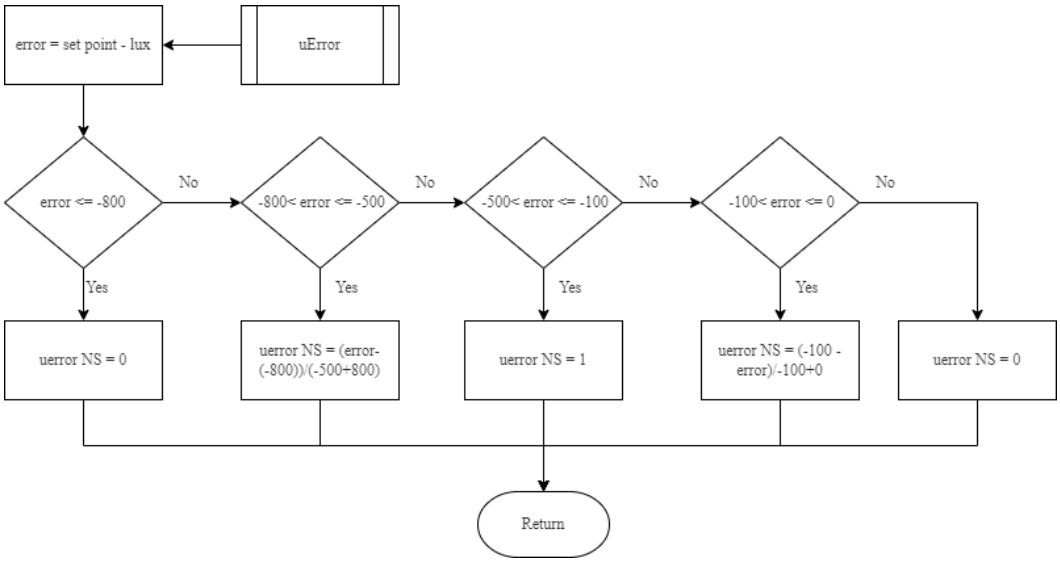
3.3.2 Sistem Fuzzy



Gambar 3. 5 *Flowchart* kontrol sistem Fuzzy

Flowchart kontrol sistem Fuzzy pertama melakukan inisialiasi program, kemudian nilai yang dideteksi oleh sensor cahaya dihitung errornya menggunakan rumus (4) dan dicari nilai keanggotaan uError. Setelah itu dicari nilai keanggotaan dError dengan rumus (5) dan diolah sesuai rule yang ditetapkan. Pada pada proses defuzzifikasi nilai masing-masing keanggotaan diproses dan menghasilkan keluaran minus atau plus untuk menentukan naik atau turunnya *output* dari aktuator.

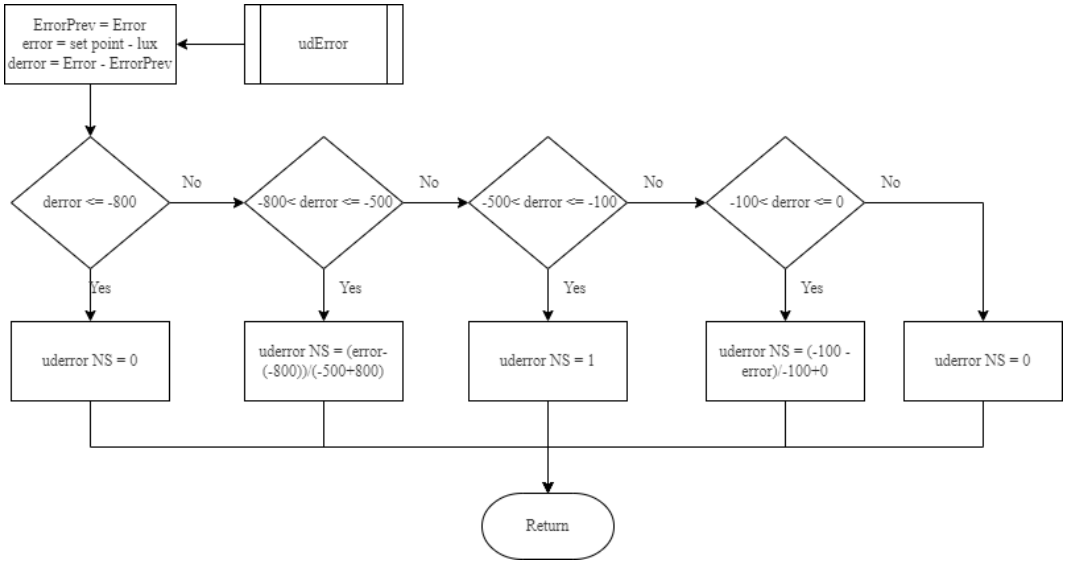
3.3.3 Fuzzy Keanggotaan



Gambar 3. 6 *Flowchart* Keanggotaan Error *Negative Small*

Gambar 3.6 merupakan cuplikan *Flowchart* dari keanggotaan error. *Flowchart* tersebut merupakan contoh dari keanggotaan error *negative small*. Nilai dari error *set point* dan sensor masuk ke himpunan yang ditetapkan untuk menemukan nilai keanggotaanya sesuai dengan gambar 3.2. Keanggotaan derror dapat dilihat pada gambar 3.7 yang dibuat dengan alur yang sama seperti gambar 3.6, namun *input* yang dimasukkan adalah error sekarang dikurangi error sebelumnya. Untuk keanggotaan *negative bigl*, *zero*, *positive small*, dan *positive big* memiliki alur *Flowchart* yang sama, hanya perlu mengikuti nilai sesuai dengan nilai himpunannya.

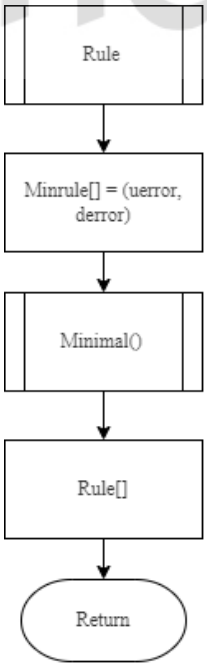
UNIVERSITAS Dinamika



Gambar 3. 7 *Flowchart* Keanggotaan dError *Negative Small*

3.3.4 Evaluasi Rule

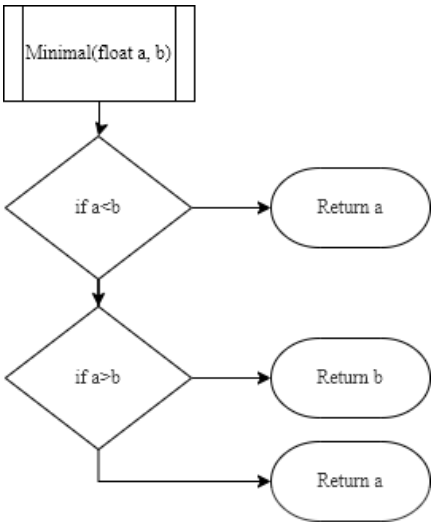
Evaluasi rule digunakan untuk menentukan kondisi *output* yang dikeluarkan oleh Fuzzyfikasi. Pada proses evaluasi rule setiap keanggotaan uError dan dError dibandingkan dan dimasukkan ke *array* minrule serta dicari nilai minimalnya. Setiap perbandingan disesuaikan dengan Tabel 3.3 dan dimasukkan ke *array* rule.



Gambar 3. 8 *Flowchart* Evaluasi Rule

3.3.5 Minimal

Flowchart minimal berfungsi untuk mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen keanggotaan himpunan sesuai dengan nilai yang dimasukkan ke fungsi minimal.

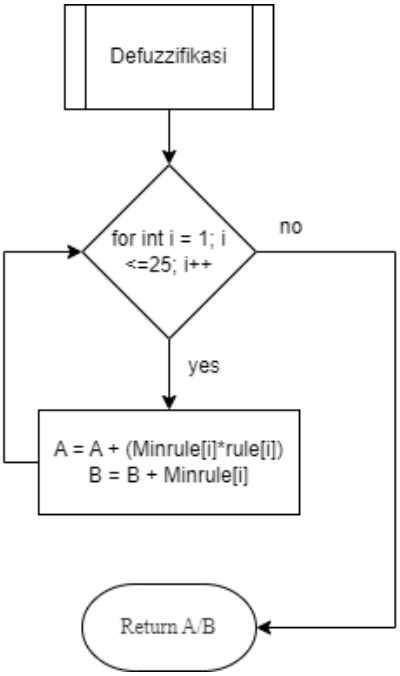


Gambar 3. 9 *Flowchart* Minimal

3.3.6 Defuzzifikasi

Pada proses Defuzzifikasi menggunakan metode weight-average (rata-rata terbobot) dari hasil *output* semua aturan. Nilai minrule dikalikan dengan rule sesuai dengan Tabel 3.3 dan dimasukkan ke variabel A. Lalu semua nilai minrule ditambahkan ke variabel B. Setelah itu nilai A dibagi dengan nilai B menjadi Keluaran dari hasil Fuzzyfikasi merupakan nilai plus atau minus yang mengatur aktuator ditambahkan atau diturunkan.

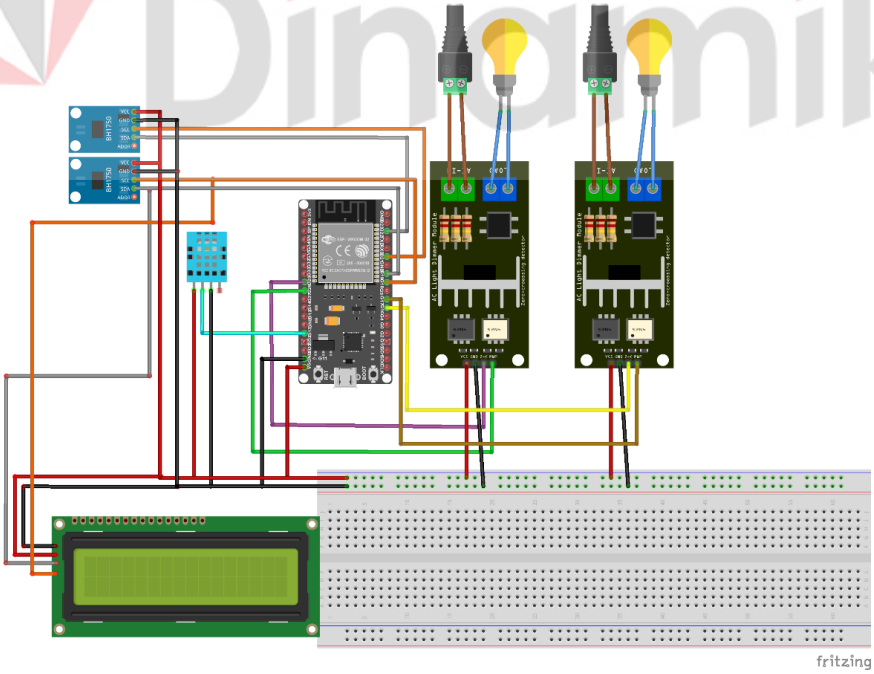
UNIVERSITAS Dinamika



Gambar 3. 10 *Flowchart* Defuzzikasi

3.4 Model Rancang Elektronika

Rangkaian pada perangkat yang dibuat dapat dilihat di gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Rangkaian elektronika

Keterangan pin pada gambar 3.11 terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Rangkaian pin pada sistem

No.	Komponen	Pin Out
1.	AC Light Dimmer A	25 (ZeroCross), 26 (PWM)
2.	AC Light Dimmer B	16 (ZeroCross), 17 (PWM)
3.	Sensor BH1750 A	21 (SDA), 22 (SCL)
4.	Sensor BH1750 B	18 (SDA), 19 (SCL)
5.	Sensor Suhu	13
6.	LCD 16x2 I2C	21(SDA), 22(SCL)

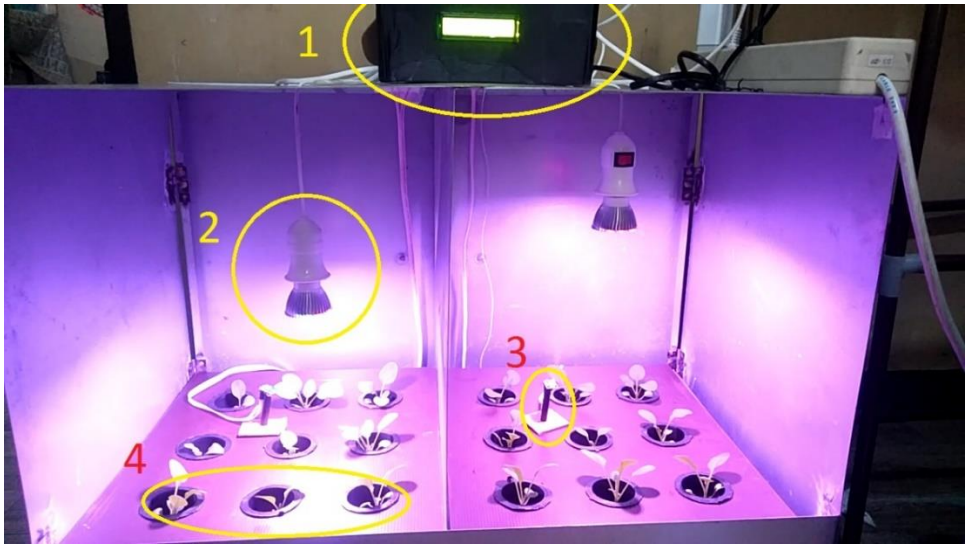
3.5 Model Rancang Mekanik

Model rancangan mekanik pada alat ini dapat dilihat pada gambar dibawah. kotak dibagi menjadi dua bagian untuk mengamati pertumbuhan tanaman dengan intensitas yang berbeda. Alat ini menggunakan komponen sebagai berikut:

1. 2 buah Sensor BH1750
2. 2 buah Dimmer
3. LCD 16x2
4. Kotak dan Tanaman hidroponik.
5. *Growlight*
6. ESP32

Pada gambar kotak hidroponik, nomor satu menunjukan letak kotak mikrokontroler berada diatas kotak hidroponik. Nomor dua menunjukan letak lampu yang menggantung di kotak hidroponik. Nomor tiga adalah sensor cahaya yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. Nomor empat merupakan tanaman hidroponik yang dikembangkan. Lampu memiliki tinggi yang berbeda untuk memperkuat intensitas cahaya yang diterima. Semakin dekat lampu dengan objek, maka semakin kuat pula intensitasnya.

UNIVERSITAS Dinamika



Gambar 3. 12 Kotak Hidroponik

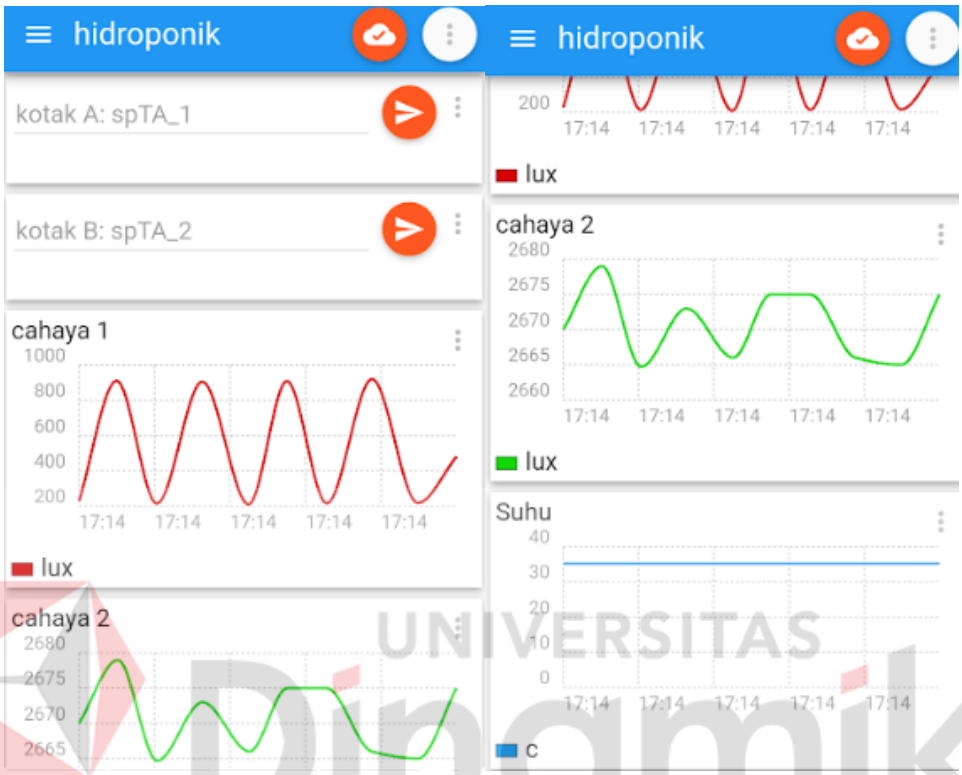
Gambar 3. 13 Hidroponik tampak atas

Gambar 3. 14 Kotak Mikrokontroler

UNIVERSITAS Dinamika

3.6 Tampilan MQTT

Berikut merupakan tampilan dari MQTT untuk meng*input* nilai *set point* dan mengawasi nilai sensor cahaya dan suhu, serta meng*input*kan *set point* untuk kotak A dan kotak B.



Gambar 3. 15 Tampilan MQTT

Panel kotak A dimaksudkan untuk user memberi *input set point* kepada dimmer A dalam kotak A. Begitupun panel kotak B digunakan untuk memberi *input set point* kepada dimmer B. Cahaya 1 berarti lux yang dihasilkan oleh sensor cahaya A dan cahaya 2 merupakan lux yang dihasilkan sensor cahaya B. Panel suhu digunakan untuk mengawasi suhu sekitar.

UNIVERSITAS Dinamika

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas hasil serta pembahasan pada sistem. Pengujian parameter bertujuan untuk melakukan analisis dimulai dari uji setiap komponen hingga pengujian keselurhan sistem alat dan pengaruhnya pada tanaman.

4.1 Pengujian Sensor BH1750

4.1.1 Tujuan Pengujian Sensor BH1750

Pengujian Sensor BH1750 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi intensitas cahaya pada ruangan.

4.1.2 Alat Yang Digunakan di Pengujian Sensor BH1750

Pada pengujian sensor BH1750 alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. Kabel USB
3. ESP32
4. Sensor BH1750
5. Senter
6. Lux meter

4.1.3 Prosedur Pengujian Pengujian Sensor BH1750

Prosedur yang dilakukan untuk pengujian sensor BH1750 adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan Laptop dan menjalankan aplikasi arduino IDE.
2. Menyambungkan mikrokontroler ESP32 dengan kabel USB.
3. Menghubungkan sensor bh1750 dengan mikrokontroler ESP32.
4. Menjalankan program pembacaan sensor BH1750. Program dapat dilihat di lampiran 1.
5. Mengambil data dengan membandingkan intensitas cahaya dengan lux meter.

UNIVERSITAS Dinamika

4.1.4 Hasil Pengujian Sensor BH1750

Gambar 4. 1 Pengujian Sensor BH1750 dengan Lux meter

Perhitungan error pada pengujian sensor BH1750 dengan lux meter menggunakan rumus:

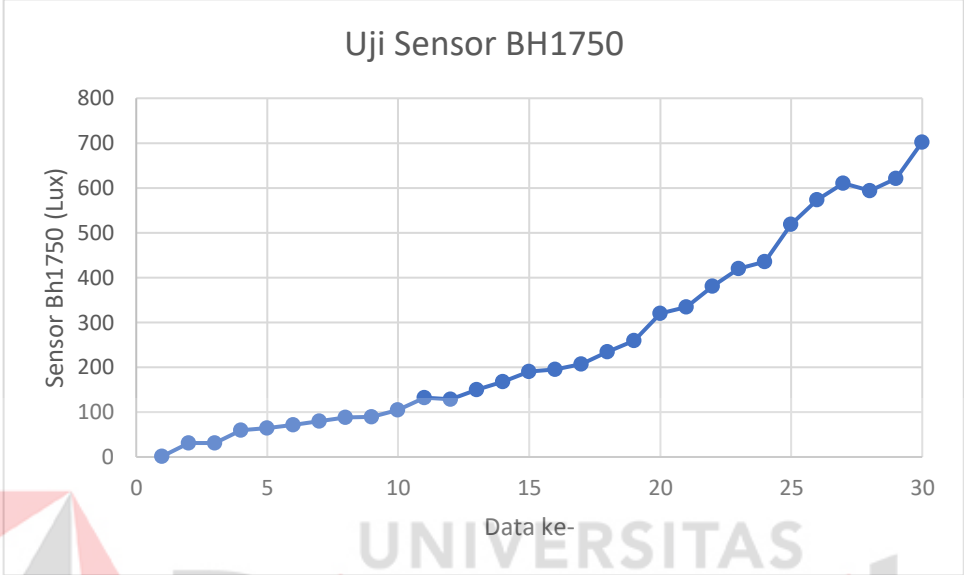
$$Error = \left|\frac{sensor\ bh1750 - Lux\ meter}{Lux\ meter}\right| x\ 100\% \quad (6)$$

Tabel 4. 1 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

UNIVERSITAS Dinamika

Data ke-	Sensor Bh1750	Lux meter	Error %
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
30	702,5	717	2,02
	Rata-rata error		4,05



Gambar 4. 2 Grafik Uji Sensor Bh1750

4.1.5 Analisis Data Pengujian Sensor BH1750

Percobaan dilakukan dengan jarak sumber cahaya yang semakin lama semakin mendekati sensor. Semakin dekat sumber cahaya dengan sensor, maka semakin tinggi nilai yang dideteksi seperti pada gambar 4.2. Dari percobaan sensor BH1750 dalam Tabel 4.1, nilai sensor dibandingkan dengan lux meter dan memiliki rata-rata error sebesar 4,05%. Dari rata-rata error tersebut bisa disimpulkan bahwa sensor memiliki tingkat error yang kecil.

4.2 Pengujian Dimmer

4.2.1 Tujuan Pengujian Dimmer

Pengujian AC *Light Dimmer* dilakukan untuk mengetahui kinerjanya dalam meredupkan lampu *Growlight*.

UNIVERSITAS Dinamika

4.2.2 Alat Yang digunakan di Pengujian Dimmer

Pada pengujian *Dimmer* digunakan alat sebagai berikut:

1. Laptop
2. Kabel USB
3. ESP32
4. AC Light Dimmer
5. *Growlight*
6. Lux meter

4.2.3 Prosedur Pengujian Dimmer

Prosedur yang dilakukan untuk pengujian *Dimmer* adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan Laptop dan menjalankan aplikasi arduino IDE.
2. Menyambungkan mikrokontroler ESP32 dengan kabel USB.
3. Menghubungkan *Dimmer* dengan mikrokontroler ESP32 dan *growlight*.
4. Menjalankan program dimmer. Program dapat dilihat di lampiran 2.
5. Mengambil data dengan membandingkan *growlight* dengan lux meter. Hasil sensor dikirim melalui MQTT.

4.2.4 Hasil Pengujian Dimmer

Gambar 4. 3 *Dimmer* dengan Kabel *Growlight*

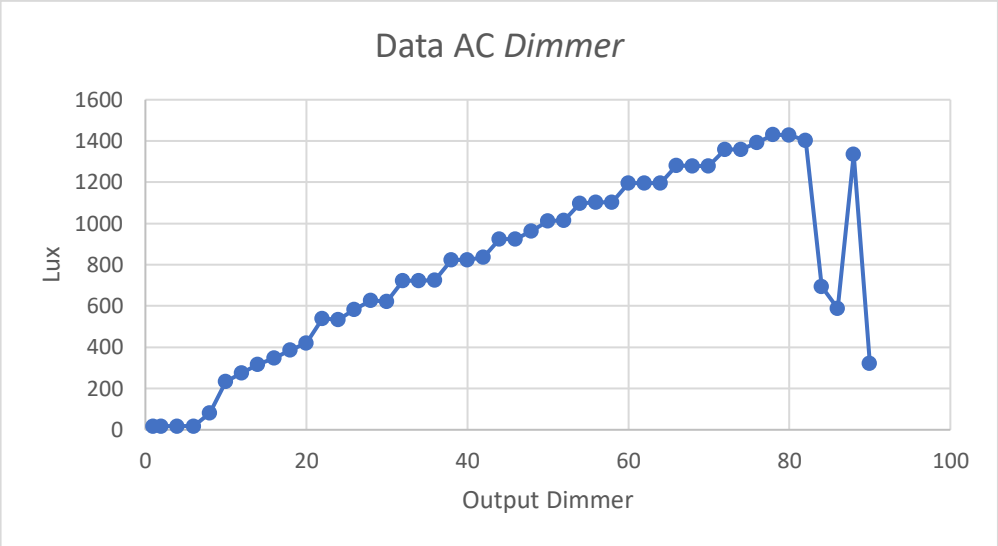
Tabel 4. 2 Uji *Output Dimmer*

No	*Output* Dimmer	Lux meter	Keterangan
1.	1	18	Mati
2.	2	18	Mati
3.	4	18	Mati
4.	6	18	Mati
5.	8	82	Kedip Cepat

UNIVERSITAS Dinamika

No	*Output* Dimmer	Lux meter	Keterangan
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

UNIVERSITAS Dinamika



Gambar 4. 4 Grafik *Output Dimmer*

4.2.5 Analisis Data Pengujian Dimmer

Dari percobaan Dimmer dalam Tabel 4.2 nilai dimmer dibandingkan dengan lux meter dan nilai lux berhasil naik secara linear setiap nilai aktuator ditingkatkan. Namun nilai tidak stabil di rentang 1 sampai 10 dan diatas 80. Hal ini diasumsikan karena ketidakstabilan antara dimmer dan arus listrik menyebabkan *growlight* memiliki nilai keluaran yang tidak tetap.

Selain itu dalam pengambilan data selanjutnya yang dapat dilihat pada lampiran 5, nilai yang didapat tidak persis sama seperti pengambilan data pertama, sehingga aktuator tidak memiliki nilai keluaran mutlak. Di beberapa nilai aktuator dideteksi juga keterangan lampu berkedap-kedip secara lambat maupun cepat.

4.3 Pengujian LCD 16x2

4.3.1 Tujuan Pengujian LCD 16x2

Pengujian LCD 16x2 dilakukan untuk menampilkan karakter pada layar LCD 16x2 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32.

4.3.2 Alat Yang digunakan di Pengujian LCD 16x2

Pada pengujian LCD digunakan alat sebagai berikut:

1. Laptop
2. Kabel USB

3. ESP32
4. LCD 16x2

4.3.3 Prosedur Pengujian LCD 16x2

Prosedur yang dilakukan untuk pengujian LCD adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan Laptop dan menjalankan aplikasi arduino IDE.
2. Menyambungkan mikrokontroler ESP32 dengan kabel USB
3. Menghubungkan LCD 16x2 dengan mikrokontroler ESP32
4. Menjalankan program menampilkan karakter di LCD. Program dapat dilihat di lampiran 3.
5. Mengamati tampilan LCD 16x2.

4.3.4 Hasil Pengujian LCD 16x2

Gambar 4. 5 Uji LCD 16x2

4.4 Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer*

4.4.1 Tujuan Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer*

Pengujian sistem dilakukan untuk menguji keseluruhan dari kinerja sistem. Pengujian ini untuk mengetahui seluruh komponen dapat berjalan dan mengamati hasilnya. Pengujian sistem ini untuk mengatur dimmer yang menghasilkan keluaran untuk mengatur intensitas cahaya *growlight*.

4.4.2 Alat Yang Digunakan di Pengujian Sistem Auto Light Dimmer

Pada pengujian sistem *auto light dimmer* digunakan alat sebagai berikut:

1. Laptop
2. Kabel USB

3. ESP32
4. Sensor BH1750
5. AC Light Dimmer
6. *Growlight*
7. DHT11
8. LCD 16x2

4.4.3 Prosedur Pengujian Sistem Auto Light Dimmer

Prosedur yang dilakukan untuk pengujian sistem *auto light dimmer* adalah sebagai berikut:

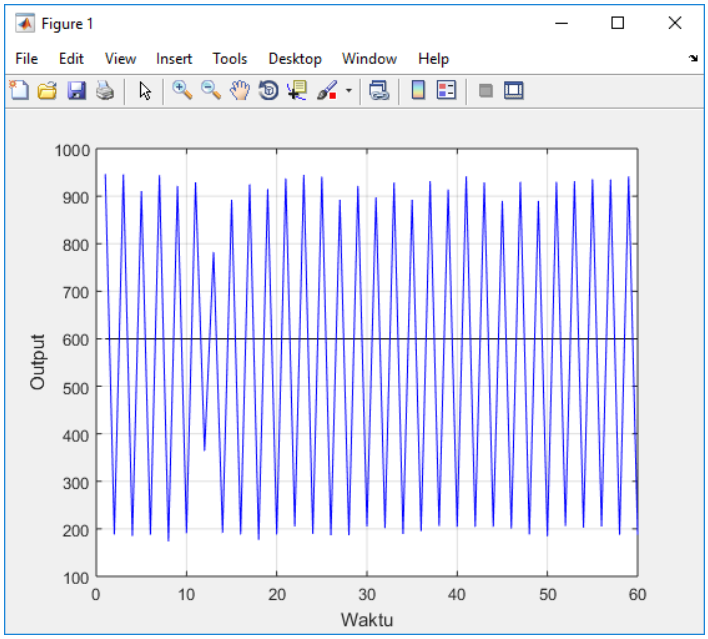
1. Menghubungkan semua perangkat.
2. Menghidupkan Laptop dan menjalankan aplikasi arduino IDE.
3. Menyambungkan mikrokontroler ESP32 dengan kabel USB.
4. Menjalankan program keseluruhan yang dapat dilihat pada lampiran 4.
5. Mengamati tampilan serial monitor atau internet untuk mengetahui perubahan nilai sensor cahaya.
6. Meng*input*kan nilai *set point* melalui MQTT untuk mengamati perubahan sistem.

UNIVERSITAS Dinamika

4.4.4 Hasil Pengujian Sistem Auto Light Dimmer

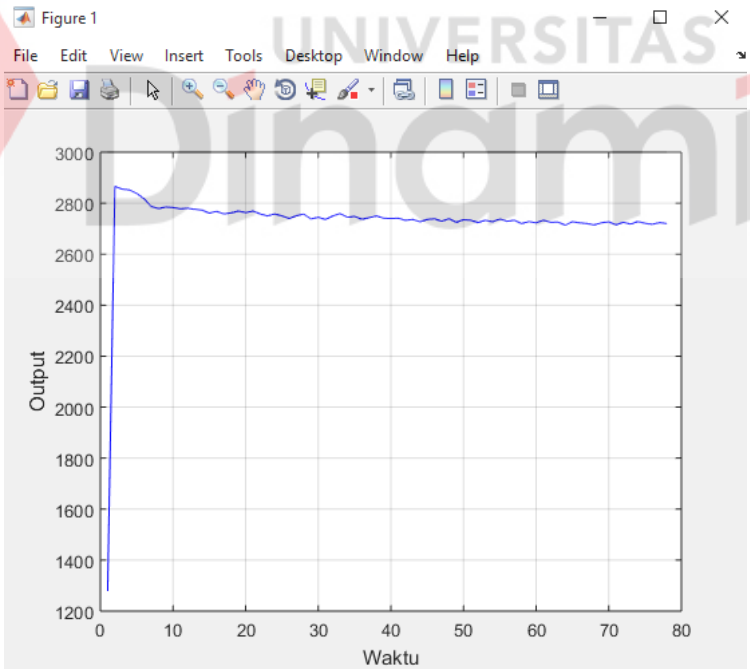
Pada pengujian sistem dicari nilai *rise time, settlingMin, settlingMax, overshoot, undershoot,* dan *peak*. Nilai didapatkan dengan menggunakan *library* di matlab untuk mengetahui kestabilan sistem. Pengujian dilakukan dengan *set point* yang berbeda-beda serta perilaku ketika terjadi perubahan *set point*. Data diambil setiap 1 detik. *Set point* di*input*kan melalui MQTT.

Nilai *rise time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyentuh garis *set point, settlingMin* adalah nilai terendah setelah menyentuh *set point, settlingMax* adalah nilai tertinggi setelah menyetuh set point, *overshoot* sebagai nilai yang melewati *set point, undershoot,* dan *peak* adalah nilai tertinggi yang dihasilkan sistem.



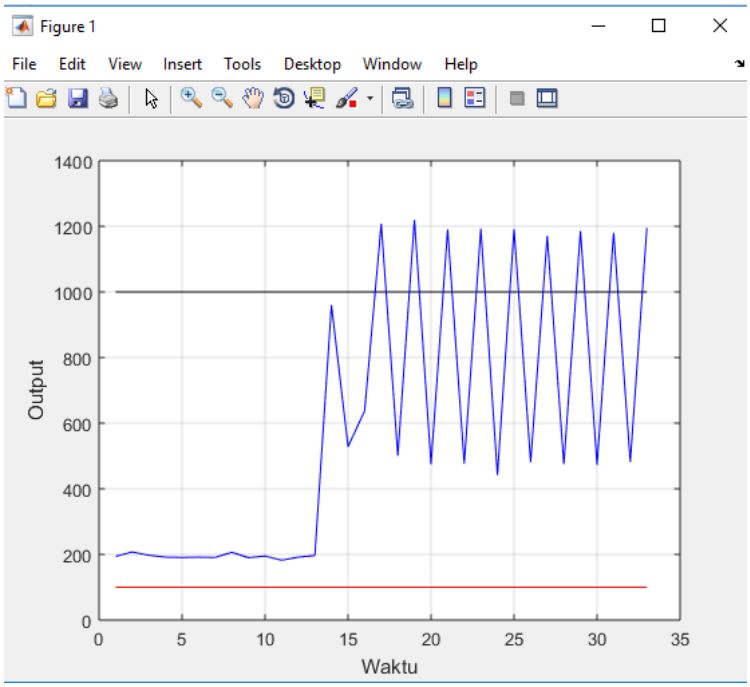
Gambar 4. 6 Grafik *Set point* 600

Pada gambar 4.6 dapat dilihat kinerja sistem ketika *set point* 600.



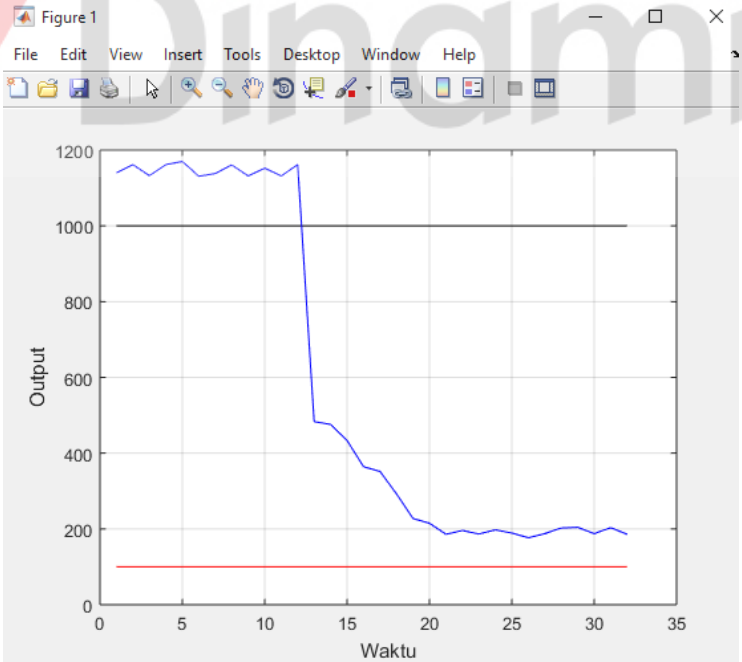
Gambar 4. 7 Grafik *Set point* 3000

Pada gambar 4.7 dapat dilihat kinerja sistem ketika *set point* 3000.



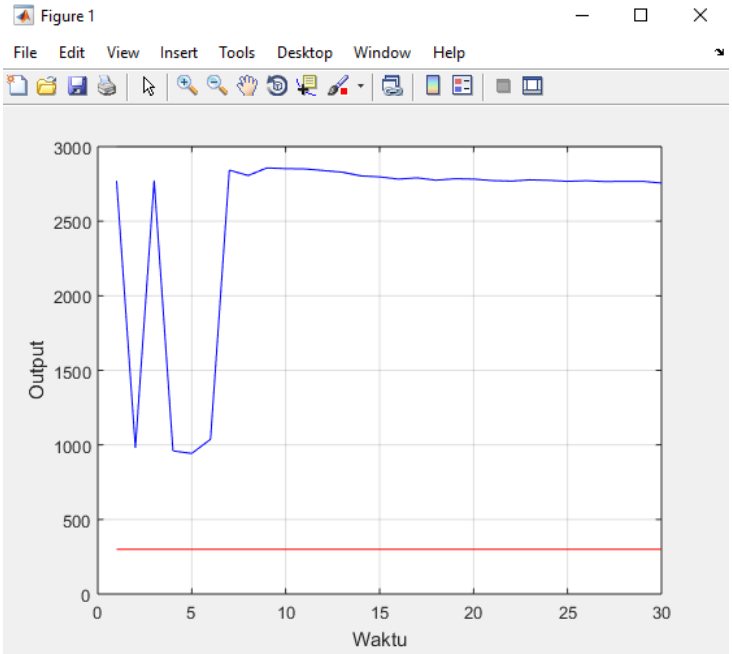
Gambar 4. 8 Grafik perubahan *set point* 100 ke 1000

Pada gambar 4.8 dapat dilihat kinerja sistem ketika berada di *set point* 100 berada di bawah kemudian diberi *set point* 1000, sehingga nilai sistem naik.



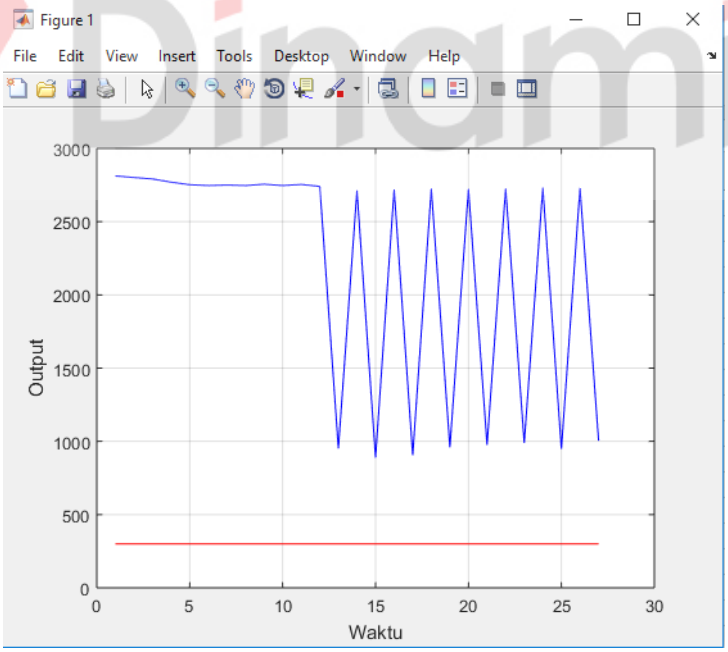
Gambar 4. 9 Grafik perubahan *set point* 1000 ke 100

Pada gambar 4.9 dapat dilihat kinerja sistem ketika berada di *set point* 1000 berada di atas kemudian diberi *set point* 100, sehingga nilai sistem turun.



Gambar 4. 10 Grafik *set point* 300 ke 3000

Pada gambar 4.10 dapat dilihat kinerja sistem ketika berada di *set point* 300 berada di bawah kemudian diberi *set point* 3000, sehingga nilai sistem naik.



Gambar 4. 11 Grafik *set point* 3000 ke 300

Pada gambar 4.11 dapat dilihat kinerja sistem ketika berada di *set point* 3000 berada di atas kemudian diberi *set point* 300, sehingga nilai sistem turun.

Tabel 4. 3 Pengiriman data *set point* melalui MQTT

Data ke-	*Set point* yang dikirim	*Set point* yang diterima	Error %
1	600	600	0
2	3000	3000	0
3	100	100	0
4	1000	1000	0
5	1000	1000	0
6	100	100	0
7	300	300	0
8	3000	3000	0
9	3000	3000	0
10	300	300	0
	Error rata-rata		0

Tabel 4. 4 Pengiriman data sensor BH11750 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	80.3	80.3	0
8	88.3	88.3	0
9	90	90	0
10	105	105	0
11	131.67	131.67	0
12	129.17	129.17	0
13	150	150	0
14	167.5	167.5	0
15	190	190	0
16	195	195	0
17	206.7	206.7	0
18	235	235	0
19	260	260	0
20	320	320	0
21	335	335	0
22	380.3	380.3	0
23	420	420	0
24	435	435	0
25	519.17	519.17	0
26	574	574	0
27	610	610	0
28	594.17	594.17	0
28	594.17	594.17	0
29	621	621	0
30	702.5	702.5	0
	Error		0

UNIVERSITAS Dinamika

4.4.5 Analisis Data Pengujian Sistem *Auto Light Dimmer*

Dari hasil pengamatan sistem, dapat dilihat sistem berhasil mengejar *set point*. Pada gambar 4.7 ketika *set point* dibuat tinggi, sistem berhasil naik mendekati nilai tersebut, sedangkan saat *set point* rendah pada gambar 4.6 sistem mengalami kondisi naik turun. Ketika *set point* terlalu rendah nilai sistem naik dan turun terlalu jauh. Kemungkinan terjadinya hal ini karena nilai dari sensor dan aktuator yang tidak memiliki nilai tetap seperti analisis pada Tabel 4.3, sehingga sistem yang berusaha mengejar juga memiliki nilai yang berubah-ubah. Hasil sistem kontrol pada *set point* 600 dapat dilihat di Tabel 4.5 dan *set point* 3000 dapat dilihat di Tabel 4.6. Hasil pengiriman data set point dan sensor melalui MQTT berhasil dilakukan dengan baik sesuai Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4. 5 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 4. 6 Uji Sistem *Set point* 3000

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

4.5 Pengujian Sistem pada Tanaman

4.5.1 Tujuan Pengujian Sistem pada Tanaman

Pengujian tanaman dilakukan untuk menguji perbedaan intensitas cahaya pada tanaman. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya pada tanaman.

4.5.2 Alat Yang Digunakan di Pengujian Sistem pada Tanaman

Pada pengujian sistem pada tanaman digunakan alat sebagai berikut:

UNIVERSITAS Dinamika

1. Laptop
2. Kabel USB
3. ESP32
4. Sensor BH1750
5. AC Light Dimmer
6. *Growlight*
7. DHT11
8. LCD 16x2
9. Tanaman Pakcoi
10. Bak Hidroponik

4.5.3 Prosedur Pengujian Sistem pada Tanaman

Prosedur yang dilakukan untuk pengujian sistem pada tanaman adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan semua perangkat.
2. Menghidupkan Laptop dan menjalankan aplikasi arduino IDE.
3. Menyambungkan mikrokontroler ESP32 dengan kabel USB.
4. Menjalankan program keseluruhan yang dapat dilihat pada lampiran 4.
5. Meletakkan tanaman yang sudah bertumbuh selama 3 minggu kedalam kotak hidroponik di dalam ruangan tertutup.
6. Meng*input*kan nilai *set point* yang berbeda untuk kotak A dan kotak B.
7. Mengamati pertumbuhan tanaman.

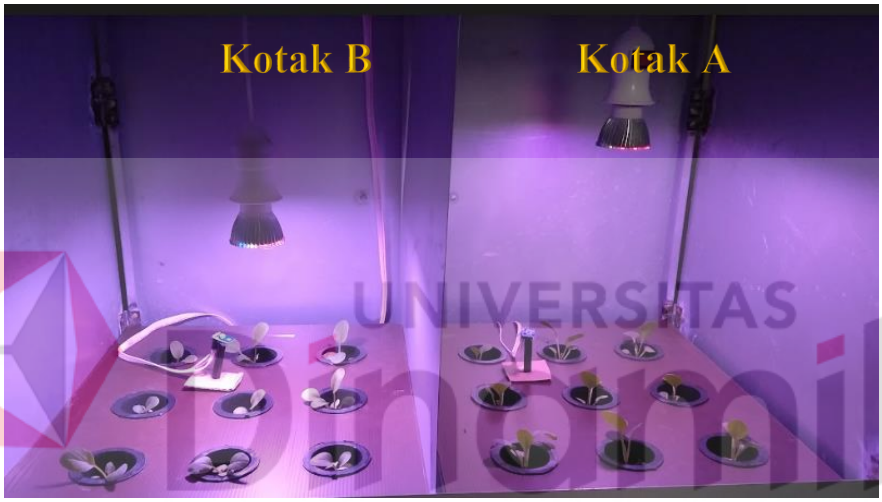
4.5.4 Hasil Pengujian Sistem pada Tanaman

Tanaman yang diuji adalah pakcoy yang sudah bertumbuh selama 3 minggu dalam media rockwool. Dalam kotak A diberi *set point* 600 dan di kotak B diberi *set point* 3000.

Tabel 4. 7 Pengamatan tanaman

Hari ke-	Kotak A			Kotak B		
	Panjang Tanaman (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah Daun	Panjang Tanaman (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah Daun
1.	2.9	1.3	3	2.7	1.6	2
2.	3	1.4	3	2.7	1.7	2

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



Gambar 4. 12 Gambar tanaman hari-1

Gambar 4. 13 Tanaman hari Ke-7

UNIVERSITAS Dhamika

Gambar 4. 14 Tanaman hari ke-14

4.5.5 Analisis Data Pengujian Sistem pada Tanaman

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat pertumbuhan panjang tanaman kotak B sedikit lebih baik dari kotak A. Perbedaan lebar daun antar kotak tidak terlalu signifikan. Dan jumlah daun yang yang berhasil tumbuh tidak jauh berbeda. Dari perbandingan gambar hari pertama dan ketujuh dapat dilihat tanaman menghadap ke arah cahaya dan kotak B yang memiliki *set point* tinggi memiliki tanaman dengan daun yang sedikit lebih besar.

UNIVERSITAS Dinamika

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian alat dan kinerja sistem. Hasil dari pengujian tersebut mendapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Fuzzy diterapkan pada mikrokontroler yang mengendalikan dimmer lampu growlight. Pada sistem digunakan sensor BH1750 sebagai *input*. Pada pengujian sistem Fuzzy di *set point* rendah, keluaran menjadi tidak stabil karena naik terlalu tinggi dan turun terlalu rendah. Namun ketika *set point* tinggi, sistem berhasil mengejar *set point* dengan baik. Perubahan *set point* juga dapat diterapkan dengan baik dalam sistem ini.
2. Pada sistem fuzzy *set point* 600 ditemukan rise time sebesar 0.37 detik, *SettlingMin* 173.3300 lux, *SettlingMax* 945.83 lux, *Overshoot* 57.8%, *Peak* 956.7 lux. Pada *set point* 3000 ditemukan rise time sebesar 0.87 detik, *SettlingMin* 2714 lux, *SettlingMax* 2866 lux, *Overshoot* 0, *Peak* 2866 lux.
3. Sensor cahaya dan suhu bisa dipantau melalui internet. *Set point* juga dapat di*input*kan oleh user melalui MQTT dalam pengamatan perubahan *set point*.
4. Tanaman dengan *set point* tinggi memiliki daun yang lebih besar dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi *set point* rendah.

5.2 Saran

Adapun saran yang didapat selama penelitian ini adalah:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang dimmer untuk mengetahui tingkat kestabilan dimmer yang dapat digunakan pada *growlight*.
2. Meneliti lebih lanjut tentang lux setiap jenis tanaman apakah tanaman tersebut termasuk kedalam jenis yang membutuhkan cahaya sedikit, sedang, atau penuh.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A. M. (2021). Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Rumah Kaca Pada Budidaya Bunga Krisan Menggunakan Metode Pid Agus Mujahid Ahmad. *Jurnal Teknik Elektro*, *10*(02), 351–357. https://doi.org/10.26740/JTE.V10N2.P351-357

Arifin, M. I. (2018). *Bentuk Prototype Kontrol Lampu Penerangan Jalan Umum Dengan Sensor Cahaya Berbasis Arduino*. https://repository.unej.ac.id/xmlui/handle/123456789/85593

Fernanda, E. F. (2022). *TA : Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Smart Home Menggunakan Protokol MQTT*. Universitas Dinamika.

Gusti, I., Katon, A., Andika, R., Yuwono, S., & Surya, A. (2020). Implementasi Pengendalian Intensitas Cahaya Lampu Berbasis Logika Fuzzy Dengan Menggunakan Sensor Ldr (application Of Ldr Sensor For Controlling Lamps' Light Intensity Based On Fuzzy Logic). *EProceedings of Engineering*, *7*(3). https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/14145

Hafiz, A. Al. (2020). Implementasi Metode Fuzzy Logic Pada Intensitas Lampu di Laboratorium Berbasis Arduino. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika Dan Komputer)*, *19*(2), 36. https://doi.org/10.53513/jis.v19i2.2422

Kresnha, P. E., Latifhah, N., & Wicahyani, A. (2019). Automasi Hidroponik Indoor Sistem Wick dengan Pengaturan Penyinaran Menggunakan Growing Lights dan Pemberitahuan Nutrisi Berbasis SMS Gateway. *Seminar Nasional Teknologi*, *0*(0), 1–8. https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5229

Mawaddah, L., Yuniarti, E., & Hartono, A. (2020). Rancang Bangun Automatic Human Blood Type Detector Menggunakan Sensor Cahaya Bh1750 Berdasarkan Sifat Optik dengan Metode ABO [LP2M Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta]. In *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics* (Vol. 3, Issue 1). https://doi.org/10.15408/FIZIYA.V1I2.14433

Maya, I. (2022). *TA : Otomasi dan Monitoring pada Greenhouse Pembibitan Tanaman Strawberry Menggunakan PID* [Universitas Dinamika]. https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/6314/

Najmurrokhman, A., Najmurrokhman, A., Kusnandar, K., & Amrulloh, A. (2018). Prototipe Pengendali Suhu Dan Kelembaban Untuk Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler Arduino Atmega328 Dan Sensor Dht11. *Jurnal Teknologi*, *10*(1), 73–82. https://doi.org/10.24853/jurtek.10.1.73-82

Oktaviana, Sindy. 2021. https://defuturefarmer.id/sistem-sistem-hidroponik/. diakses pada 23 Des 2022.

Prasetyo, D. S. (2022). *TA: Pengereman Otomatis pada Sepeda Motor menggunakan Metode Fuzzylogic* [Universitas Dinamika]. http://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/6587

Rama Akbar, -. (2020). *Sistem Kunci Kendaraan Bermotor Menggunakan Radio Frequency Identification (Rfid) Dan Sim Berbasis Nodemcu Esp32*. http://repository.uin-suska.ac.id/id/eprint/30197

Ramdani, R., Marisa, & Carudin, C. (2021). Implementasi Kendali Intensitas Cahaya Lampu dengan Internet Of Things Berbasis Arduino Uno menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknologi Terpadu*, *7*(1), 51–58. https://doi.org/10.54914/jtt.v7i1.273

Saputra, B. H. (2021). Kendali Suplai Nutrisi Dan Cahaya Pada Hidroponik Tanaman Sawi Pakcoy Dengan Sistem Nft. *Electro Luceat*, *7*(1), 103–110. https://doi.org/10.32531/JELEKN.V7I1.347

Suryana, T. (2021). *Measuring Light Intensity Using The Bh1750 Sensor*. http://kuliahonline.unikom.ac.id/?listmateri/&detail=45697

Venny, V., Setyaningsih, E., & Calvinus, Y. (2022). Perancangan Dan Realisasi Automatic Dimming Light Pada Laboratorium Pendidikan. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, *24*(1), 82–90. https://doi.org/10.24912/TESLA.V24I1.18444

UNIVERSITAS Dinamika