



**RANCANG BANGUN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
BERTENAGA SEL SURYA DAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

Oleh :

GALIH SETIAJI

181910201064

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2023



**RANCANG BANGUN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
BERTENAGA SEL SURYA DAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :
GALIH SETIAJI
181910201064

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2023

PERSEMBAHAN

Adapun Skripsi ini dipersembahkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan untuk menuntut ilmu pada tahap ini.
2. Hadroturrosul Muhammad SAW yang telah membawa zaman kegelapan menuju zaman terang benderang
3. Keluarga antara lain kedua orang tua yang bernama H. Sahuri dan HJ. Musripah yang telah mendidilk dari bayi hingga sekarang, dan Nenek yang bernama Hj. Jarkonah, kakak bernama Fiqri Hari Harmawan dan adik yang bernama Intan Mu'alimah.
4. Semua guru, baik guru agama maupun guru umum yang telah mengajarkan tentang ilmu , pengalaman, dan kehidupan.
5. Almamater tercinta, SD N Klampok 05, MTs N Model Brebes, SMA A. Wahid Hasyim, Pondok Pesantren Tebuireng, Pondok Pesantren Aljauhar, Fakultas Teknik Universitas sebagai tempat untuk menimba ilmu serta mengembangkan kemampuan saya khususnya dibidang teknik elektro
6. Semua teman, yaitu teman tidur, teman ngopi, teman skripsi, teman ngaji, teman futsal, teman badminton dan lain sebagainya
7. Almamater tercinta, Fakultas Teknik Universitas sebagai tempat untuk menimba ilmu serta mengembangkan kemampuan saya khususnya dibidang teknik elektro.

Akhir kata penulis persembahkan skripsi untuk semua orang yang tidak dapat ditulis satu persatu.

MOTTO

وَلَا تَأْيِسُوا مِنْ رَوْحِ اللَّهِ

“dan janganlah kau berputus asa dari rahmat Allah AWT.”

(Qs. Yusuf ayat 87)

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

" Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antarmu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Qs. AlMujadalah ayat 11)

كُنْ عَلِيماً أَوْ مُتَعَلِّماً أَوْ مُحِبًّا , أَوْ مُتَّبِعًا , وَلَا تَكُنِ الْخَامِسَ فَتَهْلِكَ

“Jadilah engkau orang yang berilmu (pandai) atau orang yang belajar, atau orang yang mendengarkan ilmu atau yang mencintai ilmu. Dan janganlah engkau menjadi orang yang kelima maka kamu akan celaka, orang kelima yaitu orang yang tidak termasuk salah satu dari keempat yang telah disebutkan “

(H.R Baehaqi)

“ Jika suatu amal tidak dilandasi dengan keikhlasan, maka tidak akan bertambah kecuali kegelapan dalam hati”

(KH. Hasyim Asy’ari)

“Tatkala waktuku habis tanpa karya dan pengetahuan lantas apa makna umurku ini ? ”

(KH. A. Wahid Hasyim)

“ Kepintaran bukan salah satunya faktor keberhasilan. Karakter, kedisiplinan, kejujuran dan kerja keras juga menentukan keberhasilan seseorang”

(Kh. Salahuddin Wahid)

“Nothing Perfect, Alhamdulillah”

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Galih Setiaji

NIM : 181910201064

menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “**Rancang Bangun Tanaman Otomatis Bertenaga Sel Surya dan Berbasis *Internet Of Things***” benar-benar karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan sebuah karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya suatu pemaksaan atau tuntutan dari pihak manapun, serta bersedia mendapat sanksi akademik jika dikemudia hari pernyataan yang saya buat tidak benar.

Jember, 25 Januari 2023

Galih Setiaji

NIM 181910201064

SKRIPSI
HALAMAN PEMBIMBING
RANCANG BANGUN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
BERTENAGA SEL SURYA DAN BERBASIS *IoT* (*INTERNET OF*
***THINGS*)**

Oleh :

GALIH SETIAJI

181910201064

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.
Dosen Pembimbing Anggota : Gamma Aditya Rahardi, ST, MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**RANCANG BANGUN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERTENAGA SEL SURYA DAN BERBASIS INTERNET OF THINGS**” karya GALIH SETIAJI telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 11 Januari 2023

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM

NIP. 196312011994021002

Gamma Aditya Rahardi, ST, MT.

NIP. 199101282019031018

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Ir. Satriyo Budi Utomo., S.T., M.T.

NIP. 198501262008011002

Widya Cahyadi, ST, MT.

NIP. 198511102014041001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto., S.T., M.T.

NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

RANCANG BANGUN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERTENAGA SEL SURYA DAN BERBASIS INTERNET OF THINGS;
GALIH SETIAJI; 181910201064; 2023; 90 Halaman;
Jurusan Teknik Elektro; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Cabai merupakan komoditas hortikultura yang memiliki potensi nilai ekonomi yang tinggi atau penting di Indonesia, selain itu cabai juga termasuk komoditas pangan utama nasional. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai dipengaruhi beberapa faktor antara lain ketinggian, iklim, air, tanah, dan kelembaban (Somantri dan Mamun, 2021). Cabai merah merupakan tanaman yang tidak tahan kering tetapi juga tidak tahan terhadap genangan air, jadi air tanah dapat dikatakan dalam kondisi atau keadaan kapasitas lapang (lembab tetapi tidak terlalu kering. Ideal kelembaban tanah pada tanaman cabai merah berkisar antara 60% hingga 80% kapasitas lapang (Nalendra dan Mujiono, 2020)

Air merupakan kebutuhan primer bagi setiap tanaman. Tanaman yang kekurangan dan kebanyakan air, pertumbuhan dan perkembangannya akan terhambat (Sirait dkk., 2015). Salah satu upaya agar tanaman dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik yaitu dilakukan penyiraman tanaman secukupnya dan secara rutin. Penyiraman tanaman yang baik yaitu penyiraman dilakukan di pagi hari dan sore hari (Jatmiko dkk., 2021). Penyiraman tanaman secara otomatis lebih efisien dibandingkan dengan penyiraman secara manual (Sirait dkk., 2020). Teknologi penyiraman tanaman otomatis dapat membantu kegiatan petani dalam penyiraman tanaman karena penyiraman tanaman mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, produktivitas lahan serta pendapatan petani, namun para petani masih banyak menggunakan penyiraman tanaman secara manual, sehingga dari permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai penyiraman tanaman otomatis.

Penelitian ini menggunakan sel surya, sel surya merupakan teknologi ramah lingkungan yang dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia (Sopandi dkk., 2021). Sel surya digunakan sebagai

sumber energi listrik dalam pengembangan alat penyiraman tanaman otomatis. Keuntungan dari tenaga surya antara lain tidak adanya emisi, energi didapatkan secara gratis, perawatan yang mudah, namun pada sel surya mempunyai kelemahan yaitu ketergantungan pada besar kecilnya intensitas cahaya matahari. Penelitian ini juga menggunakan konsep *IoT (Internet of Things)* untuk memonitoring dan control jarak jauh. *IoT (Internet of Things)* telah terbukti dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi pada tingkat operasional seperti halnya pada sistem monitoring intelegen untuk monitoring temperature pada *refrigator trucks*, sistem pendeteksi api otomatis di china dapat menjadi lebih meningkat ke level yang tinggi.

Perancangan alat penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *Internet of Things* pada penelitian ini dibutuhkan dua mikrokontroller, yaitu Arduino uno dan NodeMCU ESP8266. Arduino uno digunakan sebagai pengontrol otomatis penyiraman tanaman dan pengirim data, sedangkan NodeMCU ESP8266 digunakan untuk menerima data kemudian dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui wifi. Sumber sel surya dihubungkan dengan baterai sebagai sumber listrik, Nilai kecepatan pompa dirancang pada PWM nilai 150 nilai terendah dan PWM 250 nilai tertinggi.

Alat penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *Internet of Things* sumber listrik dari panel surya. Penyiraman tanaman bekerja bergantian pada setiap saluran atau jalur fluida berdasarkan nilai masing – masing sensor, selama nilai sensor 1 belum mencapai nilai setpoint atau 71 maka solenoid valve 1 tetap buka katup jalur atau saluran fluida 1, sedangkan solenoid valve 2 menutup jalur fluida 2 dan solenoid valve 3 menutup jalur fluida 3. Ketika nilai sensor 1 telah mencapai nilai 71 maka solenoid valve 1 menutup jalur fluida 1, sedangkan solenoid valve 2 membuka jalur fluida 2 dan solenoid valve 3 menutup jalur fluida 3. Ketika nilai sensor 2 telah mencapai nilai 71 maka solenoid valve 2 menutup jalur fluida 2, sedangkan solenoid valve 3 membuka jalur fluida 3 dan solenoid valve 1 menutup jalur fluida 1. Ketika nilai sensor 1, 2 dan 3 telah mencapai nilai 71 maka solenoid valve 1 menutup jalur fluida 1, sedangkan solenoid valve 2 menutup jalur fluida 2 dan solenoid valve 3 menutup jalur fluida 3 dan pompa berhenti.

Kecepatan pompa berdasarkan nilai rata – rata ketiga sensor, nilai rata-rata ketiga sensor semakin mendekati nilai setpoint atau 71 maka kecepatan pompa semakin melambat. Alat penelitian ini ketiga sensor kelembaban tanah, kondisi valve, nilai kecepatan pompa dan nilai setpoint termonitoring dan dapat dikontrol pada aplikasi Blynk.

Kinerja yang dihasilkan pada alat penelitian ini bekerja dengan baik. nilai ketiga sensor termnitorig dengan baik dan setting nilai setpint kelembaban pada aplikasi Blynk terkirim dengan baik. Hasil jangkauan penyiraman tanaman pada setiap sprinkler tetap merata meskipun nilai pompa semakin melambat, dan nilai kelembaban ketiga daerah terjaga tidak kelebihan maupun kekurangan air



SUMMARY**DESIGN OF AN AUTOMATIC PLANT WATERING SYSTEM POWERED BY SOLAR CELLS AND BASED ON THE INTERNET OF THINGS; GALIH**

SETIAJI; 181910201064; 2023; 90 page; Electrical engineering major; Faculty of Engineering; University of Jember.

Chili is a horticultural commodity that has the potential for high economic value or importance in Indonesia, besides that chili is also a major national food commodity. The growth and development of chili plants are influenced by several factors including altitude, climate, water, soil, and humidity (Somantri and Mamun, 2021). Red chili is a plant that is not dry-resistant but also not resistant to stagnant water, so soil water can be said to be in a condition or state of field capacity (moist but not too dry). Ideal soil moisture in red chili plants ranges from 60% to 80% field capacity (Nalendra and Mujiono, 2020).

Water is a primary need for every plant. Plants that lack mostly water, growth as well as their development will be inhibited (Sirait et al., 2015). One of the efforts so that plants can grow and develop properly is to water the plants sufficiently and regularly. Good plant watering is done in the morning and evening (Jatmiko et al., 2021). Automatic plant watering is more efficient than manual watering (Sirait et al., 2020). Automatic plant watering technology can help farmers' activities in watering plants because plant watering affects plant growth and development, land productivity, and farmer income, but farmers still use manual plant watering, so from these problems it is necessary to conduct research on automatic plant watering.

This research uses solar cells, solar cells are an environmentally friendly technology that can be used as an alternative energy source to meet the needs of human life (Sopandi et al., 2021). Solar cells are used as a source of electrical energy in the development of automatic plant watering tools. The advantages of solar power include no emissions, free energy, and easy maintenance, but solar cells have a weakness, namely dependence on the size of the intensity of sunlight. This research also uses the concept of IoT (Internet of Things) for remote monitoring and control. IoT (Internet of Things) has been proven to increase effectiveness and efficiency at the operational level as well as in intelligent monitoring systems for

monitoring temperature in refrigerator trucks, automatic fire detection systems in China can be increased to a high level.

The design of automatic plant watering tools powered by solar cells and based on the Internet of Things in this study requires two microcontrollers, namely Arduino uno and NodeMCU ESP8266. Arduino uno is used as an automatic plant watering controller and data sender, while NodeMCU ESP8266 is used to receive data and then sent to Blynk. The solar cell source is connected to the battery as a power source, the pump speed value is designed at PWM value 150 lowest value and PWM 250 highest value.

Automatic plant watering tool powered by solar cells and based on the Internet of Things electricity source from solar panels. Watering plants work alternately on each channel or fluid path based on the value of each sensor, as long as the value of sensor 1 has not reached the setpoint value or 71 then solenoid valve 1 remains open the valve of fluid path or channel 1, while solenoid valve 2 closes fluid path 2 and solenoid valve 3 closes fluid path 3. When the value of sensor 1 has reached a value of 71 then solenoid valve 1 closes fluid path 1, while solenoid valve 2 opens fluid path 2 with solenoid valve 3 closing fluid path 3. When the value of sensor 2 has reached 71, solenoid valve 2 closes fluid path 2, while solenoid valve 3 opens fluid path 3, and solenoid valve 1 closes fluid path 1. When the value of sensors 1, 2, and 3 has reached 71, solenoid valve 1 closes fluid path 1, while solenoid valve 2 closes fluid path 2, and solenoid valve 3 closes fluid path 3 and the pump stops.

The pump speed is based on the average value of the three sensors, the average value of the three sensors is getting closer to the setpoint value or 71, and the pump speed is slowing down. The three soil moisture sensors, valve conditions, pump speed values, and the setpoint value are monitored and can be controlled on the Blynk application.

The resulting performance of this research tool works well. the value of the three sensors is monitored properly and the setting of the humidity setpoint value in the Blynk application is sent properly. The results of the plant watering range on each sprinkler remain evenly distributed even though the pump value is slowing down, and the humidity value of the three areas is guaranteed.

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Segala Puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga dapat memberikan kekuatan dan kesabaran dalam melaksanakan penelitian ini dengan baik. Penyusunan laporan skripsi ini tidak mungkin terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dari itu disampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Keluarga antara lain kedua orang tua yang bernama H. Sahuri dan Hj. Musripah yang telah mendidik dari bayi hingga sekarang, dan nenek yang bernama Hj. Jarkonah, kakak bernama Fiqri Hari Harmawan dan adik yang bernama Intan Mu'alimah.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM. selaku DPU dan bapak Gamma Aditya Rahardi, ST, MT. selaku DPA yang telah membimbing hingga terselesaikannya skripsi ini. Bapak Dr. Ir. Satrio Budi Utomo, S.T., M.T. dan bapak Widya Cahyadi, ST, MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi memperbaiki penelitian ini.
3. Bapak Dr. Ir. Satrio Budi Utomo, S.T., M.T. dan bapak Widya Cahyadi, ST, MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi memperbaiki penelitian ini.
4. Sahabat - sahabat Lab Renewable Energy semoga senantiasa dalam lidungan Allah.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sempurna hanya milik Allah SWT, harapan penulis adalah dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembacanya.

Jember, 25 Januari 2023

Galih Setiaji

NIM 181910201064

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	xi
PRAKATA.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tanaman Cabai.....	4
2.2 Sel Surya	4
2.2.1 Pengertian Sel Surya	4
2.2.2 Sejarah Sel Surya	5
2.2.3 Perkembangan Sel Surya.....	6
2.2.4 Struktur panel surya (Pahlevi, 2014).....	7
2.2.5 Prinsip Kerja Sel Surya	8
2.2.6 Karakteristik Sel Surya	9
2.2.7 Rangkaian Panel Surya	9
2.2.8 Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja sel surya.....	10
2.3 Solar Charge Controller	11

2.3.1	Pengertian <i>Solar Charge Controller</i>	11
2.3.2	Rumus Menentukan Spesifikasi <i>Solar Charge Controller</i>	12
2.4	Baterai	13
2.5	Mikrokontroler	14
2.6	Pengertian Arduino Uno	14
2.7	NodeMCU ESP8266	16
2.8	Sensor <i>Soil Moisture</i> (type-YL 69)	17
2.9	Relay	18
2.10	MOSFET	18
2.11	<i>Driver</i> MOSFET	19
2.12	Pompa	19
2.13	Solenoid Valve	20
2.14	Sprinkler	21
2.15	<i>LCD (Liquid Crystal Display)</i>	22
2.16	<i>IoT (Internet of Things)</i>	23
2.17	Fuzzy Logic	23
2.17.1	Himpunan Fuzzy	23
2.17.2	Fungsi Keanggotaan	24
2.17.3	Pemodelan Sistem <i>Fuzzy Logic Controller</i>	27
2.18	Blynk	27
2.19	Arduino <i>IDE</i>	28
BAB 3.	METODELOGI PENELITIAN	31
3.1	Tempat Penelitian	31
3.2	Waktu Penelitian	32
3.3	Tahapan Penelitian	33
3.3.1	Studi Literatur	33
3.3.2	Perancangan Alat	33
3.3.3	Pengujian Alat	33
3.3.4	Pengambilan Data	33
3.3.5	Analisis Data	33
3.3.6	Kesimpulan	33
3.4	Diagram Alir Penelitian	34

3.5 Perencanaan Alat	35
3.5.1 Alat dan Bahan	35
3.5.2 Blok Diagram Sistem	36
3.5.3 Prinsip Kerja Sistem.....	37
3.5.4 Perancangan Sprinkler	38
3.5.5 Pemilihan Pompa	39
3.5.6 Perancangan Kebutuhan Air	40
3.5.7 Perancangan Perangkat Keras	40
3.5.8 Perancangan Perangkat Lunak	45
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Pengujian Panel Surya.....	49
4.2 Pengujian Gelombang <i>Pulse Width Modulation (Pwm)</i>	51
4.4 Pengujian Tanpa Kontrol.....	53
4.4.1 Pengujian Tanpa Kontrol Beban Pompa	53
4.4.2 Pengujian Tanpa Kontrol beban Pompa dan Air.....	55
4.5 Pengujian <i>IoT</i>	58
4.5.1 Pengujian <i>Monitoring</i> Aplikasi Blynk	58
4.5.2 Pengujian Pengiriman Nilai Setpoint	60
4.6 Pengujian Respon Kontrol Fuzzy	62
4.7 Pengujian Alat Penyiraman Tanaman.....	65
BAB 5 PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sel surya, modul surya, panel surya dan array surya	5
Gambar 2. 2 Grafik arus dan tegangan dengan suhu dan radiasi tertentu.....	9
Gambar 2. 3 Rangkaian seri dan rangkaian paralel sel surya	10
Gambar 2. 4 Grafik arus dan tegangan dengan suhu tertentu	10
Gambar 2. 5 Effect of insolation intensity on current (I).....	11
Gambar 2. 6 Solar charger controller	13
Gambar 2. 7 Battery VRLA DEEP Cycle.....	14
Gambar 2. 8 Bagian – bagian arduino uno.....	15
Gambar 2. 9 Board pin nodemcu esp8266	16
Gambar 2. 10 Sensor soil moisture	17
Gambar 2. 11 Relay 4 chanel	18
Gambar 2. 12 MOSFET N- CHANNEL.....	19
Gambar 2. 13 Dual pump hiu.....	20
Gambar 2. 14 Solenoid valve	21
Gambar 2. 15 Sprinkler butterfly	21
Gambar 2. 16 Liquid crystal display	22
Gambar 2. 17 Representasi linear naik	24
Gambar 2. 18 Representasi linear turun.....	25
Gambar 2. 19 Representasi kurva segitiga.....	25
Gambar 2. 20 Representasi kurva trapesium.....	26
Gambar 2. 21 Representasi kurva gaussian.....	26
Gambar 2. 22 Blok diagram fuzzy inference system	27
Gambar 2. 23 Komponen Blynk	28
Gambar 2. 24 Tampilan arduino ide	29
Gambar 3. 1 Desain tampak depan	31
Gambar 3. 2 Desain tampak atas.....	31
Gambar 3. 3 Desain tampak samping	32
Gambar 3. 4 Diagram alir penelitian.....	34
Gambar 3. 5 Block diagram sistem.....	36

Gambar 3. 6 Perancangan Sprinkler.....	39
Gambar 3. 7 Rangkaian skematik Solar panel, SCC dan Baterai	42
Gambar 3. 8 Rangkaian skematik Arduino dengan NodeMCU ESP8266.....	42
Gambar 3. 9 Sensor Soil moisture YL-69	43
Gambar 3. 10 Rangkaian skematik Arduino uno dengan Relay dan Solenoid valve	43
Gambar 3. 11 Rangkaian skematik Arduino Uno dengan Mosfet IRFZ44N dan Pompa.....	44
Gambar 3. 12 Rangkaian skematik Arduino Uno dengan LCD I2C.....	44
Gambar 3. 13 Tampilan Blynk.....	45
Gambar 3. 14 Blok diagram kontrol Fuzzy.....	45
Gambar 3. 15 Error member function input Fuzzy	46
Gambar 3. 16 Delta error member function input Fuzzy	46
Gambar 3. 17 PWM Pompa membership function output kontrol Fuzzy	46
Gambar 3. 18 Flowchart sistem	48
Gambar 4. 1 Grafik perbandingan tegangan dan intensitas cahaya panel surya .	50
Gambar 4. 2 Grafik tegangan, arus dan daya output panel surya	50
Gambar 4. 3 Gelombang PWM duty cycle 25%.....	51
Gambar 4. 4 Gelombang PWM duty cycle 50%.....	52
Gambar 4. 5 Gelombang PWM duty cycle 75 %.....	52
Gambar 4. 6 Gelombang PWM duty cycle 100 %.....	52
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan dutycycle, arus, tegangan dan daya.....	54
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan daya dengan kecepatan pompa.....	54
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan arus, tegangan dan daya	55
Gambar 4. 10 Perbandingan daya dengan kecepatan pompa.....	55
Gambar 4. 11 Grafik perbandingan arus pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air.....	56
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan tegangan pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air	56
Gambar 4. 13 Grafik perbandingan daya pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air.....	57

Gambar 4. 14 Percobaan monitoring Blynk pertama.....	59
Gambar 4. 15 Percobaan monitoring Blynk kedua.....	59
Gambar 4. 16 Percobaan monitoring Blynk ketiga.....	60
Gambar 4. 17 Percobaan monitoring Blynk keempat.....	60
Gambar 4. 18 Percobaan pengiriman nilai setpoint 65.....	61
Gambar 4. 19 Percobaan pengiriman nilai setpoint 70.....	61
Gambar 4. 20 Percobaan pengiriman nilai setpoint 75.....	61
Gambar 4. 21 Percobaan pengiriman nilai setpoint 80.....	62
Gambar 4. 22 Grafik perbandingan error dan delta error.....	64
Gambar 4. 23 Grafik perbandingan nilai rata-rata sensor dengan nilai PWM.....	64
Gambar 4. 24 Grafik arus, tegangan dan daya alat penyiraman tanaman.....	67
Gambar 4. 25 Grafik hasil jangkauan penyiraman tanaman.....	69
Gambar 4. 26 Grafik hasil debit air penyiraman tanaman.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu penelitian	32
Tabel 3. 2 Spesifikasi panel surya 50 watt.....	40
Tabel 3. 3 Daya yang dibutuhkan	41
Tabel 3. 4 Rule base interference system.....	47
Tabel 4. 1 Pengujian panel surya	49
Tabel 4. 2 Pengaruh nilai duty cycle terhadap bentuk pulsa gelombang PWM .	51
Tabel 4. 3 Pengujian tanpa kontrol beban pompa.....	53
Tabel 4. 4 Pengujian tanpa kontrol beban pompa dan air.....	55
Tabel 4. 5 Pengujian monitoring aplikasi Blynk.....	59
Tabel 4. 6 Pengujian pengiriman nilai setpoint.....	61
Tabel 4. 7 Pengujian respon kontrol Fuzzy.....	63
Tabel 4. 8 Pengujian alat penyiraman tanaman	66
Tabel 4. 9 Konsumsi daya pada alat penyiraman tanaman otomatis	68
Tabel 4. 10 Hasil jarak penyiraman tanaman.....	69
Tabel 4. 11 Hasil debit air.....	70

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Letak geografis Indonesia secara astronomi pada $6^{\circ}LU - 11^{\circ}LS, 95^{\circ}BT - 141^{\circ}BT$. Indonesia merupakan negara agraris dengan penduduk sebagian besar bermata pencaharian sebagai petani. Salah satu budidaya pertanian di Indonesia adalah tanaman cabai. Cabai merupakan komoditas hortikultura yang memiliki potensi nilai ekonomi yang tinggi atau penting di Indonesia, selain itu cabai juga termasuk komoditas pangan utama nasional. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai dipengaruhi beberapa faktor antara lain ketinggian, iklim, air, tanah, dan kelembaban (Somantri dan Mamun, 2021). Cabai merah merupakan tanaman yang tidak tahan kering tetapi juga tidak tahan terhadap genangan air, jadi air tanah dapat dikatakan dalam kondisi atau keadaan kapasitas lapang (lembab tetapi tidak terlalu kering. Ideal kelembaban tanah pada tanaman cabai merah berkisar antara 60% hingga 80% kapasitas lapang (Nalendra dan Mujiono, 2020).

Air merupakan kebutuhan primer bagi setiap tanaman. Tanaman yang kekurangan dan kebanyakan air, pertumbuhan dan perkembangannya akan terhambat, salah satu upaya agar tanaman dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik yaitu dilakukan penyiraman tanaman secukupnya dan secara rutin. Penyiraman tanaman yang baik yaitu penyiraman dilakukan di pagi hari dan sore hari (Jatmiko dkk., 2021). Penyiraman tanaman secara otomatis lebih efisien dibandingkan dengan penyiraman secara manual (Tullah dkk., 2019). Teknologi penyiraman otomatis dapat membantu kegiatan petani dalam penyiraman tanaman karena penyiraman tanaman mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, produktivitas lahan serta pendapatan petani (Sirait dkk., 2015), namun para petani masih banyak menggunakan penyiraman tanaman secara manual, sehingga dari permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai penyiraman tanaman otomatis.

Penelitian ini menggunakan sel surya, dimana sel surya merupakan teknologi ramah lingkungan yang dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk

memenuhi kebutuhan hidup manusia. Sel surya digunakan sebagai sumber energi listrik dalam pengembangan alat penyiraman tanaman otomatis. Keuntungan dari tenaga surya antara lain tidak adanya emisi, energi didapatkan secara gratis, perawatan yang mudah, namun pada sel surya mempunyai kelemahan yaitu ketergantungan pada besar kecilnya intensitas cahaya matahari (Sirait dkk., 2015). Penelitian ini juga menggunakan konsep *IoT (Internet of Things)* untuk memonitoring dan control jarak jauh. *IoT (Internet of Things)* telah terbukti dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi pada tingkat operasional seperti halnya pada sistem monitoring Intelegent untuk monitoring temperature pada *refrigator trucks*, sistem pendeteksi api otomatis di China dapat menjadi lebih meningkat ke level yang tinggi (Novriza Alam, 2020)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana sistem penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT (Internet of Things)* ?
2. Bagaimana cara kerja alat penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT (Internet of Things)* ?
3. Bagaimana kinerja alat penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT (Internet of Things)* ?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dibuat agar pembahasan materi terarah dan berfokus pada penelitian yang akan dilaksanakan, Adapun batasan masalah sebagai berikut :

- a. Prosesor yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino Uno R3 dan NodeMCU *ESP8266*.
- b. Monitoring dan control komunikasi jarak jauh dengan menggunakan jaringan wifi
- c. Menggunakan Pompa DC
- d. Lama penyiraman tanaman berdasarkan tingkat kelembaban tanah

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Menghasilkan alat penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT* (*Internet of Things*).
2. Memahami cara kerja sistem penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT* (*Internet of Things*)
3. Mengetahui kinerja dari sistem penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT* (*Internet of Things*)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain :

1. Dapat memenuhi kebutuhan kadar air tanah.
2. Efisien dan efektif dalam penyiraman tanaman bagi para petani
3. Memudahkan kegiatan penyiraman tanaman dan memonitoring kelembaban tanah
4. Dapat dijadikan referensi pada penelitian – penelitian selanjutnya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai

Cabai merupakan jenis tanaman komoditas hortikultura yang memiliki buah dengan rasa pedas, selain digunakan sebagai penyedap makanan, cabai juga memiliki kandungan gizi yang sangat dibutuhkan pada tubuh manusia. Kandungan tersebut antara lain Kalsium, karbohidrat, lemak, protein, fosfor, vitamin C dan mengandung senyawa alkaloid (Ali, 2015). Ideal kelembaban tanah tanaman cabai sebesar 60% hingga 80% (Nalendra dan Mujiono, 2020). Kelembaban tanah dipengaruhi oleh kandungan air yang ada ditanaman. Oleh sebab itu keseimbangan dan ketersediaan air harus tetap terjaga sehingga tanaman dapat bertumbuh subur.

2.2 Sel Surya

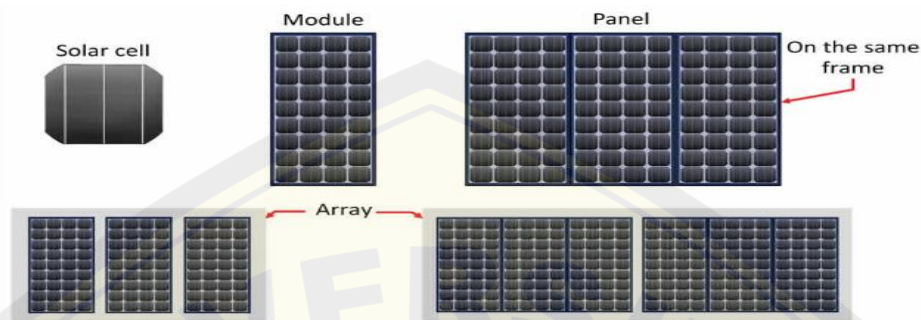
2.2.1 Pengertian Sel Surya

Sel surya merupakan sebuah alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan prinsip efek *Photovoltaic*. Efek *Photovoltaic* merupakan fenomena fisika yang dapat menghasilkan arus listrik ketika energi cahaya mengenai permukaan sel surya. *Photovoltaic* pertama kali dikenalkan pada tahun 1839 oleh becquerel (Adhyaksa dan No, 2016).

Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yaitu *silicon*, *silicon* tersebut mempunyai fungsi sebagai isolator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor ketika temperature yang tinggi (Pahlevi, 2014). *Silicon* sel surya merupakan sebuah diode yang terbentuk dari lapisan atas *silicon* tipe- n dan lapisan bawah tipe – p. *Electron – electron* terbentuk dari *milion foton* (kuantum cahaya) atau terbenturnya atom – atom pada *p-n junction* sehingga akan menyebabkan aliran listrik (Danny Santoso Mintorogo, 2000).

Sel surya memiliki ketebalan 0,3 mm yang terbuat dari bahan semikonduktor positif dan negative (Seki, 2015). sebuah sel surya menghasilkan tegangan sekitar 0,5 volt. Untuk menghasilkan tegangan 12 volt diperlukan beberapa keping sel surya yang tersusun secara seri. Kurang lebih dibutuhkan 36

sel surya tersusun secara seri (17 volt tegangan maksimum) (Irwansyah dkk., 2013). Modul surya merupakan kumpulan beberapa sel surya sedangkan panel surya yaitu kumpulan beberapa modul surya dan *array* adalah gabungan dari beberapa panel surya (Suryana dan Ali, 2016).



Gambar 2. 1 Sel surya, modul surya, panel surya dan array surya
(sumber : <https://Perbedaan Sel, Modul, Panel, dan Array Surya>
(pasangpanelsurya.com))

2.2.2 Sejarah Sel Surya

Efek *photovoltaic* pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika yang bernama Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Ia menemukan peristiwa sinar matahari yang mengenai larutan elektro kimia menimbulkan pengikatan muatan elektron. Abad ke 20, Albert Einstein mengembangkan penemuan Alexandre Edmond Becquerel dan Einstein menamai "*Photoelectric effect*". Einstein mengamati energi cahaya yang mengenai sebuah lempeng metal, kemudian lempeng metal melepaskan *foton*. *Foton-foton* tersebut secara terus-menerus mendesak atom metal, sehingga terjadilah partikel energi *foton* bersifat gelombang energi cahaya (Danny Santoso Mintorogo, 2000).

Tahun 1930, ditemukannya konsep *Quantum Mechanics*. Teknologi tersebut dilanjutkan oleh *Bell Telephone Research Laboratories* untuk membuat sel surya. Tahun 1950-1960 sel surya diaplikasikan ke pesawat ruang angkasa. Tahun 1970-an perkembangan sel surya sangat pesat, sel surya diperkenalkan di seluruh dunia sebagai energi terbarukan dan ramah lingkungan, namun pembuatan PV masih secara manual, sehingga masih belum bisa produksi massal. Tahun 1980-an, perusahaan-perusahaan pembuat PV menjalin kerjasama dengan pemerintah bertujuan agar PV bisa diproduksi secara massal, sehingga dengan

produksi PV yang banyak mampu menekan biaya produksi sehingga harga satuan sel surya dapat terjangkau (Danny Santoso Mintorogo, 2000)

2.2.3 Perkembangan Sel Surya

1. Generasi Pertama

Teknologi pertama dari generasi pertama yaitu *Mono-crysatalline*. Teknologi ini dikembangkan oleh para peneliti dengan bahan silikon kristal tunggal. *Mono-Crystal* mampu menghasilkan sel surya dengan efisiensi yang sangat tinggi sekitar 15%. Masalah yang dihadapi dalam pengembangan silikon kristal tunggal ini yaitu harganya sangat mahal sehingga membuat solar sel panel yang dihasilkan menjadi tidak efisien sebagai sumber energi alternatif.

Teknologi Kedua dari generasi pertama yaitu *Poly-Crystalline*. Teknologi ini menggunakan *wafer silicon poly-cristal*. *Wafer silicon Poly-Crystalline* berupa balok silikon dan dipotong-potong menjadi kepingan (wafer), dengan ketebalan antara 250–350 *micrometer*. Teknologi ini lebih murah meskipun tingkat efisiensinya lebih rendah jika dibandingkan dengan silikon kristal tunggal.

2. Generasi Kedua

Generasi ini Sel surya dibuat dengan lapisan tipis atau bisa disebut dengan *thin film*. Pembuatan silikon jenis lapisan ini dengan *methode Plasma-enhanced chemical vapor deposition* dari gas *silane* dan *hydrogen*. Metode ini menghasilkan silikon non kristal atau tidak memiliki orientasi kristal. Sel surya *thin film* juga terbuat dari bahan semikonduktor yang memiliki efisiensi yang tinggi seperti halnya *Cd Te* (*Cadium Telluride*) dan *CIGS* (*Copper Indium Gallium Selenide*). Efisiensi *Thin Film* ini sebesar 19,5 %, selain itu juga memiliki keunggulan lainnya yaitu dideposisi pada *substrate* yang lentur sehingga divais solar sel yang fleksibel, namun pada *Thin Film* mengandung unsur *Cadium*. Rumah atapnya yang terpasang sel surya *CdTe* terbakar dan unsur *Cadium* akan menimbulkan polusi yang membahayakan.

3. Generasi ketiga

Teknologi generasi ketiga yaitu Sel surya yang berbahan polimer atau disebut dengan sel surya *organic* dan sel surya *fotoelektrokimia*. Sel surya ini terbuat dari bahan *polyphenylene vinylene* dan *fullerene*. Pada solar ini *photon* yang datang tidak harus menghasilkan pasangan muatan melainkan membangkitkan *excitation*. *Excitation* inilah berdifusi pada dua permukaan bahan konduktor (yang direkatkan dengan *organic* semikonduktor berada diantara dua keping konduktor) untuk menghasilkan pasangan muatan kemudian akan dihasilkan efek arus *foton*. Sel surya *photokimia* adalah jenis sel surya *exciton* yang terdiri dari lapisan partikel nano yang diendapkan pada perendam (*dye*). Teknologi ini pada tahun 1991 diperkenalkan oleh professor *Graetzel* sehingga jenis solar ini disebut dengan *gretzel sela* atau *DSSC* (*dye-sensitized solar cells*). *Graetzel sel* lebih fleksibel dan metode yang sederhana seperti *screen printing*. Kekurangan dari teknologi ini memiliki masalah dalam hal efisiensi dan usia aktif sel yang masih terlalu singkat.

2.2.4 Struktur panel surya (Pahlevi, 2014)

1. Subtrat/ *Metal backing*

Subtrat yaitu material yang mampu menopang seluruh sel surya. Material substrat berfungsi sebagai tempat kontak positif sel surya, oleh karena itu digunakannya material logam atau metal seperti *molybdenum* atau aluminium. Pada sel surya organik dan surya *DSCC* substrat berfungsi sebagai tempat masuknya *foton* atau cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang bersifat konduktif tapi juga transparan seperti *FTO* (*fluorine doped tin oxide*) dan *ITO* (*Indium tin Oxide*)

2. Material Semikonduktor

Semikonduktor adalah material bagian inti dari sel surya dengan ketebalan hingga beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama dan sel

surya lapisan tipis dengan ketebalan 1-3 mikrometer. Material semikonduktor berfungsi untuk menyerap cahaya matahari

3. Kontak metal atau *contact grid*

Selain *subtract* sebagai kontak positif, diatas pada sebagian material semikonduktor umumnya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan Antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar cahaya yang diserap oleh semikonduktor optimal. Oleh karena itu sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi adalah lapisan tipis material dengan besar indeks *refraktif optic* antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali

5. *Cover glass*

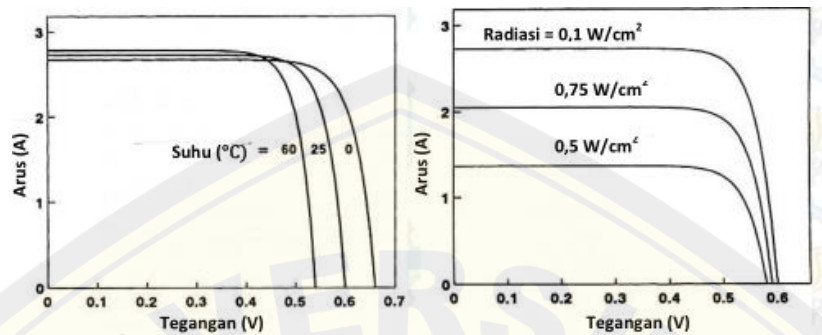
Cover glass berfungsi sebagai pelindung modul surya dari hujan atau kotoran.

2.2.5 Prinsip Kerja Sel Surya

Sinar matahari atau cahaya matahari memiliki partikel yang kecil dikenal dengan *foton*. Ketika permukaan sel surya terkena sinar matahari maka *foton* akan bertemu dengan atom semikonduktor *silicon* sel surya sehingga terjadi energi besar yang dapat memisahkan elektron dari struktur atomnya. *Electron* yang bergerak bebas pada lapisan *type-n* akan menuju ke lapisan *type-p*, sehingga lapisan *type-n* lebih positif daripada lapisan *type-p*. Hal ini dikarenakan jumlah proton lebih banyak dibandingkan dengan jumlah *electron*. *Electron* bebas tersebut menuju ke lapisan *type -p* dan memasuki *hole* yang ada pada lapisan *type - p*, sehingga lapisan *type-p* akan bersifat negatif, hal ini dikarenakan jumlah proton lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah elektronnya, ketika lapisan *type-p* dan *type-n* dihubungkan dengan beban maka arus mengalir dari lapisan *type - n* menuju lapisan *type-p* (Warsito dkk., 2013).

2.2.6 Karakteristik Sel Surya

Besarnya intensitas cahaya dan suhu permukaan sel surya akan menentukan besarnya tegangan dan arus yang dapat dikeluarkan oleh sel surya, Dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 2 Grafik arus dan tegangan dengan suhu dan radiasi tertentu
(Sumber : Y. Setyaningrum)

Efisiensi sel surya (η) adalah perbandingan antara daya listrik *output* sel surya dengan daya input sel surya.

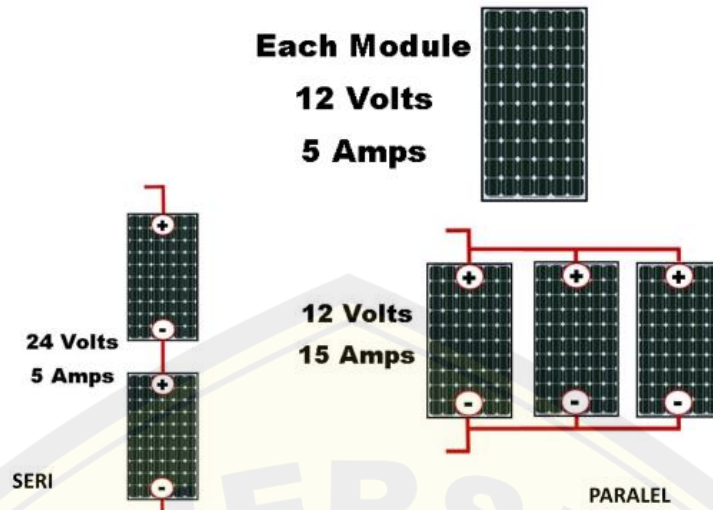
$$\eta = P_{out} / (G \cdot A) \times 100\%$$

Faktor- faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi modul sel surya antara lain jenis silicon, jumlah sel surya dalam modul sel surya, jumlah cahaya yang mengenai sel surya, temperatur, luas area setiap sel surya, hambatan pada kabel, dan rangkaian sel surya (Eko Dewi, 2007)

2.2.7 Rangkaian Panel Surya

Hubungan seri suatu sel surya didapat apabila bagian depan (+) sel surya utama dihubungkan dengan bagian belakang (-) sel surya kedua (Owen Bishop :2004) sedangkan Rangkaian parallel *solar cell* didapat apabila terminal kutub positif dan negatif *solar cell* dihubungkan satu sama lain(Owen Bishop : 2004)(Utari, 2017).

Apabila sel surya dihubungkan seri satu sama lain maka tegangan sel surya dijumlahkan dan arus sel surya bernilai sama. Apabila sel surya dihubungkan parallel maka arus yang timbul rangkaian ini dijumlahkan sedangkan tegangan *solar cell* bernilai sama.



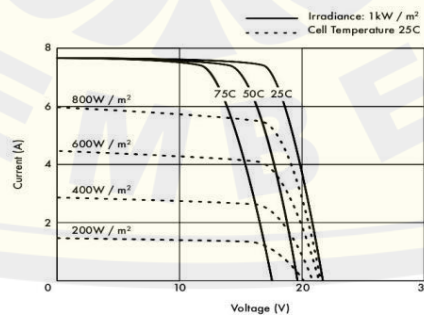
Gambar 2. 3 Rangkaian seri dan rangkaian paralel sel surya (Sumber : Setiawan I.N)

2.2.8 Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja sel surya

Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja sel surya yaitu suhu, radiasi matahari, kecepatan angin bertiup, keadaan atmosfer bumi, orientasi PV dan posisi letak sel surya (Danny Santoso Mintorogo, 2000)

1. Suhu udara normal (ambient air Temperature)

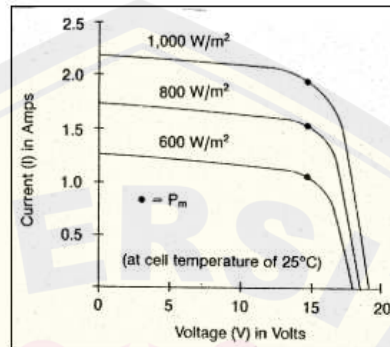
Kinerja panel surya akan maksimal ketika temperatur sel normal ($25^{\circ} \text{celsius}$), ketika kenaikan temperatur sel lebih tinggi dari temperatur normalnya maka akan terjadi penurunan *voltage* atau tegangan, setiap kenaikan 1°celsius dari suhu normalnya yaitu $25^{\circ} \text{celsius}$ maka akan berkurang sebesar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan.



Gambar 2. 4 Grafik arus dan tegangan dengan suhu tertentu (Sumber: Danny S.M)

2. *Insolation* (radiasi matahari)

Radiasi matahari di bumi bergantung pada keadaan spektrum solar ke bumi. Pengaruh *Insolation solar* matahari terhadap arus sangat besar sedangkan pada tegangan tidak terlalu berpengaruh atau kecil pengaruhnya.



Gambar 2. 5 *Effect of insolation intensity on current (I)*
(Sumber: Danny S.M)

3. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiupan angin membantu mendinginkan temperatur kaca - kaca sel surya.

4. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi yang mendung, berawan, berdebu, asap, uap air, kabut dan polusi akan menentukan arus yang dihasilkan sel surya.

5. Orientasi PV

Orientasi dari rangkaian PV terhadap arah matahari secara optimum maka akan dihasilkan energi yang maksimum.

6. Posisi letak sel surya terhadap cahaya matahari

Posisi letak surya terhadap cahaya matahari dengan sudut tertentu, dengan mempertahankan cahaya matahari jatuh ke permukaan PV secara tegak lurus akan menghasilkan energi yang maksimum.

2.3 *Solar Charge Controller*

2.3.1 Pengertian *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk pengatur tegangan dan arus yang masuk ke baterai atau beban. *Output* tegangan

dan arus panel surya yang dihasilkan tidak konstan hal ini dikarenakan besar kecilnya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya sedangkan tegangan dan arus yang menuju baterai atau beban mempunyai batasan tertentu oleh sebab itu diperlukannya *Solar Charge Controller* sebagai pengatur arus dan tegangan dari *output* sel surya menuju ke baterai atau beban. *Solar Charge Controller* memiliki beberapa terminal yaitu 1 input terminal dan 2 *output* terminal. 1 input terminal untuk panel surya, 1 *output* terminal untuk baterai dan 1 *output* terminal untuk beban. Ketiga terminal tersebut memiliki polaritas positif (+) dan negative (-) (Sekti, 2015).

Solar charge controller terbagi menjadi 2 jenis yaitu *PWM* dan *MPPT* (Barlianto dkk., 2021)

1. *PWM (Pulse Width Modulation)*

PWM merupakan *Charge Controller* menggunakan lebar pulsa dari on dan off elektrik, sehingga terciptanya seolah olah *sine wave elektrik form*. *Charge Controller* tipe ini lebih cocok digunakan untuk kapasitas yang kecil

2. *MPPT (Maximum Power Point Tracking)*

Charge controller ini dapat mengambil daya maksimum dari panel surya, selain itu dapat menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan oleh panel surya ke dalam baterai. Teknologi ini cocok digunakan pada sistem kapasitas besar.

2.3.2 Rumus Menentukan Spesifikasi *Solar Charge Controller*

$$SCC = ISC \times \text{Jumlah Panel surya}$$

Penelitian ini digunakan *Solar charger controller* jenis *PWM*, hal ini dikarenakan pada penelitian ini hanya membutuhkan kapasitas yang kecil. *Solar charge controller* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 6 Solar charger controller

(Sumber: [https://Pengendali isi daya surya manual pwm instruksi cerdas dua usb dc 5v 2a pengisi daya baterai asam timbal 2 usb 5v/2a max 1500w 50v - buy 20a pwm solar charge controller,12v solar charge controller,manual solar controller 24v product on alibaba.com](https://Pengendali%20isi%20daya%20surya%20manual%20pwm%20instruksi%20cerdas%20dua%20usb%20dc%205v%202a%20pengisi%20daya%20baterai%20asam%20timbal%202%20usb%205v/2a%20max%201500w%2050v%20-%20buy%2020a%20pwm%20solar%20charge%20controller,12v%20solar%20charge%20controller,manual%20solar%20controller%2024v%20product%20on%20alibaba.com))

2.4 Baterai

Baterai merupakan wadah untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya. Listrik baterai berupa DC atau listrik searah. Dalam baterai terjadi proses elektrokimia *reversible* dengan efisiensi yang tinggi. Reaksi elektrokimia *reversible* merupakan proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik dan sebaliknya, tenaga listrik menjadi tenaga kimia. Baterai terbagi menjadi 2 berdasarkan proses yang terjadi, yaitu *Primary* dan *secondary* (Thowil Afif dan Ayu Putri Pratiwi, 2015).

- *Primary*
Baterai yang digunakan hanya sekali saja. Material elektrodanya tidak berkebalikan arah ketika dilepaskan
- *Secondary*
Baterai yang dapat digunakan diisi ulang beberapa kali. Proses kimia terdapat *reversibel* dan bahan aktif dapat Kembali ke dalam posisi semula dengan pengisian sel. Baterai sekunder terdiri dari Baterai *Ion Lithium, Lithium Polymer, Led Acid, Nikel-Metal Hydride* Penelitian ini menggunakan Baterai *Deep Cycle Lead Acid*. Baterai *Deep Cycle Lead Acid* cocok digunakan untuk PV (Hasan, 2012).



Gambar 2. 7 Battery VRLA DEEP Cycle
 Sumber : [Baterai Deep Cycle Lead Acid - Bing images](#)

2.5 Mikrokontroller

Mikrokontroller atau *Embddeed Controller* merupakan suatu sistem yang memiliki masukan dan keluaran, prosesor, dan memori. Mikrokontroller diterapkan pada mesin cuci, pendeteksi kebocoran gas, pengontrolan motor industri (kadir,2014). Mikrokontroller berdasarkan prinsip kerjanya yaitu sebuah komputer dengan bentuk atau berukuran kecil yang berfungsi untuk mengambil keputusan, melakukan pencacahan dan dapat berkomunikasi dengan sensor. Mikrokontroller akan bekerja sesuai dengan program yang ditanamkan atau diinginkan.

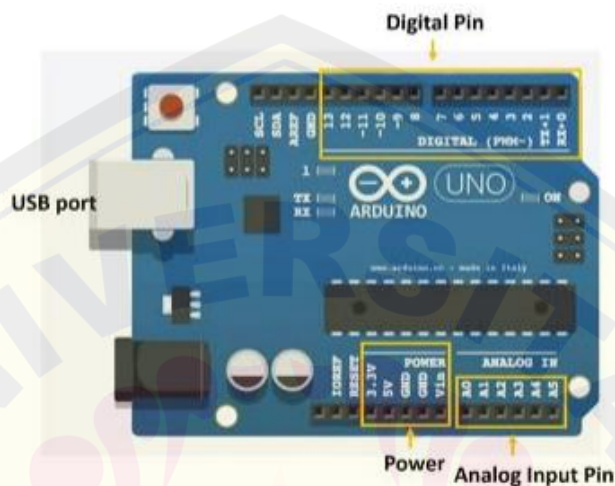
Mikrokontroller memiliki dua jalur yaitu jalur masukan dan jalur keluaran, kedua jalur – jalur tersebut digunakan untuk aplikasi pengontrolan, pembacaan data serta penyajian informasi. Jalur masukan atau port masukan digunakan untuk memasukkan atau menginputkan data atau informasi. Port keluaran atau jalur keluaran digunakan untuk mengeluarkan data atau informasi dari mikrokontroller.

Program yang diterapkan atau ditanamkan pada mikrokontroller merupakan sebuah intruksi, atau kode yang dibuat dengan bahasa pemrograman tertentu. Pemrograman mikrokontroller dapat menggunakan program tingkat rendah dan tingkat tinggi.

2.6 Pengertian Arduino Uno

Arduino Uno merupakan jenis mikrokontroller yang dikembangkan oleh Arduino c.c. Arduino memiliki port USB yang dapat dikoneksikan pada computer

dan diprogram menggunakan *software IDE*, ataupun dengan *Scratch for Arduino* atau *Common coding*. Arduino juga dapat dihubungkan dengan berbagai sensor pengukuran besaran fisika sehingga dapat memudahkan kegiatan eksperimen (Pratidina dkk,2021)



Gambar 2. 8 Bagian – bagian arduino uno
(sumber: Dharmawan,H.A

Bagian -bagian Arduino Uno (Pratidina dkk,2021)

1. *Ground (GND)*

GND merupakan pin papan arduino yang terhubung dengan *Ground*.

2. *Sumber Tegangan*

Sumber energi listrik diperoleh dari kabel *USB* yang terhubung ke komputer selain itu juga bisa menggunakan *Jack Power DC* sebagai sumber energi listrik

3. *Digital input-output*

Arduino memiliki 14 pin digital, yang berlabel 1 – 13. Pin digital memiliki 2 keadaan (*binary*) yaitu *high* dan *low* atau kondisi 1 dan 0. Pin digital dapat diatur menjadi *input* dan *output*. Ketika pin digital digunakan sebagai inputan berarti terbaca tegangan kurang dari 0,8 v kondisi *low* dan tegangan yang lebih dari 2 v akan terbaca kondisi *High*. Ketika pin digital digunakan sebagai *output* pada keadaan *low* berarti tegangan yang

dikeluarkan 0 v, sedangkan kondisi *high* tegangan yang dikeluarkan 5 v atau lebih dari 2 v.

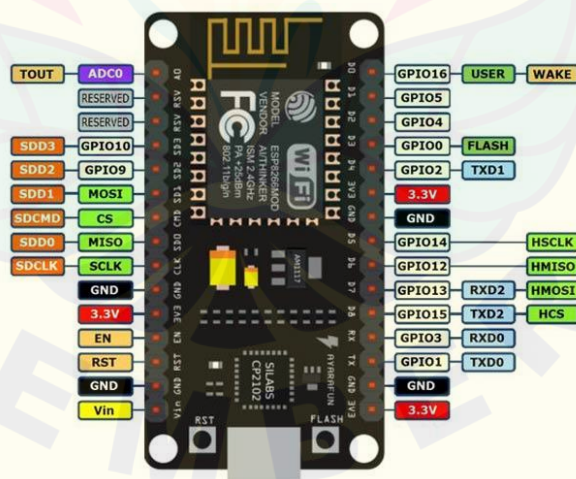
4. Pin analog

Arduino memiliki 6 analog, yang berlabel A0-A5. Pin analog dapat membaca nilai inputan bukan hanya *high* dan *low* saja, namun nilai diantaranya. Cara kerja pin analog yaitu membaca nilai tegangan antara 0 – 5 v, kemudian *ADC* akan mengubah nilai tersebut menjadi nilai yang dapat dipahami Arduino yaitu nilai digital.

2.7 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler yang memiliki modul wifi ESP8266 yang dapat terhubung atau tersambung dengan internet. Nodemcu memiliki 16 pin digital, 1 pin analog, 2 pin UART selain itu juga Nodemcu esp8266 juga memiliki pin SPI dan pin I2C. Tegangan operasi Nodemcu ESP8266 lebih rendah dibandingkan arduino, tegangan operasi Nodemcu sebesar 3,3 volt sedangkan tegangan input Nodemcu ESP8266 sebesar 7 – 12 volt.

Adapun keseluruhan pin yang dimiliki Nodemcu ESP8266 seperti gambar dibawah ini,



Gambar 2. 9 Board pin nodemcu esp8266

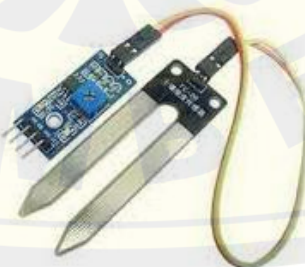
(Sumber: [Datasheet NodeMCU ESP8266 Lengkap dengan Pin dan Cara Akses - Kursus IoT Arduino Elektronika - Jual Arduino - Jual Kit Arduino - Jasa Arduino - Jasa IoT \(indobot.co.id\)](#))

Tabel 2. 1 Keterangan Pin Board NodeMCU ESP 8266

PIN	KETERANGAN
3.3V	Tegangan Operasi device.
GND	Ground
Vin	Tegangan Input
EN, RST	Untuk merest program
A0	Pembacaan input analog
GPIO 1 – GPIO 16	Pin digital input dan output
SD1,CMD, SD0,CLK	SPI (Serial Peripheral Interface)
TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	interface UART
SDA, SCL (I2C Pins)	device yang membutuhkan I2C.

2.8 Sensor *Soil Moisture* (type-YL 69)

Sensor merupakan peralatan yang mempunyai fungsi untuk mendeteksi sinyal – sinyal atau gejala – gejala dari perubahan energi seperti energi kimia, mekanik, listrik, fisika dan sebagainya. *Sensor Soil Moisture* merupakan sensor yang mampu mengukur kadar air tanah. Pada sensor *soil moisture* terdapat IC *LM393* yang berfungsi sebagai pembanding *offset* rendah yang lebih rendah 5mv, yang sangat stabil dan presisi. Sensitivitas pendeteksian dapat diatur dengan potensiometer yang terpasang pada modul. Cara kerja sensor moisture yaitu mengukur kadar air tanah. Sensor ini menggunakan dua konduktor melewati arus melalui tanah, kemudian nilai resistansi akan terbaca sebagai tingkat kelembaban. *Sensor Soil Moisture* membutuhkan daya sebesar 5 volt (Priyono dan Triadyaksa, 2020). Berikut ini adalah sensor kelembaban tanah *type- YL 69*.

Gambar 2. 10 *Sensor soil moisture*

(Sumber: <https://Jual Sensor Kelembaban Tanah Soil Moisture Modul Hygrometer YL-69 - Kab. Karanganyar - WujudReka | Tokopedia>)

Tabel 2. 2 Tingkat kelembaban tanah di adc dan nilai presentasi *sensor soil moisture yl-69*

ADC	Presentase	Kondisi
710 – 1023	31,5 – 0	Low
410 – 700	60,8 – 31,6	Medium
0 – 400	100 – 60,9	High

2.9 Relay

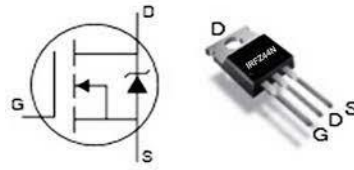
Relay merupakan sebuah saklar elektronik yang dikendalikan oleh arus listrik, ketika solenoid dari relay tersebut teraliri arus maka kontak saklar akan *normally close*. Relay terdiri dari 3 bagian utama yaitu *Common*, Kontak, dan Koil. *Common* merupakan bagian yang terhubung NC (*Normally Close*) dalam keadaan normalnya. Koil merupakan komponen utama relay yang difungsikan untuk menciptakan medan magnet. Kontak relay terbagi menjadi dua bagian yaitu *Normally Open* dan *Normally Close*.



Gambar 2. 11 Relay 4 chanel
Sumber : [Relay Module - Bing images](#)

2.10 MOSFET

MOSFET *IRFZ44N* merupakan Transistor jenis *MOSFET (Metal Oxide semikonduktor Field Effect Transistor) N- Chanel*, *MOSFET IRFZ44N* memiliki spesifikasi tegangan *Drain Source (Vds)* maksimal sebesar 55 Volt, Arus *Drain Source* maksimal sebesar 49 Ampere dan tegangan *threshold* 2 – 4 volt (Adam dkk., 2019), dengan spesifikasi tersebut dinilai cukup aman bila digunakan sebagai sakelar pada penelitian ini



Gambar 2. 12 *MOSFET N- CHANNEL*

(Sumber: <https://IRFZ44N> pinout, equivalent, features, uses and other info - components info)

2.11 *Driver* MOSFET

Driver MOSFET merupakan sebuah rangkaian yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor dengan *input* PWM pada *gate*. Tegangan yang mengalir pada *gate* menentukan besar kecilnya tegangan pada *source* dan *drain*.

2.12 Pompa

Pompa merupakan sebuah peralatan yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari permukaan yang lebih rendah ke permukaan yang lebih tinggi, (Yana dkk., 2017). Energi mekanik sebuah pompa yang mampu mengangkat fluida pada ketinggian tertentu adalah *head* pompa, ditunjukkan besarnya perbedaan antara energi fluida hisap dengan fluida tekanan. Energi fluida yaitu jumlah dari energi kinetik, tekanan, dan energi karena elevasi.

Prinsip kerja pompa yaitu penekanan dan penghisapan terhadap fluida. Pada sisi hisap pompa, elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa. Pompa air DC terbagi menjadi tiga kategori utama (Iqtimal dan Devi, 2018)

- Pompa Celup (*Summersible*) : sun-sub dan sun-buddy
Sun-sub merupakan *Submersible pump* dengan total *head* dan debit yang lebih besar dari pada sun-buddy. Pompa *submesible* cocok digunakan untuk kedalaman sumur >6 meter
- Pompa Permukaan (*surface/floating pump*):

Sun-Ray merupakan *surface Pump* jenis CP yang dilengkapi dengan alat tambahan sehingga dapat mengapung sendiri diatas permukaan air. Jenis ini cocok digunakan air tanah < 6 meter.

- Pompa Semi Celup

Sun Downer merupakan pompa yang motor dan drive headnya terletak di permukaan tanah, tetapi rotor atau Pompanya terendam dalam sumber air.



Gambar 2. 13 Dual pump hiu

Tabel 2. 3 Spesifikasi Dual Pump Hiu

Voltage	12 V
Power	100 Watt
Flow	10-12 LPM
Max Pressure	138 PSI

2.13 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan buka tutup katup yang dapat dikendalikan arus listrik, baik AC maupun DC. Solenoid akan bekerja ketika kumparan mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja 12/24 volt (VDC) dan 100/200 volt (VAC).



Gambar 2. 14 Solenoid valfe
(Sumber: <http://Jual solenoid Valve 1/2 inch DC 12v keran for arduino - Jakarta Selatan - Toko Raspberry | Tokopedia>)

2.14 Sprinkler

Sprinkler merupakan teknologi pemberian air pada lahan dengan mengandalkan tekanan melalui *nozzle* (Sirait dan Maryati, 2019). Penggunaan irigasi sprinkler membutuhkan tekanan yang cukup tinggi untuk menyalurkan air pada sprinkler. Pengaplikasian irigasi sprinkler dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan dengan irigasi konvensional. Sprinkler merupakan teknologi yang hemat air. Menurut (Prabowo dan Agung, 2004) mengatakan bahwa irigasi sprinkler sangat berpotensi diterapkan pada usaha tani lahan kering yang ketersediaan airnya terbatas. Irigasi menggunakan sprinkler mampu menghemat 50% air.



Gambar 2. 15 Sprinkler *butterfly*
(Sine dkk., 2021)

2.15 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk menampilkan data, karakter, huruf dan lain sebagainya. Kebutuhan daya dan tegangan pada *LCD* sangat kecil, sehingga sering diaplikasikan pada arloji digital, kalkulator dan lain sebagainya. Silicon dan gallium dalam bentuk cair dimanfaatkan oleh *LCD* sebagai pemendar cahaya. Keunggulan penggunaan *LCD* yaitu konsumsi daya dan arus yang relative kecil, ukuran *LCD* sedang, tidak terlalu kecil dan besar, tampilan *LCD* dapat dibaca dengan mudah dan jelas (Budi, 2020).



Gambar 2. 16 *Liquid crystal display*
(Sumber: [http://Pengertian LCD dan fungsinya - elektronika dan komputer \(elekkomp.blogspot.com\)](http://Pengertian LCD dan fungsinya - elektronika dan komputer (elekkomp.blogspot.com)))

Tabel 2. 4 Deskripsi Pin *LCD*

Pin	Simbol	I/O	Deskripsi
1	VSS	--	Ground
2	VCC	--	+5 v
3	VEE	--	Power supply source to control contrast
4	RS	I	Register select: RS= 0 to select intruksi. Command Register: RS=1 to select data reg
5	R/W	I	Readd/write: R/W=0 for write, R/W=1 for read
6	E	I	Enable
7	DB0	I/O	The 8 bit-data bus
8	DB1	I/O	The 8 bit-data bus
9	DB2	I/O	The 8 bit-data bus
10	DB3	I/O	The 8 bit-data bus
11	DB4	I/O	The 8 bit-data bus
12	DB5	I/O	The 8 bit-data bus

13	DB6	I/O	The 8 bit-data bus
14	DB7	I/O	The 8 bit-data bus

2.16 *IoT (Internet of Things)*

Internet of Things merupakan pemantauan dan pengendalian yang terhubung dengan internet (alsadi, E, Tubaishat, A, 2015). *Internet of Things* juga didefinisikan kemampuan berbagai *device* yang saling terhubung atau bertukar melalui internet. Keuntungan menggunakan *IoT* yaitu pekerjaan dapat diselesaikan dengan mudah, cepat dan efisien. Cara kerja *IoT* yaitu dengan memanfaatkan argumentasi pemrograman, dimana tiap – tiap perintah mampu berinteraksi antara manusia dengan mesin ataupun juga antara mesin dengan mesin.

IoT dapat diterapkan pada kegiatan irigasi tanaman, yang berkaitan dengan pemantauan kelembaban serta aspek penunjang lainnya, *IoT* dapat dimanfaatkan sebagai kontrol dan pemantauan tanaman jarak jauh, sehingga dapat memudahkan pemilik tanaman dalam perawatannya.

2.17 Fuzzy Logic

Logika Fuzzy merupakan metodologi pengambilan keputusan dengan aturan - aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah ketidakpastian yang dikenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh. *Fuzzy Logic* metodologi yang sangat populer dalam pengembangan pemrograman perangkat lunak. Fuzzy Logic atau logika fuzzy dapat memecahkan masalah yang kompleks. Perancangan sistem kontrol fuzzy terdapat tiga proses yaitu Fuzzifikasi, Evaluasi rule dan defuzzifikasi.

2.17.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan Fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam suatu variable fuzzy. Himpunan fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang logika 1 hingga 0, sehingga pada himpunan fuzzy

berlaku logika 0,25 maupun 0,15. Himpunan fuzzy memiliki 2 bentuk nilai yaitu numerical dan linguistic.

1) Numerical

Himpunan fuzzy dengan bentuk nilai yang menunjukkan sebuah ukuran seperti halnya ukuran sepatu 42, 40, 39, 38 dan lain sebagainya

2) Linguistik

Himpunan fuzzy dengan bentuk nilai yang menunjukkan sifat benda seperti halnya gemuk, kurus,

2.17.2 Fungsi Keanggotaan

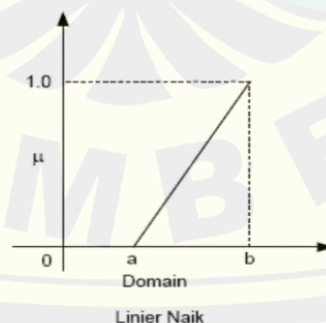
Fungsi Keanggotaan atau disebut dengan *membership function* merupakan penentuan titik pemetaan *input* pada suatu kurva dalam menentukan nilai keanggotaannya. Pendekatan fungsi merupakan sebuah cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan dengan berbagai representasi. Adapun jenis – jenis representasi antara lain Representasi Linear, Kurva segitiga, Kurva Trapesium, Gaussian.

1) Representasi Linear

Representasi Linear merupakan suatu kurva garis lurus dalam mempresentasikan sebuah *input* keanggotaannya. Representasi linear terbagi menjadi 2 yaitu Linear naik dan Linear turun.

a) Representasi Linear Naik

Representasi linear naik yaitu kenaikan kurva yang dimulai dari titik nol domain menuju ke titik domain yang lebih tinggi.



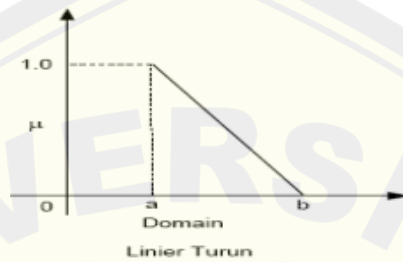
Gambar 2. 17 Representasi linear naik
(Sukoco, Agus, Yuli Endra, 2021)

Fungsi Keanggotaan

$$\mu \begin{cases} 0; & x \leq a \\ x - a; & a \leq x \leq b \\ b - a; & x > b \end{cases}$$

b) Representasi Linear Turun

Representasi linear turun yaitu penurunan kurva yang dimulai dari titik tertinggi domain menuju ke titik domain nol.



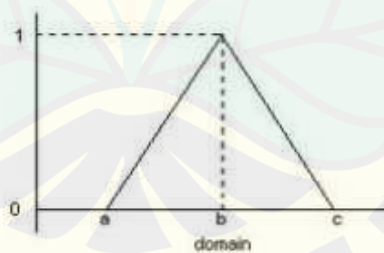
Gambar 2. 18 Representasi linear turun (Sukoco, Agus, Yuli Endra, 2021)

Fungsi Keanggotaan

$$\mu \begin{cases} \frac{b - x}{b - a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

c) Representasi Kurva Segitiga

Merupakan sebuah representasi kurva yang berbentuk segitiga



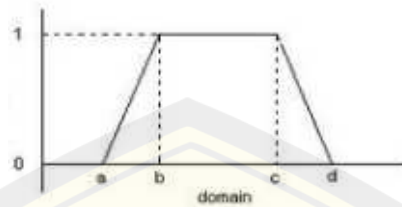
Gambar 2. 19 Representasi kurva segitiga (Sukoco, Agus, Yuli Endra, 2021)

Fungsi Keanggotaan

$$\mu \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x - a}{b - a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c - x}{c - b}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

d) Representasi Kurva Trapesium

Merupakan sebuah representasi kurva yang berbentuk Trapesium



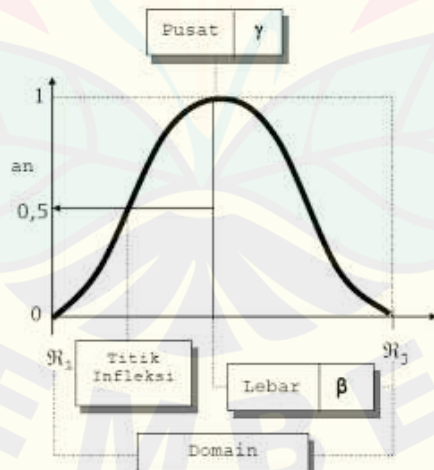
Gambar 2. 20 Representasi kurva trapesium (Sukoco, Agus, Yuli Endra, 2021)

Fungsi Keanggotaan

$$\mu = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } \geq d \\ \frac{x - a}{b - a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c}; & x \geq d \end{cases}$$

2) Representasi Kurva Gaussian

Merupakan Representasi kurva berbentuk sinus.

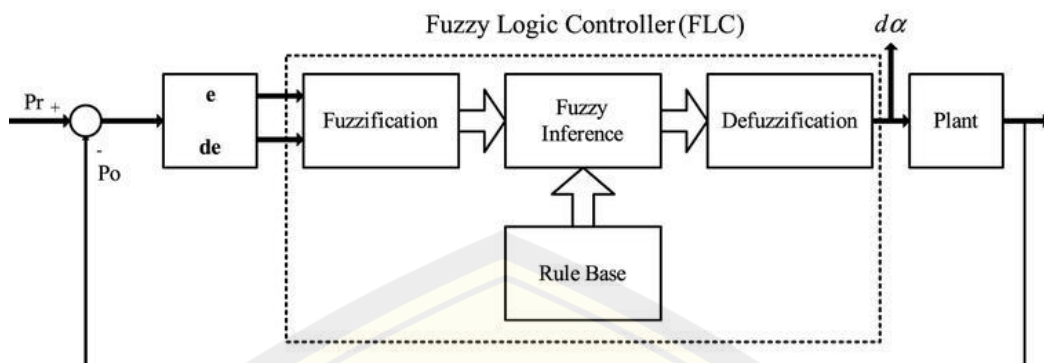


Gambar 2. 21 Representasi kurva gaussian (Sukoco, Agus, Yuli Endra, 2021)

Fungsi Keanggotaan

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2a^2}}$$

2.17.3 Pemodelan Sistem *Fuzzy Logic Controller*



Gambar 2. 22 Blok diagram *fuzzy inference system*
(www.researchgate.net)

Berdasarkan gambar diatas ada beberapa tahap sistem kontrol Fuzzy Logic antara lain *Fuzzification*, *Rule Base*, *Fuzzy Inference*, dan *Defuzzification*.

1. *Fuzzification*

Fuzzification merupakan sebuah tahap dimana pengubahan nilai kebenaran yang pasti menjadi beberapa klasifikasi tingkat kebenaran.

2. *Knowledge base* atau *Rule Base*

Rule Base merupakan beberapa aturan tertentu yang telah ditentukan. *Rule Base* berisi tentang *IF... Then...* , dan *... Or*

3. *Fuzzy Inference*

Fuzzy Inference merupakan sebuah tahap dimana pengambilan keputusan dari aturan – aturan yang telah ditentukan pada rule base.

4. *Defuzzification*

Defuzzification merupakan sebuah tahap proses pengubahan nilai himpunan menjadi nilai yang tegas.

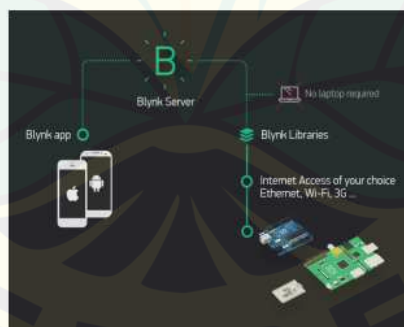
2.18 Blynk

Blynk adalah sebuah Platform baru yang dapat membangun *interface* dengan cepat dalam mengendalikan dan pemantauan *hardware* dari *iOS* dan *OS* android. Blynk merupakan aplikasi yang diperuntukan *iOS* dan *OS* android sebagai pemantauan objek dan pengontrol Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU dan sejenis lainnya melalui internet. Aplikasi ini mampu mengendalikan perangkat

hardware, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi dan lain sebagainya. Blynk bukan hanya sebagai *cloud IoT*, Blynk juga menjadi solusi end-to-end yang hemat waktu dan sumber daya ketika membangun aplikasi yang berarti bagi produk dan jasa terkoneksi (Tamba dkk., 2019).

Blynk terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Blynk Apps*, *Server* dan *Library* (Riswandi, 2019).

- *Blynk Apps*
digunakan untuk pembuatan project interface dengan banyaknya komponen input dan *output* yang dapat mendukung pengiriman atau penerimaan data. Blynk Apps terbagi menjadi 4 jenis kategori komponen yaitu controller, Display, Notification, Interface.
- *Blynk Server*
Server berfungsi untuk mengatur komunikasi antara aplikasi dengan lingkungan hardware. Blynk server juga tersedia dalam bentuk lokal server apabila digunakan pada lingkungan tanpa internet.
- *Blynk Library*
Digunakan dalam pengembangan kode. *Blynk Library* tersedia pada banyak *platform hardware* sehingga dapat memudahkan dalam pengembangan *IoT*.



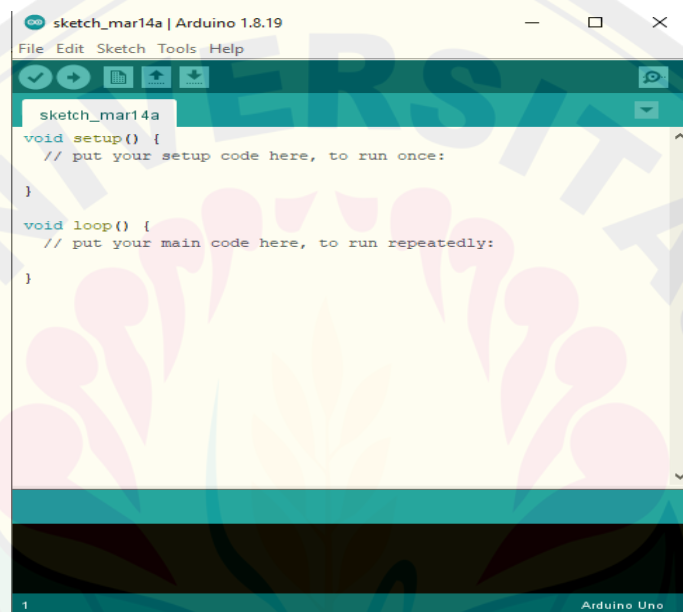
Gambar 2. 23 Komponen *Blynk*

(Sumber: <https://How to install a local Blynk Legacy Server in your PC and get a Local Blynk Token « osoyoo.com>)

2.19 Arduino IDE

Arduino *IDE* merupakan *Software* Arduino yang digunakan atau berfungsi untuk menyisipkan program – program perintah pada mikrokontroler Program

program tersebut menggunakan bahasa pemrograman C yang berfungsi untuk memberikan intruksi – intruksi sesuai kode program yang kita inginkan, tanpa kode program maka mikrokontroler tidak akan bekerja (Samsugi dkk., 2020). Program yang ditulis pada software Arduino *IDE* disebut sketch. Sketch disimpan dalam bentuk file dengan *eksistensi.ino*. Software Arduino IDE juga terdapat semacam fitur *message box* berwarna hitam yang berfungsi menampilkan pesan *error*, *compile* dan *upload* program.



Gambar 2. 24 Tampilan arduino ide
(Sumber: [http://Uploading Board Code and Arduino IDE \(microsoft.com\)](http://Uploading Board Code and Arduino IDE (microsoft.com)))

- Verify
Berfungsi untuk mengecek kebenaran kode yang telah dibuat apakah sesuai dengan kaidah pemrograman yang ada atau belum
- Upload
Berfungsi untuk mengkompilasi program yang telah dibuat menjadi Bahasa yang dapat dipahami oleh Arduino
- New
berfungsi untuk membuat sketch baru
- Open

Befungsi untuk membuka file sketch yang telah dibuat dan dapat dibuka untuk melakukan editing atau upload ulang ke Arduino

- Save

Berfungsi untuk menyimpan sketch yang telah dibuat

- Serial monitor

Berfungsi untuk menampilkan data apa saja yang dikirimkan atau dipertukarkan antara Arduino dengan sketch pada port serialnya



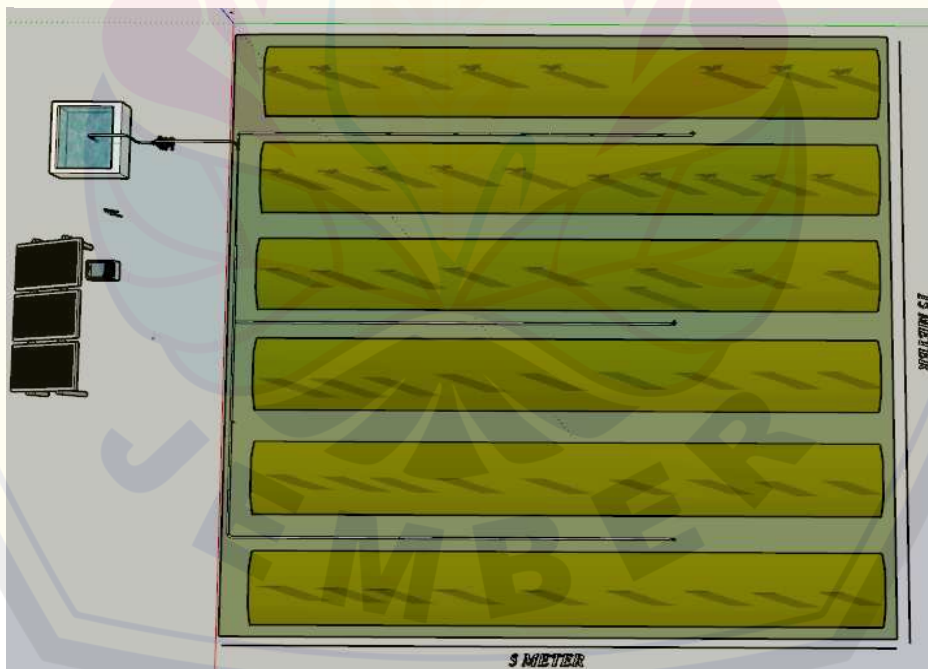
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

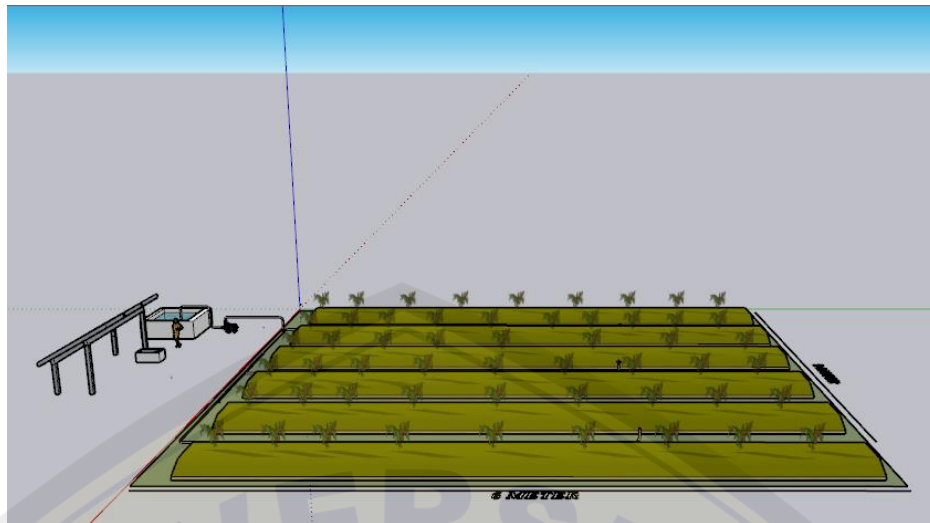
Penelitian dilaksanakan dilingkungan Pondok Pesantren Aljauhar yang berlokasi di Jl. Nias III No.5 , Kec. Sumber Sari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68124.



Gambar 3. 1 Desain tampak depan



Gambar 3. 2 Desain tampak atas



Gambar 3. 3 Desain tampak samping

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga Juni :

Tabel 3. 1 Waktu penelitian

No.	Kegiatan	Bulan															
		Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur	█	█	█													
2.	Observasi awal dan penentuan komponen pada alat				█												
3.	Perancangan dan pembuatan alat					█	█	█	█								
4.	Pengujian alat									█	█	█	█				
5.	Analisis Data											█	█	█	█		
6.	Kesimpulan														█	█	█
7.	Penulisan Laporan														█	█	█

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Tahap studi literatur ini merupakan pencarian data dan bahan tentang perancangan penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT*. Dalam tahap ini dilakukan diskusi dan membaca literatur

3.3.2 Perancangan Alat

Tahap proses perancangan alat yaitu tahap dimana memilih atau menentukan komponen sesuai dengan kebutuhan alat yang akan dibuat, pada tahap ini pemilihan komponen diupayakan dengan harga yang ekonomis

3.3.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan di lingkungan Pondok Pesantren Al-Jauhar, Kec. Sumpersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68124. Pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari rancang bangun penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT*. Pengujian alat bertujuan agar dapat diketahui cara kerja alat secara keseluruhan sehingga dapat dibandingkan dengan hasil perancangan sebelumnya.

3.3.4 Pengambilan Data

Tahap selanjutnya yaitu tahap pengambilan data, tahap pengambilan data merupakan tahap dimana data yang dihasilkan oleh alat penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT* dicatat sebagai bahan untuk dianalisa.

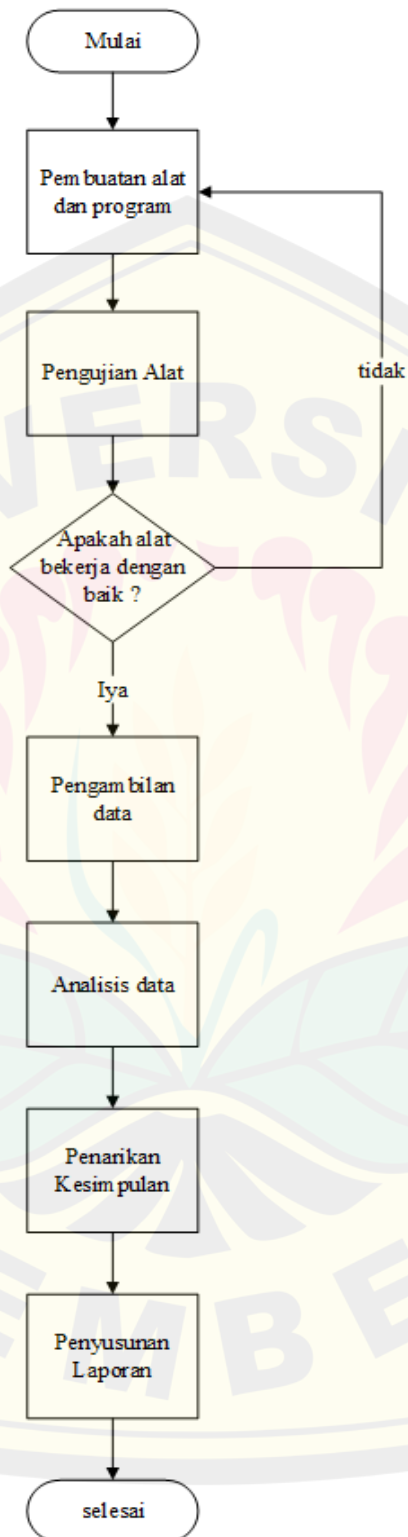
3.3.5 Analisis Data

Tahap pengambilan data telah selesai kemudian memasuki tahap analisis data, tahap analisis data yaitu tahap dimana data – data yang telah dicatat diolah dan dianalisis sehingga akan menghasilkan beberapa kesimpulan

3.3.6 Kesimpulan

Dari tahap analisa data dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai rancang bangun penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT*.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 4 Diagram alir penelitian

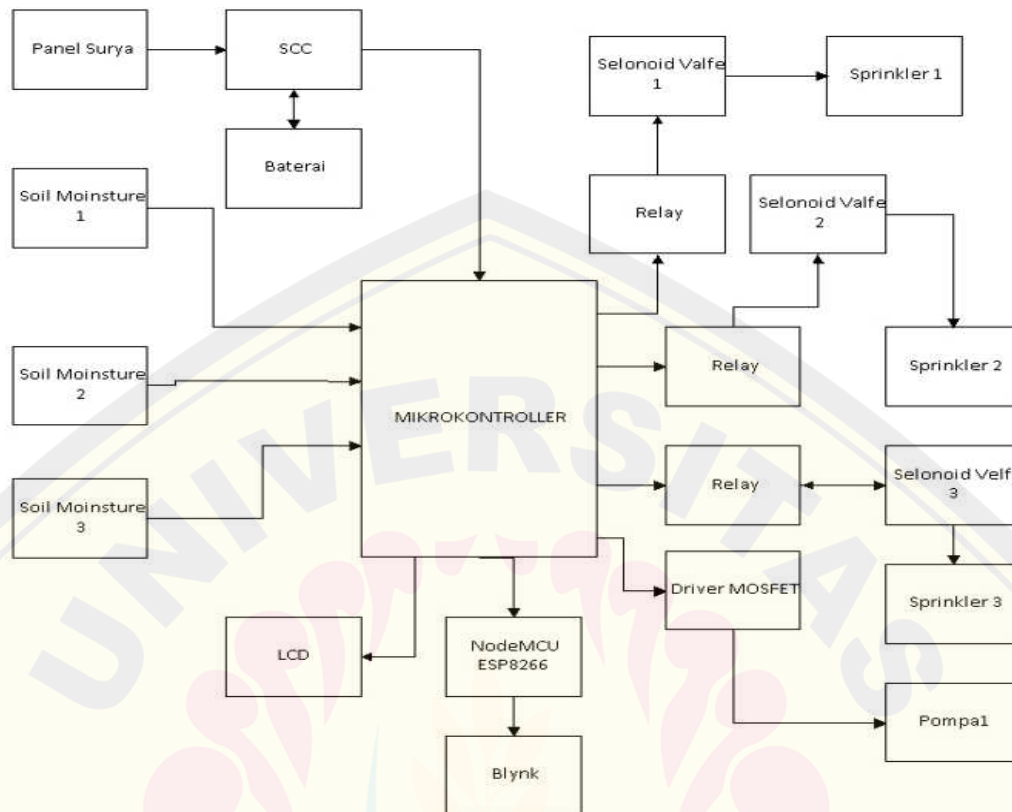
3.5 Perencanaan Alat

3.5.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Laptop
2. Smartphone OS Android
3. Alat Tulis
4. Tang potong
5. Arduino UNO
6. NodeMCU ESP8266
7. Sensor Soil Moisture
8. Mosfet IRFZ44N
9. Pompa air DC
10. Sel Surya
11. Baterai 12 V
12. Selang ½ inchi
13. Lux Meter

3.5.2 Blok Diagram Sistem



Gambar 3. 5 Block diagram sistem

Keterangan Diagram Blok:

- Soil Moisture
Soil Moisture merupakan sebuah input yang berfungsi mendeteksi kelembaban tanah. Penelitian ini menggunakan 3 sensor soil moisture
- Arduino Uno
Arduino Uno difungsikan sebagai otak dari alat ini yang mampu mengendalikan output yang diinginkan
- Driver MOSFET
Driver Mosfer pada penelitian ini digunakan untuk mengatur besar kecilnya tegangan dan arus yang akan mengalir ke pompa.
- Pompa
Pompa digunakan sebagai hisap dan dorong fluida, pada penelitian ini menggunakan pompa DC, pompa akan diatur kecepatan oleh drive MOSFET

- Relay
Relay pada penelitian ini digunakan untuk mengendalikan on atau off dari solenoid. Penelitian ini menggunakan 3 relay DC untuk mengendalikan 3 solenoid valve
- Solenoid Valve DC
Solenoid Valve digunakan sebagai buka tutup katup yang dikendalikan oleh arus listrik DC. Solenoid valve pada penelitian ini menggunakan 3 solenoid valve
- NodeMCU ESP8266
NodeMCU esp8266 digunakan sebagai komunikasi antara mikrokontroler dengan aplikasi Blynk
- Blynk
Blynk merupakan aplikasi yang digunakan sebagai monitoring dan control penyiraman tanaman otomatis.
- Panel Surya
Sel surya sebagai sumber listrik DC.
- Baterai
Baterai digunakan sebagai tempat penyimpanan arus DC, arus DC yang dihasilkan panel surya akan tersimpan dibaterai.

3.5.3 Prinsip Kerja Sistem

Alat ini bersumber arus DC dari panel surya yang dapat disimpan dibaterai. Alat ini memiliki input yaitu 3 sensor soil moisture, dan sedangkan *output* alat ini yaitu Pompa, Solenoid valve 1, Solenoid valve 2 dan Solenoid valve 3. Alat ini memiliki 3 jalur setiap jalur memiliki solenoid dan sprinkler untuk menyiram tanaman.

Soil moisture digunakan untuk membaca kelembaban tanah, solenoid 1 digunakan untuk buka tutup katup jalur 1, Solenoid 2 digunakan untuk buka tutup katup jalur 2 sedangkan Solenoid 3 digunakan untuk buka tutup katup jalur 3.

Cara kerja alat Penyiraman tanaman otomatis bertenaga sel surya dan berbasis *IoT* yaitu pompa akan mengalirkan fluida yang dikontrol oleh Fuzzy logic

atau logika fuzzy dengan inputan ketiga nilai sensor soil moisture, ketika ketiga nilai sensor moisture tersebut jauh dari nilai setpoint maka pompa akan mengalirkan fluida dengan kecepatan penuh, sedangkan ketika ketiga nilai sensor tersebut mendekati nilai setpoint maka kecepatan untuk mengalirkan fluida akan semakin berkurang, dan ketika setpoint ketiga sensor telah mencapai setpoint semua maka pompa akan berhenti. Solenoid 1 akan buka katup ketika nilai sensor soil moisture 1 belum tercapai setpoint yang diinginkan sedangkan solenoid 2 dan 3 akan tutup katup, ketika sensor soil moisture 1 telah tercapai setpoint yang diinginkan maka solenoid 2 akan buka katup sedangkan solenoid 3 dan solenoid 1 akan tutup katup sehingga fluida akan mengalir ke jalur 2 saja. ketika sensor soil moisture 2 telah tercapai setpoint yang diinginkan maka solenoid 3 akan buka katup sedangkan solenoid 2 dan solenoid 1 akan tutup katup sehingga fluida akan mengalir ke jalur 3 saja. ketika sensor soil moisture 3 telah tercapai setpoint yang diinginkan maka solenoid 3, solenoid 2 dan solenoid 1 akan tutup katup semua dan pompa tidak akan bekerja atau berhenti.

Alat ini juga menggunakan NodeMcu8266 sebagai penghubung komunikasi antara Arduino dengan aplikasi Blynk yang digunakan sebagai monitoring dan kontrol. Adapun monitoring jarak jauh yang ditampilkan oleh aplikasi Blynk antara lain nilai ketiga sensor kelembaban tanah, nilai suhu, nilai *Output* pompa dan kondisi solenoid valve, dan setpoint.

3.5.4 Perancangan Sprinkler

Ladang penelitian ini dengan panjang 5 meter dan lebar 15 meter dengan spesifikasi sprinkler jangkauan penyiraman tanaman dengan jarak 4 hingga 6 meter maka diperlukannya sprinkler sebagai berikut

$$\text{Jumlah Sprinkler Lebar} = \frac{\text{Jarak jangkauan penyiraman}}{\text{performa sprinkler}}$$

$$\text{Jumlah Sprinkler Lebar} = \frac{15 \text{ meter}}{5 \text{ meter}}$$

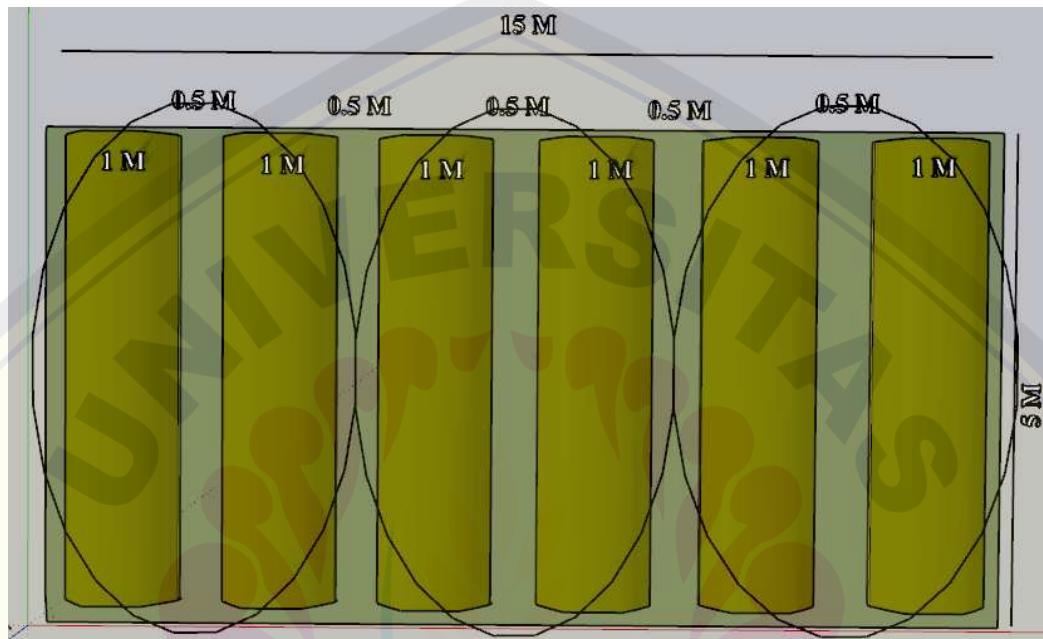
$$\text{Jumlah Sprinkler Lebar} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah Sprinkler Panjang} = \frac{\text{Jarak jangkauan penyiraman}}{\text{performa sprinkler}}$$

$$\text{Jumlah Sprinkler Panjang} = \frac{5 \text{ meter}}{5 \text{ meter}}$$

$$\text{Jumlah Sprinkler Panjang} = 1 \text{ buah}$$

Sehingga dibutuhkan 3 buah sprinkler untuk menjangkau penyiraman tanaman selebar 15 meter dengan Panjang 5 meter



Gambar 3. 6 Perancangan Sprinkler

3.5.5 Pemilihan Pompa

Sprinkler yang digunakan memiliki flow rate sebesar 400 L/H, sehingga dibutuhkannya pompa yang memiliki Flow rate lebih dari 400 L/H atau 6,67 LPM

Flow rate yang dibutuhkan

$$= \text{jumlah sprinkler yang bekerja} \times \text{performa flow rate Sprinkler}$$

Pada penelitian ini digunakan tiga sprinkler namun bekerja secara bergantian sehingga jumlah sprinkler yang bekerja hanya 1, jadi spesifikasi pompa flow ratenya sebesar $1 \times 6,67 = 6,67$ LPM, maka spesifikasi pompa harus lebih atau dua kalinya sehingga dibutuhkan pompa dengan flow rate sekitar 12 LPM.

3.5.6 Perancangan Kebutuhan Air

Sprinkler yang digunakan memiliki spesifikasi Flow rate 400 L/H atau 6,67 LPM, dengan asumsi lama penyiraman tanaman selama 4 menit. Adapun volume yang dibutuhkan penampung air sebagai berikut :

$$V = Q.T$$

Keterangan :

V= Volume Air

Q= Debit Air

T= Waktu (menit)

$$V = Q.T$$

$$V = 6,67.T$$

Jika 1 kali penyiraman membutuhkan waktu 4 menit

$$V = 6,67 (4)$$

$$V = 26,68 \text{ liter}$$

maka 1 kali penyiraman dibutuhkan volume sebesar 26,68 liter

Jika 1 hari membutuhkan 15 kali penyiraman,

$$V = 26,68 \text{ liter} (40,20)$$

$$V = 400,2 \text{ liter}$$

Maka, dalam 1 hari membutuhkan air sebesar 400,2 liter

3.5.7 Perancangan Perangkat Keras

3.5.7.1 Perancangan Panel surya

- Solar cell yang digunakan pada penelitian ini jenis monocrystalline dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Spesifikasi panel surya 50 watt

PM	50 W
VMP	18,2 V

VOC	22,3 V
IMP	2,75 A
ISC	2,91 A

- TOTAL DAYA

Tabel 3. 3 Daya yang dibutuhkan

BEBAN	DAYA	WAKTU	TOTAL DAYA
Pompa	100 W	1 jam	100 WATT

$$= \text{DAYA} : (100\% - 40\%)$$

$$= 100 : 60\%$$

$$= 166,7 \text{ W}$$

- Menentukan kebutuhan panel surya

$$\text{Panel Surya} = \text{Total Daya} : \text{Waktu Optimal}$$

$$= 166,7 : 5$$

$$= 33,2 \text{ Watt Peak}$$

Jadi dibutuhkan panel surya 1 pcs dengan spesifikasi 50 WP.

3.5.7.2 Perancangan Solar Charge Controller

Menentukan SCC yang digunakan sebagai berikut

$$\text{ISC} \times \text{Jumlah Panel surya}$$

$$= 2,91 \text{ A} \times 1 \text{ pcs}$$

$$= 2,91 \text{ A}$$

Jadi spesifikasi solar charger controller yang digunakan sebesar 10 A

3.5.7.3 Perancangan Baterai

Satuan energi Wh diubah menjadi Ah

$$\text{Ah} = \frac{E_T}{V_s}$$

$$= \frac{166,7 \text{ Wh}}{12 \text{ V}}$$

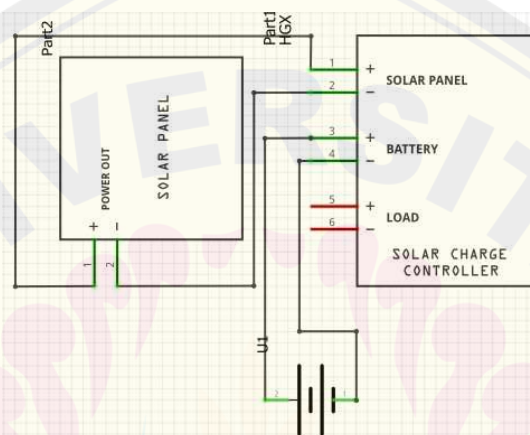
$$= 13,8 \text{ Ah}$$

Jadi Kapasitas baterai yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{Ah}{Dod} \\
 &= \frac{41,6}{80\%} \\
 &= 17,36 Ah
 \end{aligned}$$

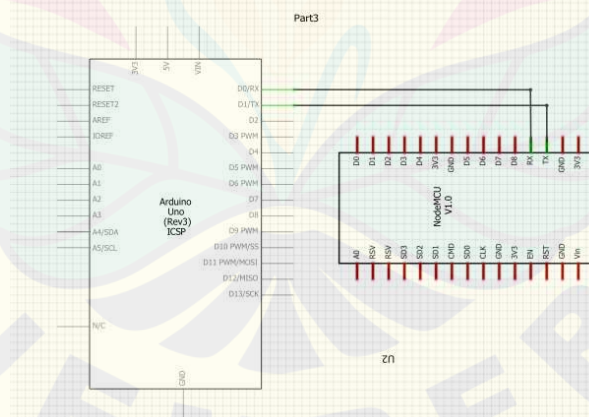
Pada penelitian ini digunakan baterai dengan kapasitas spesifikasi baterai 12 v dan 18 Ah

3.5.7.4 Rangkaian Skematik Panel Surya, Baterai, dan *Solar Charger Controller*



Gambar 3. 7 Rangkaian skematik solar panel, scc dan baterai

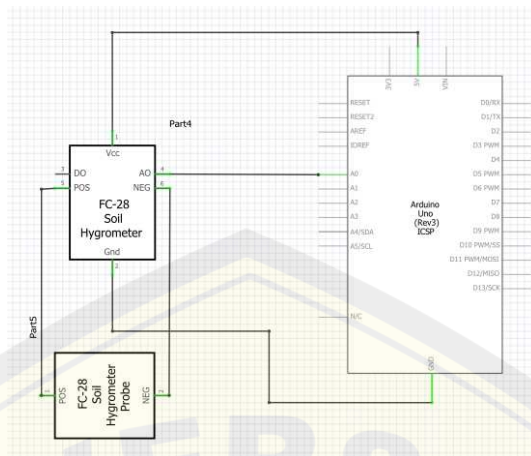
3.5.7.5 Rangkaian Skematik Arduino Uno dengan NodeMCU *ESP8266*



Gambar 3. 8 Rangkaian skematik arduino dengan nodemcu esp8266

Konfigurasi pin arduino uno dengan nodemcu esp8266 yaitu pin vcc 3v3 arduino uno terhubung dengan pin vcc dan pin ch_pd nodemcu esp266, pin gnd arduino uno terhubung dengan pin gnd nodemcu esp8266, pin tx arduino uno terhubung dengan pin txd nodemcu esp8266 dan pin rx arduino uno terhubung dengan pin rxd nodemcu esp8266, Dapat dilihat gambar rangkaian dibawah ini

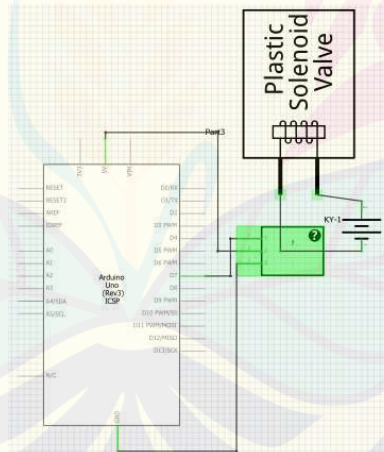
3.5.7.6 Rangkaian Skematik Arduino Uno Sensor *Soil Moisture*



Gambar 3. 9 *Sensor Soil moisture YL-69*

Konfigurasi pin arduino uno dengan *soil moisture* yaitu pin A0 sensor *soil moisture* dihubungkan dengan pin A0 arduino uno. Pin vcc *soil moisture* dihubungkan dengan pin vcc 5v arduino uno, dan pin GND *soil Moisture* dihubungkan dengan pin GND arduino.

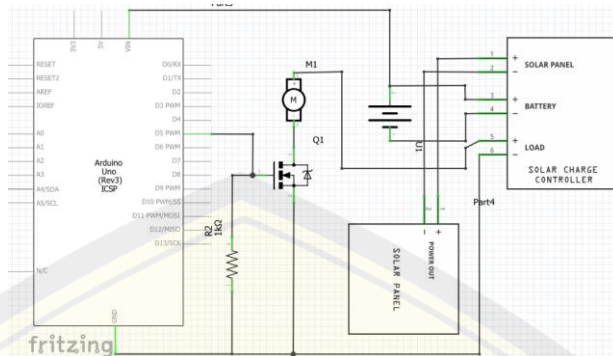
3.5.7.7 Rangkaian Skematik Arduino Uno dengan Relay dan Solenoid Valve



Gambar 3. 10 Rangkaian skematik arduino uno dengan relay dan solenoid valfe

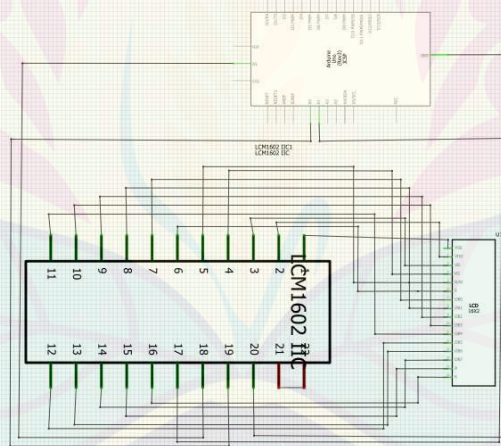
Konfigurasi pin arduino uno dengan relay dan solenoid valve yaitu pin digital 6, 7, 8 Arduino Uno terhubung dengan input relay in1, in2, in3. VCC relay terhubung dengan pin 5v arduino dan GND Arduino terhubung dengan GND relay.

3.5.7.8 Rangkaian Skematik Arduino Uno dengan MOSFET *IRFZ44N* dan Pompa



Konfigurasi pin arduino uno dengan MOSFET *IRFZ44N* dan pompa yaitu Gambar 3. 11 Rangkaian skematik arduino uno dengan mosfet *IRFZ44N* dan pompa pin 5 arduino uno terhubung dengan *gate* mosfet, *source* mosfet terhubung dengan pin GND arduino dan *drain* terhubung solenoid pompa

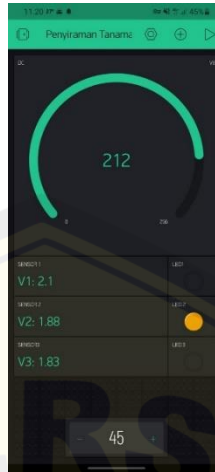
3.5.7.9 Rangkaian Arduino Uno dengan *LCD I2C*



Gambar 3. 12 Rangkaian skematik arduino uno dengan *lcd I2c*

Konfigurasi pin arduino uno dengan lcd I2c yaitu pin 5v arduino uno terhubung dengan pin 18 I2c, pin 17 I2c terhubung dengan pin gnd arduino uno, pin 19 I2c terhubung dengan pin a0 arduino uno dan pin 20 I2c terhubung dengan pin A1 arduino uno

3.5.7.10 Perancangan Tampilan *Blynk*

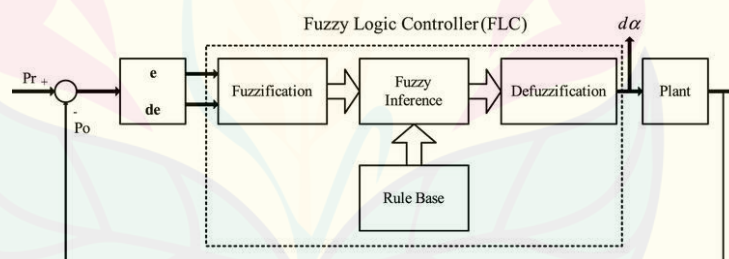


Gambar 3. 13 Tampilan blynk

3.5.8 Perancangan Perangkat Lunak

3.5.8.1 Perancangan Kontrol *Fuzzy Logic*

Fuzzy Logic Control pada sistem rancang bangun penyiraman tanaman otomatis ini terdapat langkah – langkah sebagai berikut *Fuzzification*, *Inference*, *Defuzzification*.



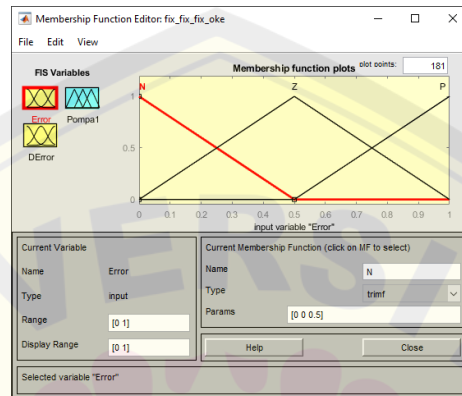
Gambar 3. 14 Blok diagram kontrol Fuzzy

1. *Fuzzification*

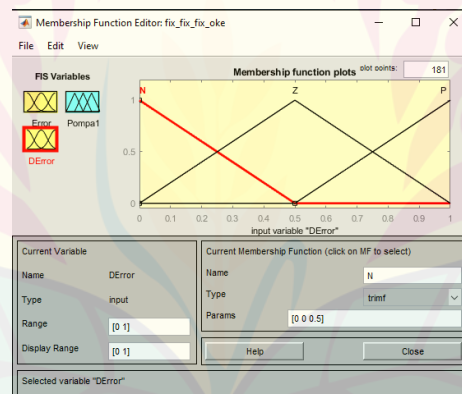
Fuzzifikasi yaitu tahap awal proses pengolahan data dengan fuzzy logic. Tahap ini mengubah logika tegas menjadi logika agar dapat menentukan *rules*. Inputan error dan delta error menggunakan nilai setpoint sensor kelembaban yang telah ditentukan atau diinginkan. *Error membership function* terdiri dari 3 keanggotan antara lain P (Positif), Z (Zero), N (Negatif), pada pembuatan *membership function* diperlukan setpoint sensor kelembaban yang akan ditentukan atau diinginkan yaitu 70 % . Penentuan nilai setpoint bertujuan untuk pengontrol stabil nilai sensor kelembaban. Pengontrol tersebut

membaca nilai input sensor kelembaban 1, kelembaban 2 dan kelembaban 3 kemudian di rata-ratakan, kemudian selisih antara nilai inputan sensor kelembaban dengan setpoint yang diinginkan atau ditentukan akan diproses oleh *fuzzy Logic Controller*.

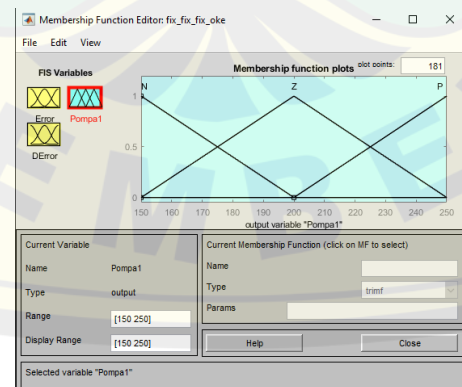
Representasi *Error membership function* sebagai berikut:



Gambar 3. 15 *Error member function input Fuzzy*



Gambar 3. 16 *Delta error member function input Fuzzy*



Gambar 3. 17 *PWM pompa membership function output kontrol Fuzzy*

2. Inference

Interferensi yaitu tahap pengambilan keputusan dari rule yang telah ditentukan. Tabel *rule base* dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 3. 4 *Rule base inference system*

ΔE \ E	E	N	Z	P
N		P	P	N
Z		P	Z	N
P		P	N	N

3. Defuzification

Defuzifikasi yaitu tahap mengubah logika fuzzy menjadi logika *crisp*. Defuzifikasi berdasarkan derajat keanggotaan proses inference. Metode ini menggunakan metode centroid yaitu perhitungan luas daerah implikasi dan momen.

Adapun perhitungan persamaan sebagai berikut:

- a. Perhitungan momen setiap daerah implikasi

$$M = \int \mu D. (z). z dz$$

$$M = \frac{(M1 + M2 + M3)}{(A1 + A2 + A3)}$$

- b. Perhitungan luas setiap daerah implikasi

$$A = \frac{1}{2} x a x t$$

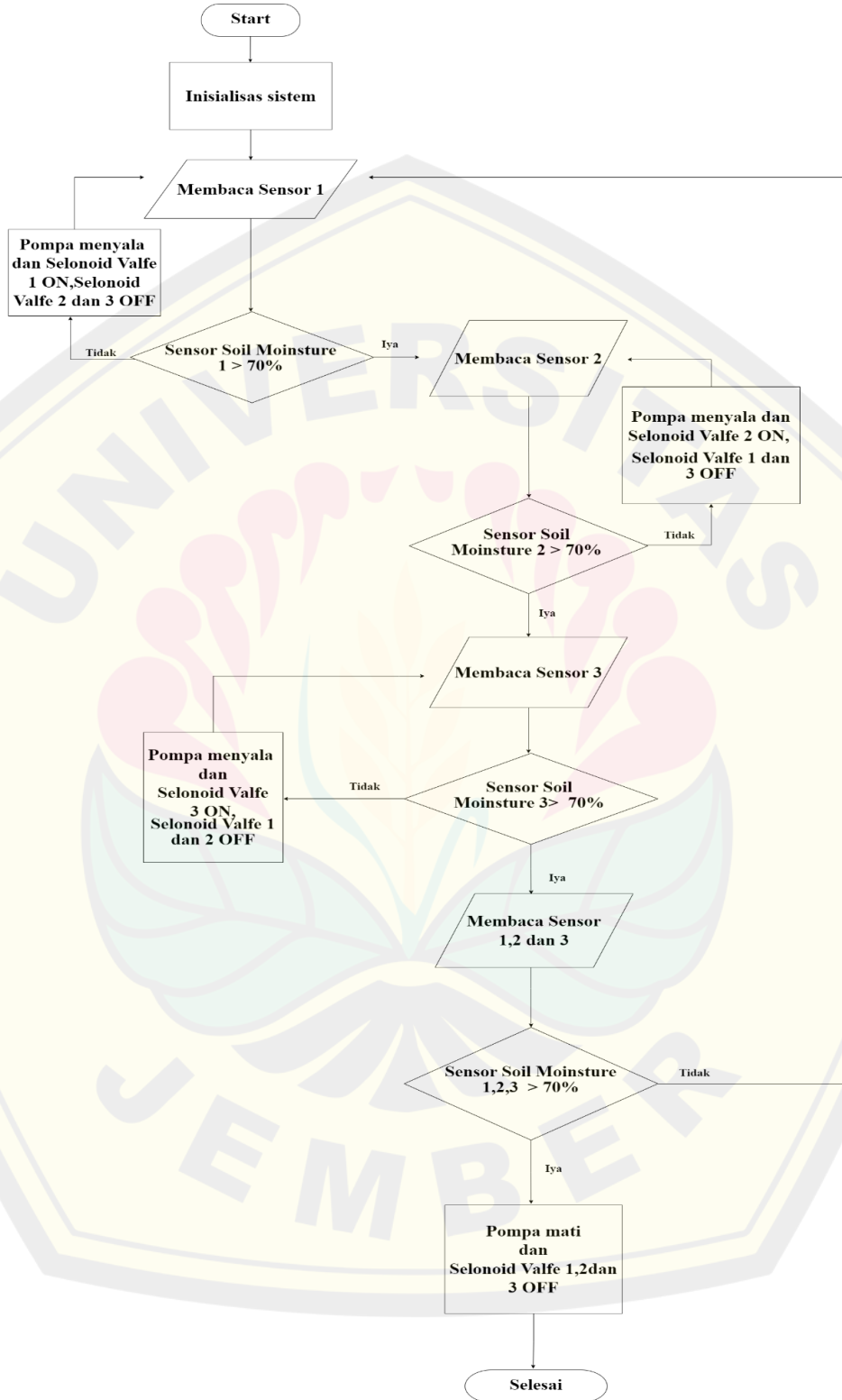
- c. Perhitungan nilai Z

$$Z = \frac{\int \mu D. (z). z dz}{\int \mu D. (z) dz}$$

Nilai dari Z digunakan sebagai *output* nilai PWM yang dihasilkan oleh Fuzzy Logic Controller untuk menaikkan atau menurunkan tegangan pada pompa.

3.5.5.2 FlowChart

Berikut adalah gambar Flowchart sistem keseluruhan kerja alat



Gambar 3. 18 Flowchart sistem

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

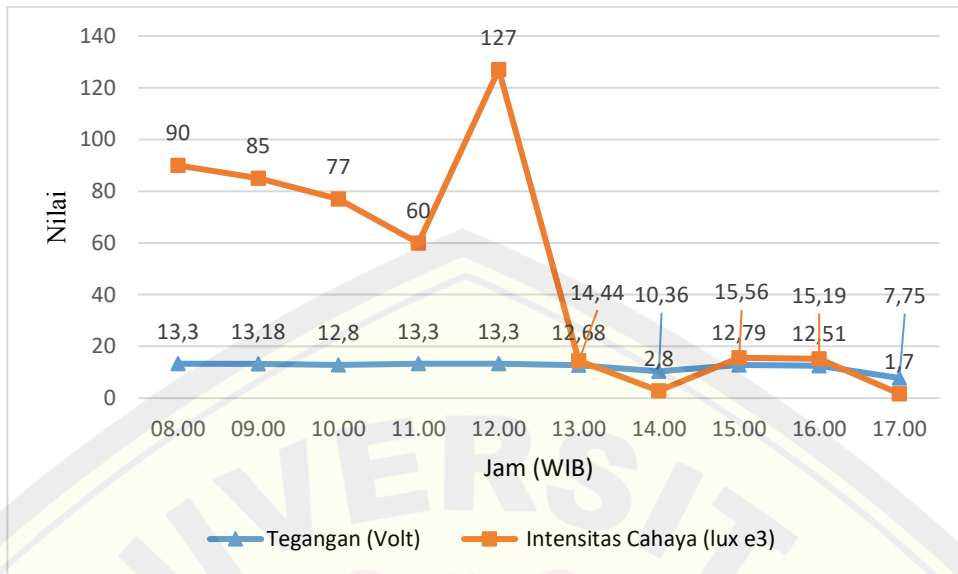
4.1 Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya diambil beberapa data antara lain Intensitas cahaya matahari, tegangan keluaran panel surya, dan arus keluaran panel surya,. Pengujian ini dilakukan pengambilan data setiap jam satu kali. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja yang dihasilkan oleh panel surya dengan kondisi cahaya matahari yang tidak menentu. Panel surya yang digunakan panel surya monocrystalline 50 Watt Peak.

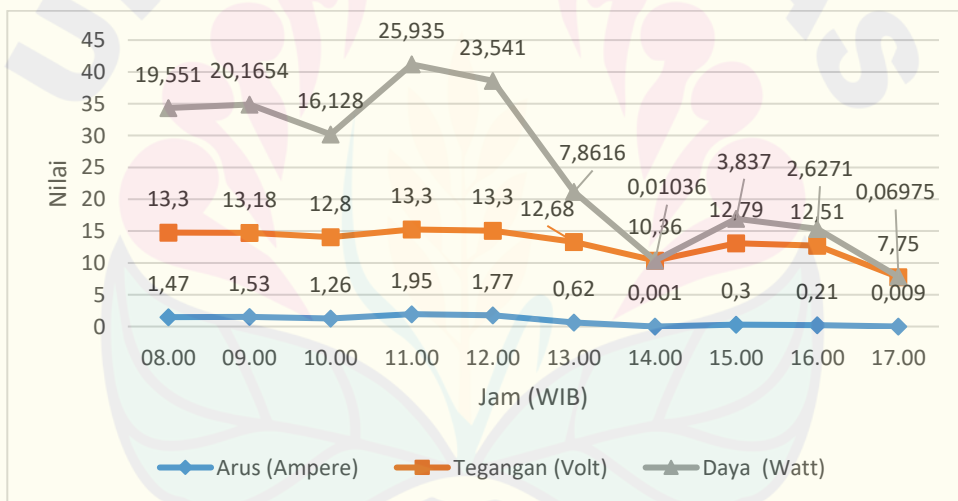
Tabel 4. 1 Pengujian panel surya

Waktu	Arus (Ampere)	Volt (Tegangan)	Cahaya (lux) (10^3)	P_{out}	Cuaca
08.00	1,47	13,3	90	19,551	Cerah
09.00	1,53	13,18	85	20,1654	Berawan
10.00	1,26	12,8	77	16,128	Berawan
11.00	1,95	13,3	89	25,935	Cerah
12.00	1,77	13,3	127	23,541	Sangat Cerah
13.00	0,62	12,68	14,44	7,8616	Mendung
14.00	0,001	10,36	2,8	0,01036	Gerimis
15.00	0,3	12,79	15,56	3,837	Mendung
16.00	0,21	12,51	15,19	2,6271	Mendung
17.00	0,009	7,75	1,7	0,06975	Mendung

Data yang telah diambil dapat dipresentasikan pada grafik sebagai berikut



Gambar 4. 1 Grafik perbandingan tegangan dan intensitas cahaya panel surya



Gambar 4. 2 Grafik tegangan, arus dan daya *output* panel surya

Perbandingan tegangan dengan intensitas cahaya matahari dihasilkan semakin besar intensitas cahaya matahari maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Puncak tegangan yang dihasilkan panel surya pada pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 12.00 WIB, sedangkan tegangan mengalami drop pada pukul 14.00 WIB, hal ini dikarenakan kondisi cuaca gerimis. Pukul 17.00 dihasilkan tegangan terendah yaitu sebesar 7,75 Volt. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari yang rendah yaitu sebesar 1,7 Lux.

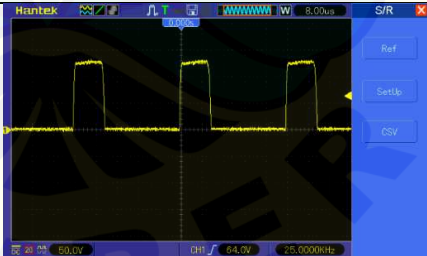
Arus yang dihasilkan panel surya berbanding lurus dengan tegangan panel surya. Semakin besar tegangan panel surya maka arus yang dihasilkan juga semakin besar, selain itu juga arus panel surya dipengaruhi oleh beban baterai. Semakin kosong kondisi beban baterai yang digunakan maka arus yang dibutuhkan juga semakin besar.

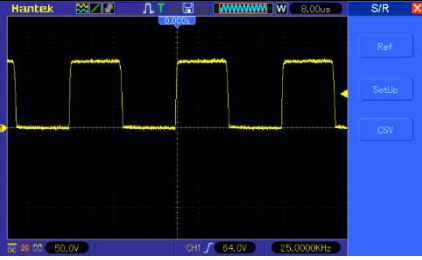
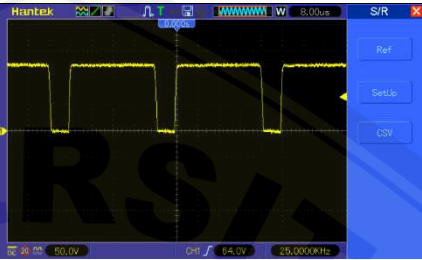
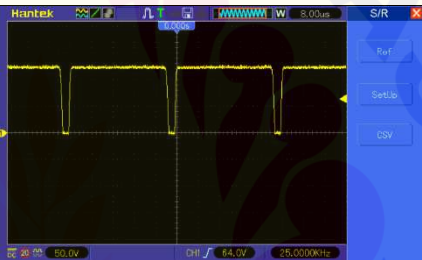
Daya yang dihasilkan panel surya berbanding lurus dengan arus panel surya dan tegangan panel surya semakin besar arus output dan tegangan *output* yang dihasilkan panel surya maka daya yang dihasilkan panel surya untuk mengisi baterai semakin besar.

4.2 Pengujian Gelombang *Pulse Width Modulation (Pwm)*

Gelombang *Pulse Width Modulation (PWM)* merupakan gelombang dihasilkan oleh Driver MOSFET yang dikendalikan oleh mikrokontroler dengan memainkan lebar pulsa yang akan mempengaruhi tegangan output yang dihasilkan. Pengujian gelombang *Pulse Width Modulation (PWM)* bertujuan untuk mengetahui lebar pulsa yang dihasilkan oleh Driver MOSFET yang dikendalikan oleh mikrokontroler dengan nilai *duty cycle* yang bervariasi dan frekuensi yang sama yaitu sebesar 25 kHz.

Tabel 4. 2 Pengaruh nilai *duty cycle* terhadap bentuk pulsa gelombang *PWM*

No.	Dutycycle (%)	Gelombang PWM
1.	25	 <p>Gambar 4. 3 Gelombang PWM <i>duty cycle</i> 25%</p>

2.	50	 <p data-bbox="686 571 1252 616">Gambar 4. 4 Gelombang PWM <i>duty cycle</i> 50%</p>
3.	75	 <p data-bbox="686 907 1252 952">Gambar 4. 5 Gelombang PWM <i>duty cycle</i> 75 %</p>
4.	100	 <p data-bbox="686 1243 1252 1288">Gambar 4. 6 Gelombang PWM <i>duty cycle</i> 100 %</p>

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dianalisis bahwa mempengaruhi lebar pulsa, semakin besar nilai *duty cycle* maka lebar pulsa yang dihasilkan oleh gelombang PWM semakin lebar, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai *duty cycle* maka lebar pulsa yang dihasilkan gelombang PWM semakin sempit.

4.3 Pengujian Sensor

Pengujian Sensor meliputi pengujian sensor Soil moisture sebagai pembacaan kelembaban tanah. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung error persen dari masing-masing sensor. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai sensor dengan alat ukur. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan sensor. Sensor soil moisture merupakan sensor yang digunakan untuk membaca kelembaban tanah, pembacaan nilai sensor soil

moisture berupa nilai analog dengan rentang nilai 0 hingga 1023. Namun pada penelitian ini nilai sensor dirubah dengan nilai rentang 0 hingga 100, sehingga pada Mikrokontroler program dibandingkan antara nilai rentang 250 hingga 1023 dengan nilai rentang 0 hingga 100. Hal ini dikarenakan nilai sensor pada kelembapan yang tertinggi dengan nilai analog sekitar 250 sedangkan titik terendah kelembapan sensor dengan nilai 1023.

4.4 Pengujian Tanpa Kontrol

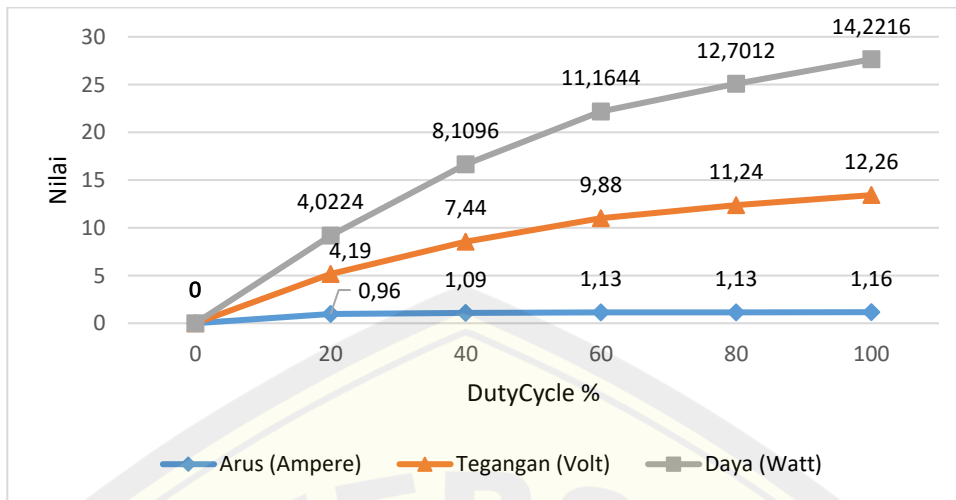
Pengujian tanpa kontrol meliputi pengujian tanpa kontrol beban pompa, dan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air. Pengujian ini dilakukan dengan cara pemberian *duty cycle* dan dibebani dengan pompa, pompa dan air dengan jarak nilai *duty cycle* selisih 20 %. Data yang diambil pada pengujian ini antara lain arus, tegangan dan daya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara tegangan, arus, daya, dan kecepatan pompa dengan *duty cycle* yang berbeda dan beban yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan baterai sebesar 12 volt, terbebani pompa air *dual pump* 100 watt. Nilai arus dan tegangan didapat pada pengukuran menggunakan Multimeter sedangkan daya didapat dari hasil perkalian antara arus dengan tegangan dengan rumus $P = V \times I$, sedangkan DC didapat dari monitoring nilai pada serial monitor dengan kecepatan pompa PWM tertinggi 255.

4.4.1 Pengujian Tanpa Kontrol Beban Pompa

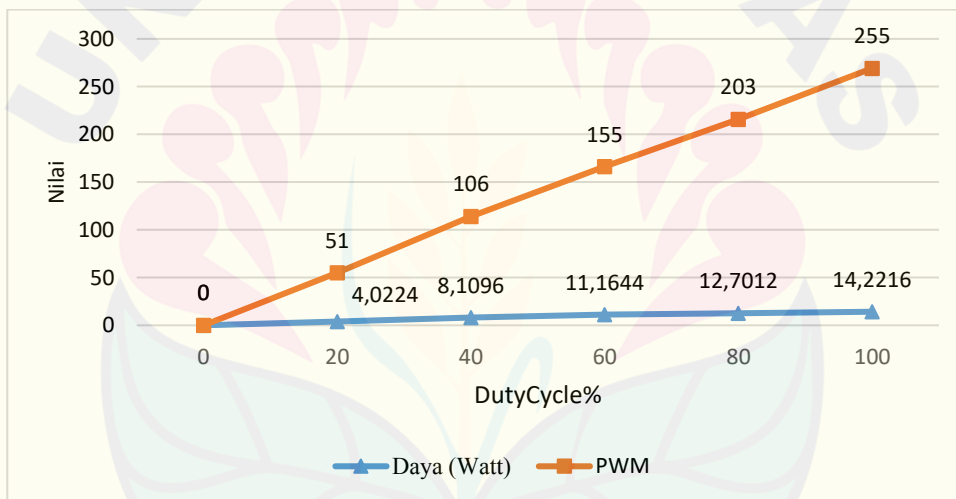
Berikut adalah tabel pengujian tanpa kontrol beban pompa.

Tabel 4. 3 Pengujian tanpa kontrol beban pompa

No.	Duty Cycle (%)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	PWM
1	0	0	0	0	0
2	20	0,96	4,19	4,0224	51
3	40	1,09	7,44	8,1096	106
4	60	1,13	9,88	11,1644	155
5	80	1,13	11,24	12,7012	203
6	100	1,16	12,26	14,2216	255



Gambar 4. 7 Grafik perbandingan dutycycle, arus, tegangan dan daya pengujian tanpa kontrol beban pompa



Gambar 4. 8 Grafik perbandingan daya dengan kecepatan pompa pengujian tanpa kontrol beban pompa

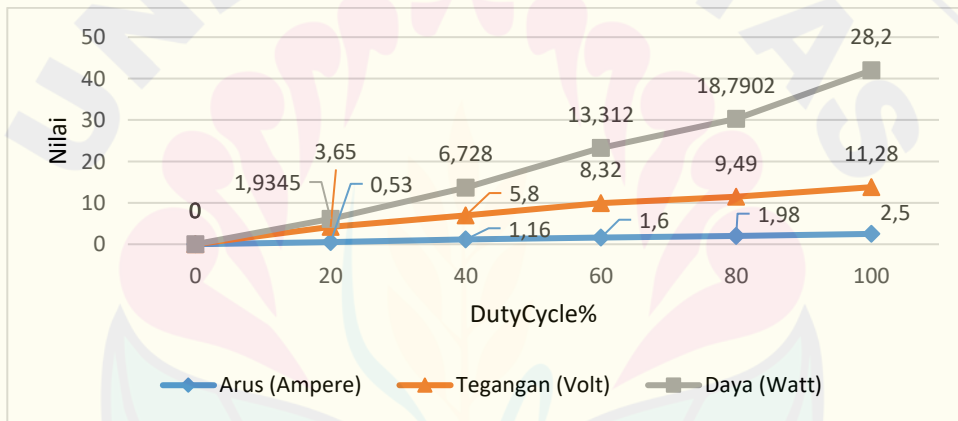
Berdasarkan kedua grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan, arus, daya, dan kecepatan pompa berbanding lurus dengan nilai *duty cycle*. semakin besar nilai *duty cycle* maka tegangan , arus dan daya yang dihasilkan semakin besar dan pompa akan semakin cepat, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai *Duty cycle* maka semakin kecil pula tegangan, arus dan daya yang dihasilkan, kecepatan pompa juga akan berkurang semakin berkurang.

4.4.2 Pengujian Tanpa Kontrol beban Pompa dan Air

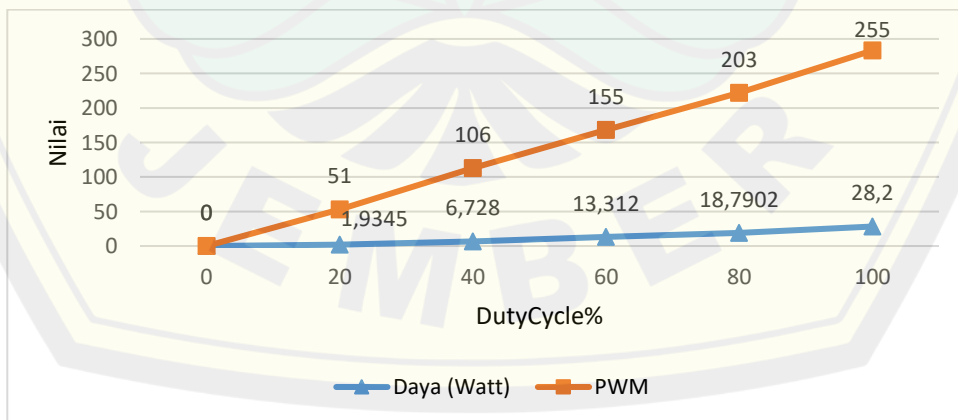
Berikut adalah tabel pengujian tanpa kontrol beban pompa dan air

Tabel 4. 4 Pengujian tanpa kontrol beban pompa dan air

No.	Duty Cycle (%)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	PWM Pompa
1	0	0	0	0	0
2	20	0,53	3,65	1,9345	51
3	40	1,16	5,8	6,728	106
4	60	1,6	8,32	13,312	155
5	80	1,98	9,49	18,7902	203
6	100	2,5	11,28	28,2	255



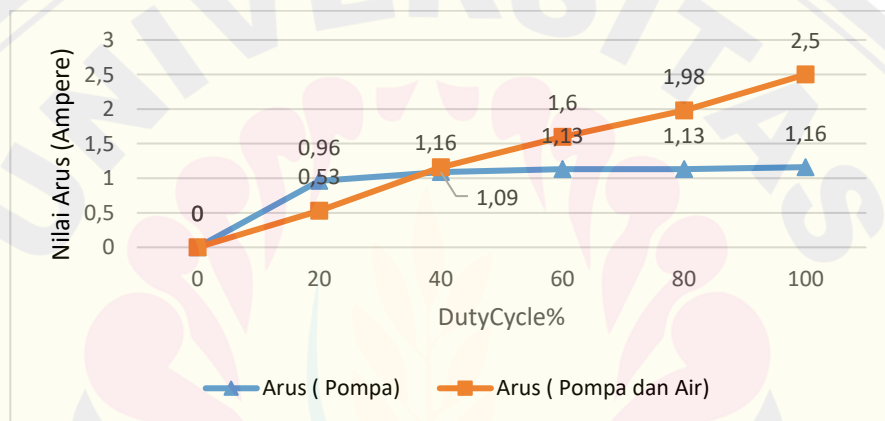
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan arus, tegangan dan daya pengujian tanpa kontrol beban pompa dan air



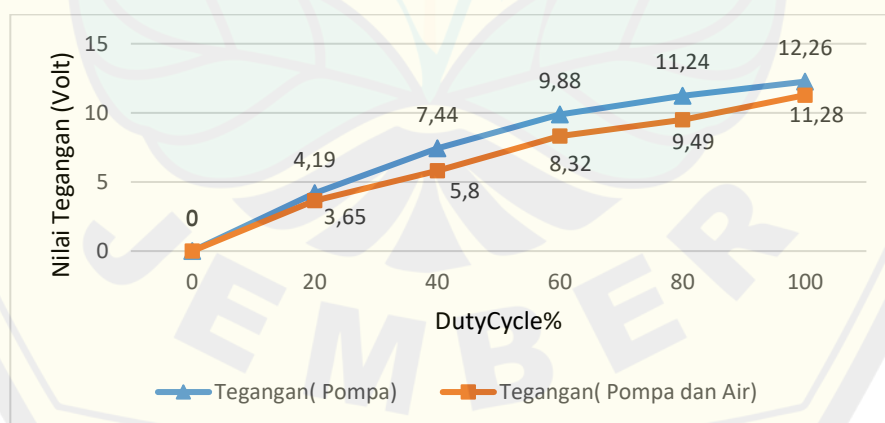
Gambar 4. 10 Perbandingan daya dengan kecepatan pompa pengujian tanpa kontrol beban pompa dan air

Berdasarkan kedua grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan, arus, daya, dan kecepatan pompa berbanding lurus dengan nilai *duty cycle*. semakin besar nilai *duty cycle* maka tegangan ,arus dan daya yang dihasilkan semakin besar dan pompa akan semakin cepat, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai *duty cycle* maka semakin kecil pula tegangan, arus dan daya yang dihasilkan, kecepatan pompa juga akan semakin berkurang. Semakin cepat pompa bekerja maka konsumsi daya yang dihasilkan semakin besar.

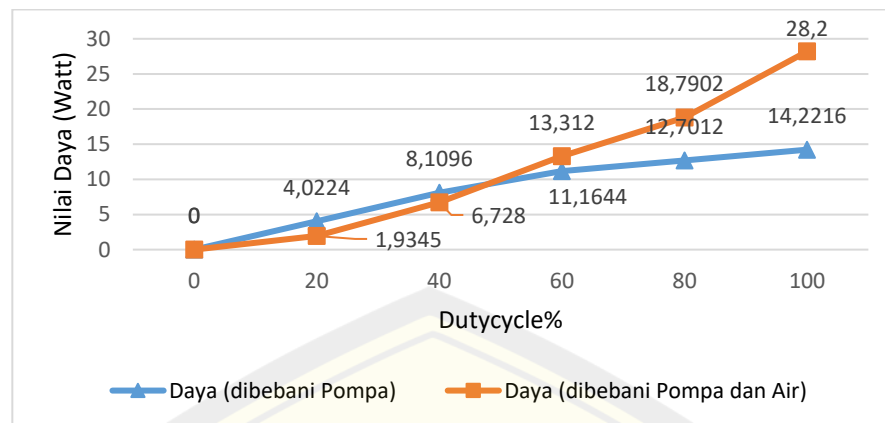
Perbandingan gambar grafik arus, tegangan dan daya pada pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air dapat dipresentasikan sebagai berikut:



Gambar 4. 11 Grafik perbandingan arus pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air



Gambar 4. 12 Grafik perbandingan tegangan pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air



Gambar 4. 13 Grafik perbandingan daya pengujian tanpa kontrol beban pompa dengan beban pompa dan air

Ketiga grafik diatas merupakan perbandingan tegangan, arus dan daya dengan variasi beban yang berbeda, yaitu beban pompa dengan beban pompa dan air. Pada gambar 4.11 grafik perbandingan arus pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dengan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air. arus yang dihasilkan ketika dibebani pompa dan air lebih besar dibandingkan dengan arus yang dihasilkan saat dibebani pompa pada *duty cycle* 40% hingga 100%, Hal ini dikarenakan besar kecilnya arus tergantung pada beban yang digunakan, semakin besar beban yang digunakan maka arus yang dihasilkan semakin besar, begitu juga sebaliknya, semakin kecil beban yang digunakan maka arus yang dihasilkan semakin kecil. Pada *duty cycle* 20% arus yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa lebih besar dibandingkan dengan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air. Hal ini dikarenakan karakteristik dari pompa yang digunakan.

Gambar grafik 4.12 perbandingan tegangan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dengan dibebani pompa dan air. Tegangan pengujian tanpa kontrol dibebani dengan pompa lebih besar dibandingkan dengan tegangan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air, Hal ini dikarenakan arus yang dihasilkan pada pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air lebih besar dibandingkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa, hal ini sesuai dengan teori bahwa arus berbanding terbalik dengan tegangan, semakin besar arus yang dihasilkan maka tegangan yang dihasilkan semakin kecil.

Gambar 4.13 grafik perbandingan daya pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dengan daya pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air, pada *duty cycle* 20% hingga 40% daya yang dihasilkan ketika dibebani pompa lebih besar dibandingkan dengan daya yang dibebani pompa dan air, sedangkan pada *duty cycle* 60% hingga 100% daya yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air lebih besar dibandingkan dengan daya yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa. Hal ini dikarenakan pada *duty cycle* 20% hingga 40%, tegangan dan arus pengujian tanpa kontrol dibebani pompa lebih besar dibandingkan dengan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air, tegangan dan arus berbanding lurus dengan daya, semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan maka daya yang dihasilkan semakin besar.

Duty cycle 60% hingga 100% daya yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air lebih besar dibandingkan dengan daya yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa, Hal ini dikarenakan tegangan dan arus yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa dan air lebih besar dibandingkan dengan daya yang dihasilkan pengujian tanpa kontrol dibebani pompa.

4.5 Pengujian IoT

Pengujian *IoT* dilakukan dengan melihat nilai yang ditampilkan pada LCD dan Blynk dengan melihat keselarasan nilai yang ditampilkan pada *LCD* dengan *Blynk*. Adapun nilai yang ditampilkan pada *LCD* dan Blynk antara lain Sensor kelembaban tanah1, kelembaban tanah2, kelembaban tanah3, kondisi solenoid valve 1, kondisi solenoid valve 2, kondisi solenoid valve 3, dan nilai setpoint yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan bertujuan agar diketahui hasil komunikasi antara Arduino yang ditampilkan *LCD* dengan Blynk. Pengujian ini dilakukan dengan melihat nilai ketiga sensor, ketiga kondisi valve dan nilai PWM dari Arduino yang ditampilkan pada *LCD* dikirimkan ke aplikasi Blynk

4.5.1 Pengujian Monitoring Aplikasi Blynk

Pengujian pertama yaitu pengiriman komunikasi antara Arduino Uno dengan Blynk, yang dikirimkan berupa nilai ketiga sensor dan valve, selain itu

juga nilai PWM pompa. Pengujian ini dilakukan 4 percobaan dengan nilai sensor dan kondisi valve yang berbeda – beda.

Adapun tabel pengujian monitoring aplikasi Blynk sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Pengujian monitoring aplikasi Blynk

No.	Keterangan							Gambar
	Sensor 1			PWM	Kondisi Valve			
	1	2	3		1	2	3	
1.	16	11	13	209	ON	OFF	OFF	 <p>Gambar 4. 14 Percobaan monitoring Blynk pertama</p>
2	77	10	10	210	OFF	ON	OFF	 <p>Gambar 4. 15 Percobaan monitoring Blynk kedua</p>

3	81	77	11	150	OFF	OFF	ON	 <p>Gambar 4. 16 Percobaan monitoring Blynk ketiga</p>
4	84	79	82	0	OFF	OFF	OFF	 <p>Gambar 4. 17 Percobaan monitoring Blynk keempat</p>

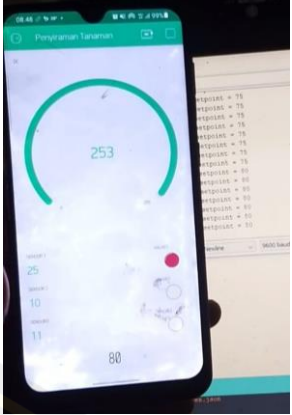
Dari tabel 4.5 pengujian monitoring aplikasi Blynk bahwa pengujian pengiriman nilai ketiga sensor dan nilai PWM termonitoring aplikasi Blynk dengan baik. Kondisi ketiga valve termonitoring baik diindikatori dengan menyala Led berwarna merah untuk valve 1, Led berwarna kuning valve 2 dan Led berwarna hijau untuk valve 3.

4.5.2 Pengujian Pengiriman Nilai Setpoint

Pengujian kedua dilakukan pengiriman nilai setpoint yang diinginkan dari aplikasi Blynk ke Arduino Uno, pengujian ini dilakukan dengan nilai setpoint yang dikirimkan oleh aplikasi Blynk kemudian ditampilkan pada serial monitor. Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui tingkat keberhasilan komunikasi pengiriman nilai setpoint dari aplikasi Blynk ke Arduino. Pengujian ini dilakukan 4 kali percobaan dengan mengganti nilai setpoint 65 hingga 80 dengan rentang nilai 5.

Tabel 4. 6 Pengujian pengiriman nilai setpoint

No.	Setpoint	Keterangan	Gambar
1.	65	Ter kirim	 <p data-bbox="963 819 1302 887">Gambar 4. 18 Percobaan pengiriman nilai setpoint 65</p>
2.	70	Ter kirim	 <p data-bbox="963 1301 1302 1368">Gambar 4. 19 Percobaan pengiriman nilai setpoint 70</p>
3.	75	Ter kirim	 <p data-bbox="963 1783 1302 1850">Gambar 4. 20 Percobaan pengiriman nilai setpoint 75</p>

4.	80	Terkirim	 <p data-bbox="963 719 1299 781">Gambar 4. 21 Percobaan pengiriman nilai setpoint 80</p>
----	----	----------	--

Pengujian pengiriman nilai setpoint terkirim dengan baik dapat dibuktikan pada tabel 4.6 pengujian pengiriman nilai setpoint. Percobaan pertama hingga percobaan keempat terkirim dengan baik.

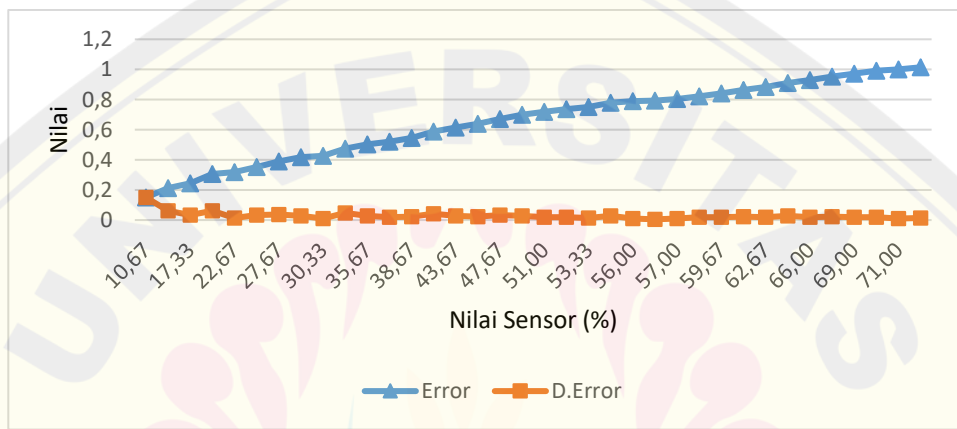
4.6 Pengujian Respon Kontrol Fuzzy

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari kontrol fuzzy yang akan mempengaruhi nilai *Outputan* pompa. Pengujian ini dilakukan dengan nilai inputan sensor kelembaban yang bervariasi sehingga diketahui nilai *outputan* pompa yang dihasilkan. Nilai Input 1 merupakan perbandingan antara nilai pembacaan rata – rata sensor kelembaban dengan setpoint, sedangkan Input 2 merupakan selisih antara nilai pembacaan nilai sensor kelembaban sesudahnya dengan sensor kelembaban sebelumnya.

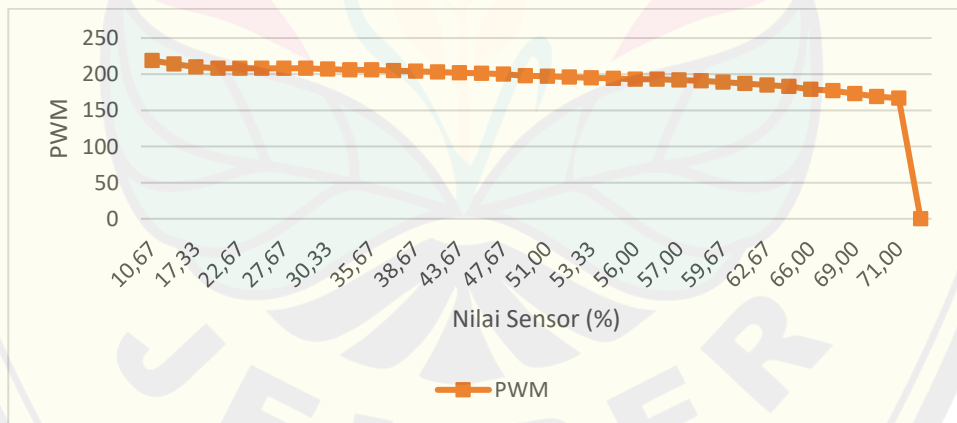
Tabel 4. 7 Pengujian respon kontrol Fuzzy

No.	Nilai Sensor			Rata – Rata Sensor	Error	Delta Error	PWM Pompa	Duty Cycle
	S1	S2	S3					
1	13	9	10	10,67	0,15023	0,15023	219	85,8824
2	26	9	10	15,00	0,21127	0,06103	214	83,9216
3	33	9	10	17,33	0,24413	0,03286	210	82,3529
4	46	9	10	21,67	0,30516	0,06103	208	81,5686
5	49	9	10	22,67	0,31925	0,01408	208	81,5686
6	56	9	10	25,00	0,35211	0,03286	208	81,5686
7	64	9	10	27,67	0,38967	0,03756	208	81,5686
8	70	9	10	29,67	0,41784	0,02817	208	81,5686
9	72	9	10	30,33	0,42723	0,00939	207	81,1765
10	72	19	10	33,67	0,47418	0,04695	206	80,7843
11	72	25	10	35,67	0,50235	0,02817	206	80,7843
12	72	29	10	37,00	0,52113	0,01878	205	80,3922
13	72	34	10	38,67	0,5446	0,02347	204	80
14	72	43	10	41,67	0,58685	0,04225	203	79,6078
15	72	49	10	43,67	0,61502	0,02817	202	79,2157
16	72	54	10	45,33	0,6385	0,02347	201	78,8235
17	72	61	10	47,67	0,67136	0,03286	200	78,4314
18	72	67	10	49,67	0,69953	0,02817	198	77,6471
19	72	71	10	51,00	0,71831	0,01878	197	77,2549
20	72	71	14	52,33	0,73709	0,01878	196	76,8627
21	72	71	17	53,33	0,75117	0,01408	195	76,4706
22	72	71	23	55,33	0,77934	0,02817	194	76,0784
23	72	71	25	56,00	0,78873	0,00939	193	75,6863
24	72	71	26	56,33	0,79343	0,00469	193	75,6863
25	72	71	28	57,00	0,80282	0,00939	192	75,2941
26	72	71	32	58,33	0,8216	0,01878	191	74,902
27	72	71	36	59,67	0,84038	0,01878	189	74,1176
28	72	71	41	61,33	0,86385	0,02347	187	73,3333
29	72	71	45	62,67	0,88263	0,01878	185	72,549
30	72	71	51	64,67	0,9108	0,02817	183	71,7647
31	72	71	55	66,00	0,92958	0,01878	179	70,1961
32	72	71	60	67,67	0,95305	0,02347	177	69,4118
33	72	71	64	69,00	0,97183	0,01878	173	67,8431
34	72	71	68	70,33	0,99061	0,01878	169	66,2745
35	72	71	70	71,00	1	0,00939	167	65,4902
36	72	71	73	72,00	1,01408	0,01408	0	0

Dari tabel pengujian respon kontrol Fuzzy nilai error didapatkan dari perhitungan $\frac{\text{Nilai rata-rata sensor}}{\text{SetPoint}} = \frac{63,333}{71} = 0,89202$, sedangkan input 2 didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata sensor setelahnya dikurangi dengan nilai rata-rata sensor sebelumnya $0,90141 - 0,89202 = 0,00939$. Nilai PWM pompa didapatkan dari monitoring LCD sedangkan *duty cycle* didapatkan dari perhitungan $\frac{\text{Nilai Pembacaan PWM}}{255} = \frac{88}{255} = 0,89202$. Adapun grafik respon fuzzy tersebut sebagai berikut :



Gambar 4. 22 Grafik perbandingan error dan delta error



Gambar 4. 23 Grafik perbandingan nilai rata-rata sensor dengan nilai PWM

Gambar 4.22 grafik perbandingan nilai error dan delta error pada nilai rata – rata sensor kelembaban tanah menunjukkan bahwa ketika nilai rata-rata sensor kelembaban tanah mendekati nilai setpoint atau nilai 71 maka nilai inputan Error akan mendekati nilai 1 sedangkan nilai delta error akan semakin mendekati nilai 0. Gambar grafik menunjukkan bahwa nilai rata-rata sensor kelembaban semakin

mendekati nilai setpoint atau nilai 71 maka nilai PWM pompa akan semakin kecil, jadi ketika nilai sensor kelembaban tanah semakin mendekati nilai setpoint maka kecepatan pompa akan semakin berkurang.

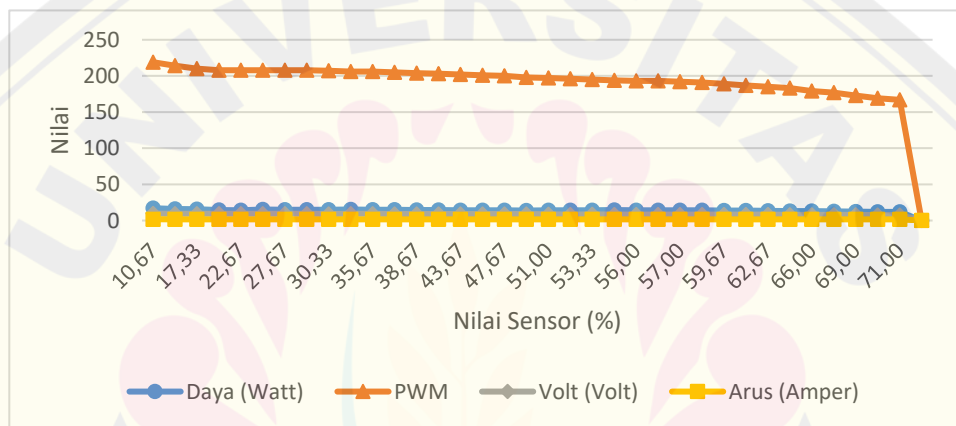
4.7 Pengujian Alat Penyiraman Tanaman

Dari tabel 4. 7 pengujian alat penyiraman tanaman, nilai sensor kelembaban tanah dan Nilai PWM didapatkan dari monitoring *LCD*, nilai tegangan dan arus didapatkan dari pembacaan multimeter dan nilai daya didapatkan antara perkalian arus dan tegangan , sedangkan nilai *duty cycle* didapatkan dari $\frac{\text{Nilai PWM}}{\text{Nilai Max Pompa}}$. sedangkan dari tabel 4.8 hasil jarak tanaman, Nilai jarak siram sprinkler didapatkan pengukuran menggunakan alat ukur meteran, sedangkan luas area yang dihasilkan penyiraman didapatkan dengan rumus luas lingkaran yaitu πr^2

Tabel 4. 8 Pengujian alat penyiraman tanaman

Detik	Soil Moisture (%)			Rata-rata Sensor	Volt (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	PWM	Duty Cycle	Kondisi Valve		
	1	2	3							1	2	3
3	13	9	10	10,67	9,561	1,78	17,02	219	85,88	ON	OFF	OFF
6	26	9	10	15	9,36	1,72	16,10	214	83,92	ON	OFF	OFF
9	33	9	10	17,33	9,312	1,66	15,46	210	82,35	ON	OFF	OFF
12	46	9	10	21,67	9,258	1,57	14,54	208	81,57	ON	OFF	OFF
15	49	9	10	22,67	9,405	1,52	14,30	208	81,57	ON	OFF	OFF
18	56	9	10	25	9,508	1,59	15,12	208	81,57	ON	OFF	OFF
21	64	9	10	27,67	9,391	1,58	14,84	208	81,57	ON	OFF	OFF
24	70	9	10	29,67	9,499	1,55	14,72	208	81,57	ON	OFF	OFF
27	72	9	10	30,33	9,113	1,63	14,85	207	81,18	OFF	ON	OFF
30	72	19	10	33,67	9,273	1,63	15,12	206	80,78	OFF	ON	OFF
33	72	25	10	35,67	9,207	1,61	14,82	206	80,78	OFF	ON	OFF
36	72	29	10	37	9,169	1,62	14,85	205	80,39	OFF	ON	OFF
39	72	34	10	38,67	9,158	1,6	14,65	204	80	OFF	ON	OFF
42	72	43	10	41,67	9,108	1,59	14,48	203	79,61	OFF	ON	OFF
45	72	49	10	43,67	9,055	1,58	14,31	202	79,22	OFF	ON	OFF
48	72	54	10	45,33	9,044	1,58	14,29	201	78,82	OFF	ON	OFF
51	72	61	10	47,67	9,076	1,57	14,25	200	78,43	OFF	ON	OFF
54	72	67	10	49,67	8,914	1,56	13,91	198	77,65	OFF	ON	OFF
57	72	71	10	51	8,606	1,63	14,03	197	77,25	OFF	OFF	ON
60	72	71	14	52,33	8,391	1,7	14,26	196	76,86	OFF	OFF	ON
63	72	71	17	53,33	8,475	1,65	13,98	195	76,47	OFF	OFF	ON
66	72	71	23	55,33	8,343	1,72	14,35	194	76,08	OFF	OFF	ON
69	72	71	25	56	8,293	1,72	14,26	193	75,69	OFF	OFF	ON
72	72	71	26	56,33	8,262	1,71	14,13	193	75,69	OFF	OFF	ON
75	72	71	28	57	8,206	1,72	14,11	192	75,29	OFF	OFF	ON
78	72	71	32	58,33	8,231	1,71	14,08	191	74,9	OFF	OFF	ON
81	72	71	36	59,67	8,191	1,69	13,84	189	74,12	OFF	OFF	ON
84	72	71	41	61,33	8,177	1,69	13,82	187	73,33	OFF	OFF	ON
87	72	71	45	62,67	8,092	1,66	13,43	185	72,55	OFF	OFF	ON
90	72	71	51	64,67	8,015	1,64	13,14	183	71,76	OFF	OFF	ON
93	72	71	55	66	7,973	1,63	13,00	179	70,2	OFF	OFF	ON
96	72	71	60	67,67	7,936	1,59	12,62	177	69,41	OFF	OFF	ON
99	72	71	64	69	7,752	1,61	12,48	173	67,84	OFF	OFF	ON
102	72	71	68	70,33	7,654	1,55	11,86	169	66,27	OFF	OFF	ON
105	72	71	70	71	7,62	1,55	11,81	167	65,49	OFF	OFF	ON
108	72	71	73	72	0	0	0,00	0	0	OFF	OFF	OFF

Dari tabel 4.8 penyiraman tanaman bekerja dengan baik ketika nilai sensor 1 belum mencapai setpoint atau nilai sensor lebih dari 70 kondisi valve 1 membuka katup sedangkan kondisi valve 2 dan kondisi valve 3 katup menutup, ketika nilai sensor 1 telah mencapai nilai setpoint, kondisi valve 2 membuka katup sedangkan kondisi valve 1 dan kondisi valve 3 menutup katup. Ketika sensor 1 dan sensor 2 telah mencapai setpoint atau lebih dari 70, kondisi valve 2 dan kondisi valve 1 menutup sedangkan kondisi valve 3 membuka. Ketika nilai sensor 1, sensor 2 dan sensor 3 telah mencapai setpoint semua atau lebih dari 70 kondisi valve 1, 2 dan 3 menutup katup, adapun grafik dari tabel 4.7 sebagai berikut:



Gambar 4. 24 Grafik arus, tegangan dan daya alat penyiraman tanaman

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin kecil nilai PWM yang dibutuhkan maka daya yang dihasilkan akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya semakin besar atau cepat nilai PWM yang dibutuhkan atau diinginkan maka daya yang dihasilkan semakin besar. Pengujian alat penyiraman tanaman, daya rata2 yang dikonsumsi alat penyiraman tanaman sebesar 14,19526 Watt dengan lama penyiraman 108 detik.

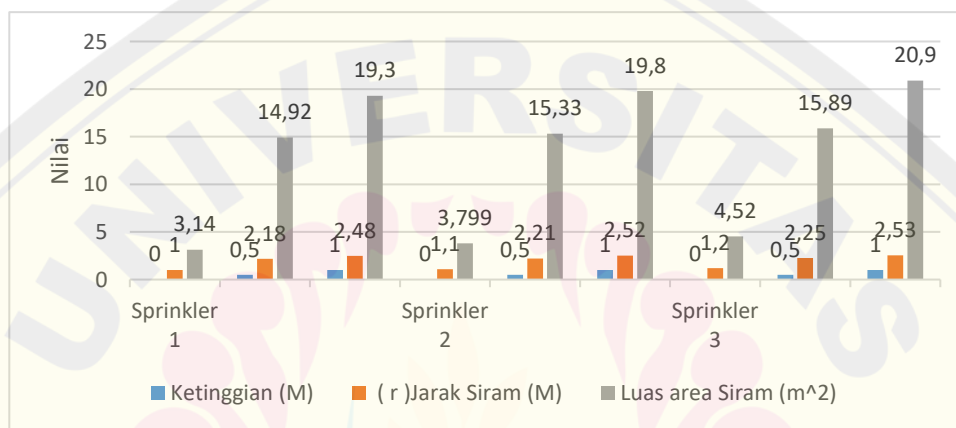
Tabel 4. 9 Konsumsi daya pada alat penyiraman tanaman otomatis

Uraian	Daya(Watt)
Daya Output	
Pompa	13,8
Arduino Uno	2,5
NodeMCU ESP8266	0,12
Solenoid valve DC	7,08
Relay	0,6
Daya input	
kapasitas Max. solar cell 1 hari	225
Baterai 12V 18 Ah	216

Dari tabel 4.9 konsumsi daya penyiraman tanaman otomatis dapat dianalisis bahwa panel surya yang digunakan sebesar 50 Wp dihasilkan daya tertinggi atau maksimal panel surya 50 watt (kondisi matahari terik) sedangkan penyinaran matahari waktu optimalnya 4,5 hingga 5 jam dalam satu hari, sehingga kapasitas maksimal dalam satu hari yang dihasilkan panel surya 50 WP sebesar 225 watt. Total daya untuk mengoperasikan penyiraman tanaman otomatis dibutuhkan daya 24,11 Watt. Total daya yang dikonsumsi beban sebesar 24,1 Watt dengan penggunaan baterai 12V 18 Ah tanpa suplai dari solar cell dapat bertahan 8,9 jam secara kontinyu sedangkan penggunaan baterai 12V 18 Ah disuplai panel surya 50 Watt dapat bertahan 18,29 jam secara kontinyu . ketika diasumsikan 15 kali penyiraman dalam 1 hari maka daya beban yang dibutuhkan sebesar 246,34 Watt sehingga penggunaan baterai 12 V 18 Ah disuplai dengan panel surya 50 Watt mampu bertahan 4,7 hari sedangkan penggunaan baterai 12 V 18 Ah tanpa suplai panel surya mampu bertahan 2,3 hari.

Tabel 4. 10 Hasil jarak penyiraman tanaman

Ketinggian (M)	Sprinkler 1			Sprinkler 2			Sprinkler 3		
	0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1
Jarak Siram (r) (M)	1	2,18	2,48	1,1	2,21	2,52	1,2	2,25	2,53
Luas area Siram (M)	3,14	14,92	19,3	3,799	15,33	19,8	4,52	15,89	20,9

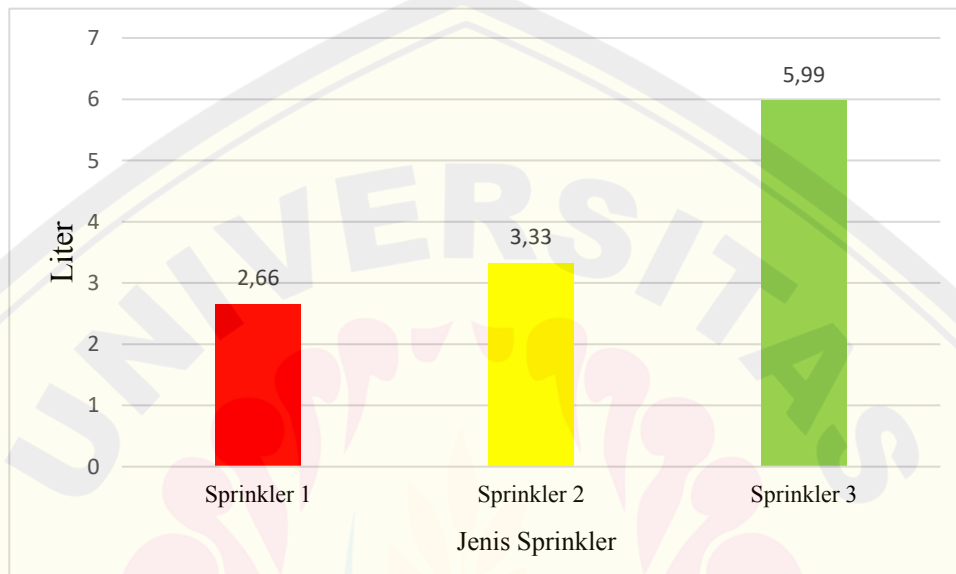


Gambar 4. 25 Grafik hasil jangkauan penyiraman tanaman

Pada gambar 4.25 grafik hasil jangkauan penyiraman tanaman dengan ketinggian sprinkler yang sama yaitu 0 cm dihasilkan jarak dan luas area siram yang berbeda, sprinkler 3 dihasilkan jangkauan jarak siram lebih jauh dan luas area siram lebih luas dibandingkan dengan sprinkler 2 dan sprinkler 1 meskipun kecepatan pompa pada mengalir sprinkler 1 lebih besar dibandingkan dengan kecepatan pompa ketika mengalir sprinkler 2 dan sprinkler 3, hal ini dikarenakan pengaturan atau penempatan pompa dekat dengan saluran atau jalur yang mengalir sprinkler 3, oleh sebab itu meskipun pompa semakin melambat namun performa penyiraman tetap terjaga, karena penempatan pompa mempengaruhi performa penyiraman tanaman. Semakin tinggi sprinkler ditempatkan maka jangkauan penyiraman semakin luas.

Tabel 4. 11 Hasil debit air

	Sprinkler 1	Sprinkler 2	Sprinkler 3
Waktu (s)	24	30	54
debit (liter)	2,66	3,33	5,99
Total	11,98 liter		



Gambar 4. 26 Grafik hasil debit air penyiraman tanaman

Dari gambar 4.26 grafik hasil debit air penyiraman dapat dianalisis bahwa waktu penyiraman berbanding lurus dengan debit air penyiraman semakin lama penyiraman maka debit air yang dihasilkan semakin banyak, begitu juga sebaliknya semakin cepat penyiraman maka debit air yang dihasilkan semakin sedikit. Sprinkler 3 lebih banyak air yang dikeluarkan hal ini dikarenakan waktu penyiraman lebih lama dibandingkan sprinkler 2 dan sprinkler 1. Total 1 kali penyiraman tanaman membutuhkan 11,98 Liter. Jika dalam 1 hari 15 kali penyiraman maka dibutuhkan air 179,7 liter per hari, maka volume air dengan 400 liter mampu bertahan selama 2 hari.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

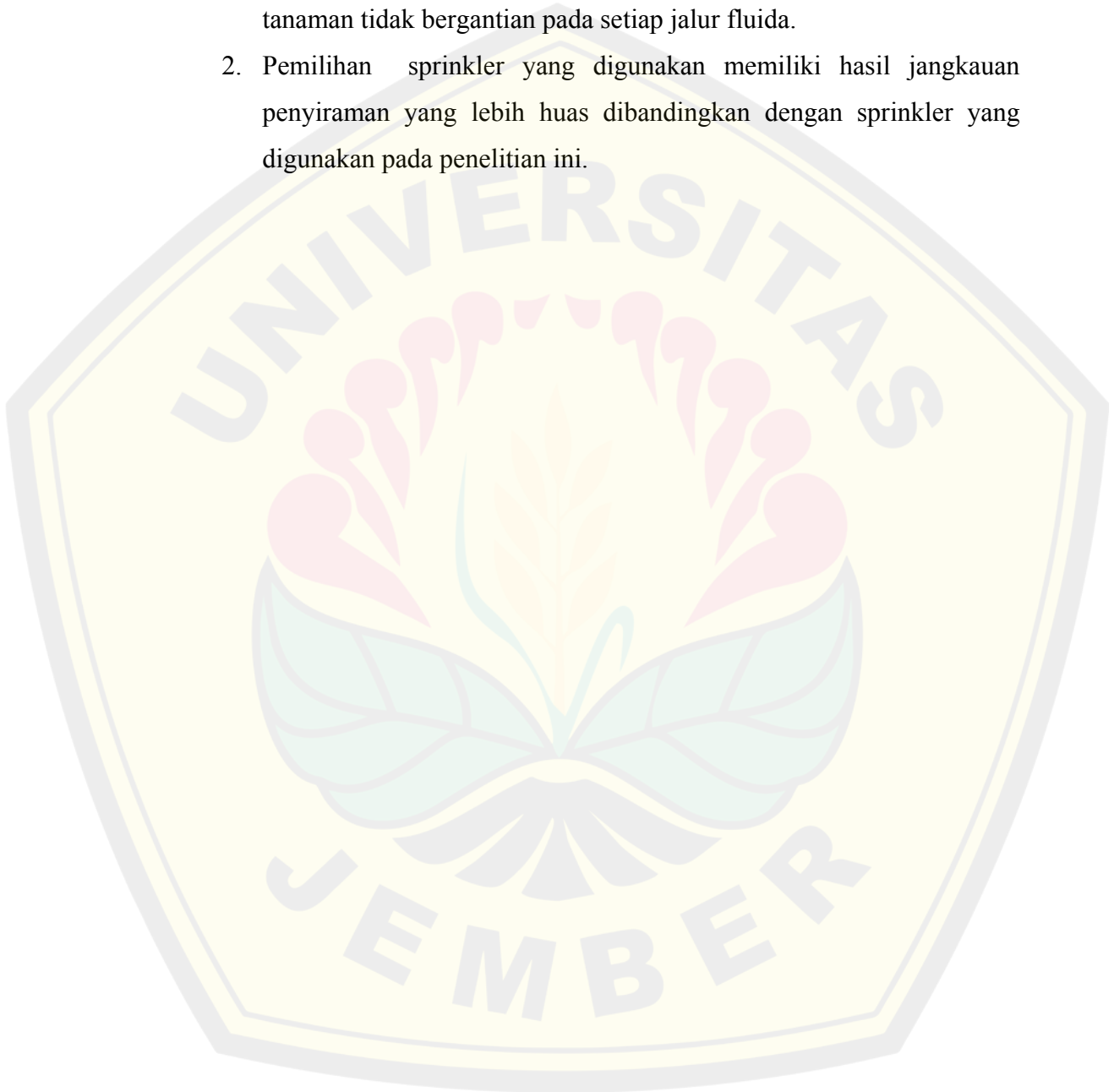
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan pada penelitian “Rancang Bangun Penyiraman Tanaman Otomatis Bertenaga Sel Surya dan berbasis *Internet of Things*” sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan sumber listrik panel surya 50 Wp dengan baterai 12V 18 Ah. Penyiraman tanaman berdasarkan nilai kelembaban semakin mendekati nilai setpoint maka kecepatan pompa akan semakin melambat. Nilai sensor kelembaban tanah, kondisi valve termonitoring dan tekontrol oleh aplikasi Blynk.
2. Cara kerja alat penyiraman tanaman berdasarkan nilai kelembaban tanah, semakin nilai kelembaban tanah mendekati nilai SetPoint maka pompa akan semakin melambat. ketiga solenoid valve juga bekerja berdasarkan nilai ketiga sensor kelembaban tanah. ketiga valve bekerja membuka katup secara bergantian yang diawali kondisi solenoid valve 1. Nilai ketiga sensor kelembaban tanah, kecepatan pompa dan kondisi ketiga solenoid valve termonitoring oleh LCD dan aplikasi Blynk dan nilai setpoint dapat diatur atau diseting pada aplikasi Blynk
3. Kinerja yang dihasilkan pada alat penelitian ini bekerja dengan baik dibuktikan dengan penggunaan baterai 12V 18 Ah dengan penggunaan 1 unit panel surya 50 WP mampu mencukupi kebutuhan penyiraman tanaman otomatis dalam waktu 4 hari. nilai ketiga sensor termonitoring dengan baik dan setting nilai setpoint kelembaban pada aplikasi Blynk terkirim dengan baik. Hasil jangkauan penyiraman tanaman pada setiap sprinkler tetap merata meskipun nilai pompa semakin melambat, dan nilai kelembaban ketiga daerah terjaga tidak kelebihan maupun kekurangan air.

5.2 Saran

Saran terkait penelitian Rancang Bangun Penyiraman Tanaman Otomatis bertenaga Sel Surya dan berbasis *IoT (Internet Of Things)* sebagai berikut :

1. Pompa yang digunakan sebaiknya memiliki daya dorong yang lebih besar dibandingkan pompa pada penelitian ini, sehingga penyiraman tanaman tidak bergantung pada setiap jalur fluida.
2. Pemilihan sprinkler yang digunakan memiliki hasil jangkauan penyiraman yang lebih luas dibandingkan dengan sprinkler yang digunakan pada penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- .Adam, N. M., T. Andromeda, dan Y. Christyono. 2019. Perancangan konverter arus searah tipe synchronous buck berbasis ic tl494. *Transient*. 7(4):891.
- Adhyaksa, J. dan K. No. 2016. 270957-analisa-rancangan-sel-surya-dengan-kapas-505ef9b9. 01(02):33–39.
- Ali, M. 2015. Pengaruh dosis pemupukan npk terhadap produksi dan kandungan capsaicin pada buah tanaman cabe rawit (*capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agrosains: Karya Kreatif Dan Inovatif*. 2:171–178.
- Barlianto, A., D. Setiabudi, dan R. Lim. 2021. Sistem monitoring solar charge controller menggunakan raspberry pi 3 secara mobile. *Jurnal Infra*. 9(1)
- Budi, W. S. 2020. Monitoring denyut jantung menggunakan nodemcu esp8266 secara real time berbasis internet. 1–62.
- Danny Santoso Mintonoro. 2000. Strategi aplikasi sel surya (photovoltaic cells) pada perumahan dan bangunan komersial. *DIMENSI (Jurnal Teknik Arsitektur)*. 28(2):129–141.
- Eko Dewi, A. 2007. Optimalisasi rangkaian panel sel surya dengan menggunakan battery pb-acid sebagai sistem penyimpanan energi surya
- Hasan, H. 2012. Perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau saugi. *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan (JRTK)*. 10(02):169–180.
- Iqtimal, Z. dan I. Devi. 2018. Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air. *Kitektro*. 3(1):1–8.
- Irwansyah, M., D. Istardi, dan N. Batam. 2013. Pompa air aquarium menggunakan solar panel. *JURNAL INTEGRASI*. 5(1):85–90.
- Jatmiko, W., P. W. Ciptadi, dan H. Hardyanto. 2021. Sistem penyiram tanaman otomatis berbasis mikrokontroler dan panel surya. *Seri Prosiding Seminar Nasional Dinamika Informatika*. Vol. 5:199–203.
- Nalendra, A. K. dan M. Mujiono. 2020. Perancangan perancangan iot (internet of things) pada sistem irigasi tanaman cabai. *Generation Journal*. 4(2):61–68.
- Novriza Alam, E. 2020. IoT in agriculture. *2020 International Conference on Computational Performance Evaluation, ComPE 2020*. 03(01):844–847.

- Pahlevi, R. 2014. PENGUJIAN karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya
- Priyono, A. dan P. Triadyaksa. 2020. Sistem penyiram tanaman cabai otomatis menjaga kelembaban tanah berbasis esp8266. *Berkala Fisika*. 23(3):91–100.
- Riswandi. 2019. Sistem kontrol vertical garden menggunakan nodemcu esp8266 berbasis android. 1–74.
- Samsugi, S., Z. Mardiyansyah, dan A. Nurkholis. 2020. Sistem pengontrol irigasi otomatis menggunakan mikrokontroler arduino uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*. 1(1):17.
- Sekti, B. M. 2015. Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya menggunakan teknologi solar cell untuk charger laptop bagi mahasiswa ist akprind yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*. 2:42–49.
- Sine, T. T., E. Suprpto, dan Fahrizal. 2021. Disain sprinkler cerdas untuk efisiensi penyiraman tanaman di lahan kering. *Universitas Nusa Cendana*. 1–57.
- Sirait, S. dan S. Maryati. 2019. Sistem kontrol irigasi sprinkler otomatis bertenaga surya di kelompok tani kecamatan meureubo kabupaten aceh barat. *Jurnal Irigasi*. 13(1):55.
- Sirait, S., D. Santoso, dan S. Egra. 2020. Teknologi irigasi otomatis bertenaga surya di kelompok tani cahaya tani kecamatan tarakan utara kota tarakan. *J-PEN Borneo : Jurnal Ilmu Pertanian*. 2(2):60–67.
- Sirait, S., S. K. Saptomo, dan M. Y. J. Purwanto. 2015. Rancang bangun sistem otomatisasi irigasi pipa lahan sawah berbasis tenaga surya. *Jurnal Irigasi*. 10(1):21.
- Somantri dan C. Mamun. 2021. SISTEM monitoring pemeliharaan tanaman cabe berbasis internet of things (iot) menggunakan mobile apps. *Indonesia Sosial Teknologi*. 2(4):679–690.
- Sopandi, J., A. Stefanie, dan D. B. Santoso. 2021. 5592-hasil penelitian-14391-1-10-20210921. 1(1)
- Sukoco, Agus, Yuli Endra, R. 2021. Warganet meningkat, indonesia perlu tingkatkan nilai budaya di internet. *Kominfo*. 2(2):205.

- Suryana, D. dan M. M. Ali. 2016. Effect of temperature agains voltage that produced by solar panels, monocrystalline type (case study: baristand industri surabaya). translate: pengaruh temperatur / suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus : ba. 2(1):5–8.
- Tamba, S. P., A. H. M. Nasution, S. Indriani, N. Fadhilah, dan C. Arifin. 2019. Pengontrolan lampu jarak jauh dengan nodemcu menggunakan blynk. *Jurnal Teknik Informasi Dan Komputer (Tekinkom)*. 2(1):93–98.
- Thowil Afif, M. dan I. Ayu Putri Pratiwi. 2015. Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik - review. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 6(2):95–99.
- Tullah, R., Sutarman, dan A. H. Setyawan. 2019. Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler arduino uno pada toko tanaman hias yopi. *Jurnal Sisfotek Global*. 9(1):100–105.
- Utari, E. L. 2017. Perancangan alat inducsion heating pada pengolahan teh sangrai dengan teknologi energi terbarukan (solar cell). *Teknoin*. 23(3):211–222.
- Warsito, A., E. Adriono, My. Nugroho, dan B. Winardi. 2013. Dipo pv cooler, penggunaan sistem pendingin temperatur heatsink fan pada panel sel surya (photovoltaic) sebagai peniingkatan kerja energi listrik baru terbarukan. *Transient*. 2(3):499–503.
- Yana, K. L., K. R. Dantes, dan N. A. Wigraha. 2017. Rancang bangun mesin pompa air dengan sistem recharging. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*. 5(2)

LAMPIRAN

Lampiran1. Listing Program Arduino Uno

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include<SoftwareSerial.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
SoftwareSerial ArduinoUno(3, 2);
const int pwm = 5;

int k1 = A0;
int k2 = A1;
int k3 = A2;
//unsigned long waktu;
bool lembab1, lembab2, lembab3;

#include <Fuzzy.h>

// Instantiating a Fuzzy object
Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();
float Derror_fuzzy = 0;

//=====Fuzzy Mamdani =====

// Fuzzy input ERROR
FuzzySet *negatif1 = new FuzzySet(0, 0, 0, 0.5);
FuzzySet *zerol = new FuzzySet(0, 0.5, 0.5, 1);
FuzzySet *positif1 = new FuzzySet(0.5, 1, 1, 1);

```



```
// Fuzzy input delta ERROR
FuzzySet *negatif2    = new FuzzySet(0, 0, 0, 0.4);
FuzzySet *zero2      = new FuzzySet(0, 0.5, 0.5, 1);
FuzzySet *positif2   = new FuzzySet(0.5, 1, 1, 1);

// Fuzzy output Duty cycle
FuzzySet *negatif3    = new FuzzySet(150, 150, 150,
200);
FuzzySet *zero3      = new FuzzySet(150, 200, 200,
250);
FuzzySet *positif3   = new FuzzySet(200, 250, 250,
250);

int SetPoint = 70;
int DC ;
float Sensor1;
float Sensor2;
float Sensor3;

const int valve1 = 6;
const int valve2 = 7;
const int valve3 = 8;
byte Led1;
byte Led2;
byte Led3;

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(9600);
    delay(1000);
    lcd.init();                // initialize the lcd
    lcd.init(); // Print a message to the LCD.
```

```
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Renewble Energy!");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Penyiraman Tanaman!!");
delay(3000);
lcd.clear();
ArduinoUno.begin(4800);
pinMode (pwm, OUTPUT);
pinMode (Led1, OUTPUT);
pinMode (Led2, OUTPUT);
pinMode (Led3, OUTPUT);
pinMode (valve1, OUTPUT);
pinMode (valve2, OUTPUT);
pinMode (valve3, OUTPUT);

//=====FUZZY=====
// Instantiating a FuzzyInput object ERROR
FuzzyInput *error = new FuzzyInput(1);
error->addFuzzySet(negatif1);
error->addFuzzySet(zero1);
error->addFuzzySet(positif1);
fuzzy->addFuzzyInput(error);

// Instantiating a FuzzyInput object Delta ERROR
FuzzyInput *Derror = new FuzzyInput(2);
Derror->addFuzzySet(negatif2);
Derror->addFuzzySet(zero2);
Derror->addFuzzySet(positif2);
fuzzy->addFuzzyInput(Derror);
```

```
// Instantiating a FuzzyOutput objects Duty Cycle
FuzzyOutput *Dcycle = new FuzzyOutput(1);
Dcycle->addFuzzySet(negatif3);
Dcycle->addFuzzySet(zero3);
Dcycle->addFuzzySet(positif3);
fuzzy->addFuzzyOutput(Dcycle);

// ===== Rules 1 =====
FuzzyRuleAntecedent *negatif1_negatif2 = new
FuzzyRuleAntecedent();
negatif1_negatif2->joinWithAND(negatif1, negatif2);

FuzzyRuleConsequent *Dcycle_positif3_1 = new
FuzzyRuleConsequent();
Dcycle_positif3_1->addOutput(positif3);

FuzzyRule *fuzzyRule1 = new FuzzyRule(1,
negatif1_negatif2, Dcycle_positif3_1);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule1);

// ===== Rules 2 =====
FuzzyRuleAntecedent *negatif1_zero2 = new
FuzzyRuleAntecedent();
negatif1_zero2->joinWithAND(negatif1, zero2);

FuzzyRuleConsequent *Dcycle_positif3_2 = new
FuzzyRuleConsequent();
Dcycle_positif3_2->addOutput(positif3);

FuzzyRule *fuzzyRule2 = new FuzzyRule(2,
negatif1_zero2, Dcycle_positif3_2);
```

```
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule2);

// ===== Rules 3 =====
FuzzyRuleAntecedent *negatif1_positif2 = new
FuzzyRuleAntecedent();
negatif1_positif2->joinWithAND(negatif1, positif2);

FuzzyRuleConsequent *Dcycle_positif3_3 = new
FuzzyRuleConsequent();
Dcycle_positif3_3->addOutput(positif3);

FuzzyRule *fuzzyRule3 = new FuzzyRule(3,
negatif1_positif2, Dcycle_positif3_3);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule3);

// ===== Rules 4 =====
FuzzyRuleAntecedent *zerol_negatif2 = new
FuzzyRuleAntecedent();
zerol_negatif2->joinWithAND(zerol, negatif2);

FuzzyRuleConsequent *Dcycle_positif3_4 = new
FuzzyRuleConsequent();
Dcycle_positif3_4->addOutput(positif3);

FuzzyRule *fuzzyRule4 = new FuzzyRule(4,
zerol_negatif2, Dcycle_positif3_4);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule4);

// ===== Rules 5 =====
FuzzyRuleAntecedent *zerol_zero2 = new
FuzzyRuleAntecedent();
```

```
zerol_zero2->joinWithAND(zerol, zero2);

FuzzyRuleConsequent      *Dcycle_zero3_5      =      new
FuzzyRuleConsequent ();
Dcycle_zero3_5->addOutput(zero3);

FuzzyRule *fuzzyRule5 = new FuzzyRule(5, zerol_zero2,
Dcycle_zero3_5);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule5);

// ===== Rules 6 =====
FuzzyRuleAntecedent      *zerol_positif2      =      new
FuzzyRuleAntecedent ();
zerol_positif2->joinWithAND(zerol, positif2);

FuzzyRuleConsequent      *Dcycle_negatif3_6    =      new
FuzzyRuleConsequent ();
Dcycle_negatif3_6->addOutput(negatif3);

FuzzyRule      *fuzzyRule6      =      new      FuzzyRule(6,
zerol_positif2, Dcycle_negatif3_6);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule6);

// ===== Rules 7 =====
FuzzyRuleAntecedent      *positif1_negatif2    =      new
FuzzyRuleAntecedent ();
positif1_negatif2->joinWithAND(positif1, negatif2);

FuzzyRuleConsequent      *Dcycle_negatif3_7    =      new
FuzzyRuleConsequent ();
Dcycle_negatif3_7->addOutput(negatif3);
```

```
FuzzyRule      *fuzzyRule7      =      new      FuzzyRule(7,
positif1_negatif2, Dcycle_negatif3_7);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule7);

// ===== Rules 8 =====
FuzzyRuleAntecedent      *positif1_zero2      =      new
FuzzyRuleAntecedent();
positif1_zero2->joinWithAND(positif1, zero2);

FuzzyRuleConsequent      *Dcycle_negatif3_8      =      new
FuzzyRuleConsequent();
Dcycle_negatif3_8->addOutput(negatif3);

FuzzyRule      *fuzzyRule8      =      new      FuzzyRule(8,
positif1_zero2, Dcycle_negatif3_8);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule8);

// ===== Rules 9 =====
FuzzyRuleAntecedent      *positif1_positif2      =      new
FuzzyRuleAntecedent();
positif1_positif2->joinWithAND(positif1, positif2);

FuzzyRuleConsequent      *Dcycle_negatif3_9      =      new
FuzzyRuleConsequent();
Dcycle_negatif3_9->addOutput(negatif3);

FuzzyRule      *fuzzyRule9      =      new      FuzzyRule(9,
positif1_positif2, Dcycle_negatif3_9);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule9);

}
```

```
void loop() {

    // put your main code here, to run repeatedly:
    /*ADC = analogRead(pot);
    float DC = ADC / 4;*/ //Program konversi nilai ADC
-> DC
    while (ArduinoUno.available() > 0) {
        int datamasuk = ArduinoUno.parseInt();
        if (datamasuk != 0) SetPoint = datamasuk;
    }

    Serial.print("setpoint = ");
    Serial.println(SetPoint);
    soil();

    if (Sensor1 <= SetPoint )
    {
        fuzzylc();
        analogWrite(pwm, DC); //Program Atur PWM (0-255)
        digitalWrite(valve1, HIGH);
        digitalWrite(valve3, LOW);
        digitalWrite(valve2, LOW);
        Led1 = 255;
        Led2 = 0;
        Led3 = 0;
    }
    else if (Sensor2 <= SetPoint)
    {
        //hidupkan sele selanjutnya
        fuzzylc();
    }
}
```

```
    analogWrite(pwm, DC); //Program Atur PWM (0-255)
    digitalWrite(valve2, HIGH);
    Led2 = 255;
    delay(500);
    //matikan sele sebelumnya
    digitalWrite(valve1, LOW);
    digitalWrite(valve3, LOW);
    Led1 = 0;
    Led3 = 0;
}
else if (Sensor3 <= SetPoint)
{
    //hidupkan sele selanjutnya
    fuzzzylc();
    analogWrite(pwm, DC); //Program Atur PWM (0-255)
    digitalWrite(valve3, HIGH);
    Led3 = 255;
    delay(500);
    //matikan sele sebelumnya
    digitalWrite(valve1, LOW);
    digitalWrite(valve2, LOW);
    Led1 = 0;
    Led2 = 0;
}
else if (Sensor1 >= SetPoint && Sensor2 >= SetPoint
&& Sensor3 >= SetPoint)
{
    DC = 0;
    analogWrite(pwm, DC);
    delay(1000);
}
```



```
//matikan semua sele
digitalWrite(valve1, LOW);
digitalWrite(valve2, LOW);
digitalWrite(valve3, LOW);
Led1 = 0;
Led2 = 0;
Led3 = 0;
}
float dutycycle = DC / 2.55; //Nilai persen Duty Cycle

ArduinoUno.print(Led1);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
ArduinoUno.print(Led2);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
ArduinoUno.print(Led3);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
ArduinoUno.print(Sensor1);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
ArduinoUno.print(Sensor2);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
ArduinoUno.print(Sensor3);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
ArduinoUno.print(DC);
ArduinoUno.println('\n');
delay(50);
```

```
//lcd
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("S1=");
lcd.print(Sensor1);
lcd.setCursor(12, 0);
lcd.print("V1=");
lcd.print(digitalRead(valve1));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("S2=");
lcd.print(Sensor2);
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print("V2=");
lcd.print(digitalRead(valve2));
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("S3=");
lcd.print(Sensor3);
lcd.setCursor(12, 2);
lcd.print("V3=");
lcd.print(digitalRead(valve3));
lcd.setCursor(12, 3);
lcd.print("DC=");
lcd.print(DC);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("tm=");
lcd.print(millis() / 1000.0);
lcd.print(" ");
}
```

```
void fuzzylc()
```

```
{
    float input1 = (Sensor1 + Sensor2 + Sensor3) /
    (((SetPoint) * 3) + 3);
    float input2 = Derror_fuzzy;

    fuzzy->setInput(1, input1);
    fuzzy->setInput(2, input2);

    fuzzy->fuzzify();

    float dutycycle_fuzzy = fuzzy->defuzzify(1);

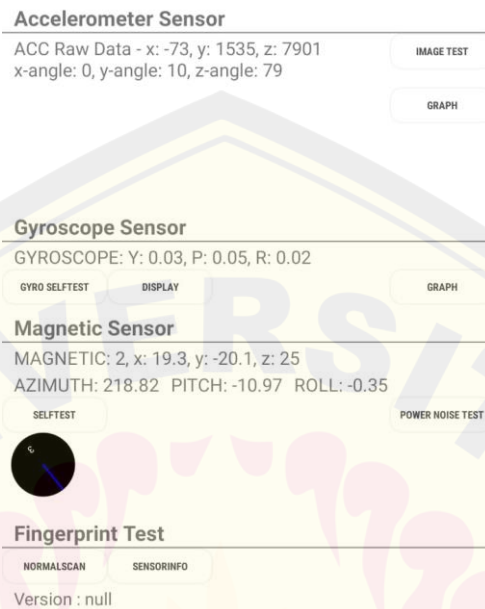
    DC = dutycycle_fuzzy;
    Derror_fuzzy = 0;
}

void soil() {
    Sensor1 = map(analogRead(k1), 250, 1023, 100, 0);
    Sensor2 = map(analogRead(k2), 250, 1023, 100, 0);
    Sensor3 = map(analogRead(k3), 250, 1023, 100, 0);

    Serial.print(" Kelembapan1 = ");
    Serial.print(Sensor1);
    Serial.print("%");
    Serial.print(" Kelembapan2 = ");
    Serial.print(Sensor2);
    Serial.print("%");
    Serial.print(" Kelembapan3 = ");
    Serial.print(Sensor3);
    Serial.print("%");
}
```

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

Gambar 1. Sudut Kemiringan Panel Surya



Gambar 2. Pengujian panel Surya



Gambar 3. Pengujian (*Internet of Things*)



Gambar 4. Pengujian Alat penyiraman tanaman

