

Implementasi FLC pada Soil Moisture dan Suhu Greenhouse Stroberi Berbasis IOT

IOT-Based Implementation of FLC on Strawberry Greenhouse's Soil Moisture and Temperature

Amtha Setio Prabasworo^{1*}, Denda Dewatama², Mila Fauziyah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang,

Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia, Telp (0341) 404424

amthaprabasworo@gmail.com^{1*}, denda.dewatama@polinema.ac.id², mila.fauziyah@polinema.ac.id³

Abstrak – Stroberi merupakan salah satu buah yang sering dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari. Selain untuk olahan makanan, stroberi juga dikonsumsi dalam kondisi segar. Menurut Badan Pusat Statistik, produksi stroberi Indonesia tahun 2021 sebesar 9.860 ton meningkat 31 % dari tahun 2019, dimana jumlah produksi tahun 2010 sebanyak 7.501 ton. Untuk mendapatkan buah stroberi yang segar tentunya memerlukan treatment khusus dalam pertumbuhan tanaman tersebut. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tumbuh kembang stroberi seperti kelembaban udara, udara suhu, dan soil moisture. Pada penelitian ini dilakukan sebuah pengembangan sistem kontrol soil moisture dan suhu udara pada greenhouse dalam proses budidaya stroberi yang dapat dimonitor melalui IoT. Metode yang digunakan untuk mengontrol suhu dan soil moisture adalah sistem inferensi Fuzzy Mamdani dengan setpoint kontrol soil moisture sebesar 6,5 Hum dan suhu sebesar 20°C. Berdasarkan dari hasil pengujian soil moisture didapatkan hasil waktu tunda (td) sebesar 40 detik, time settling (ts) sebesar 200 detik, dan waktu naik (tr) sebesar 171 detik. Pada pengujian suhu terdapat waktu tunda (td) sebesar 60 detik, settling time (ts) sebesar 120 detik, dan waktu naik (tr) sebesar 114 detik.

Kata Kunci: FLC, Suhu, Soil Moisture, Greenhouse, Stroberi, IoT

Abstract – Strawberries are commonly consumed everyday whether being processed or consumed fresh. Strawberry production has been increasing along the years in Indonesia. According to the Central Statistics Agency, Indonesia's strawberry production in 2021 reached 9,860 tons, a 31% increase from 2019, where the production was 7,501 tons. In order to have a good strawberries, we need to use special treatment for controlling the factor that influenced the growing process. There are several factors that influence the growing process of strawberries, which are changes in weather, air temperature, humidity, and soil moisture. This research focuses on the control system for soil moisture and air temperature in a greenhouse during strawberry cultivation. The study employs a Mamdani fuzzy inference system with a soil moisture control setpoint of 6.5 Hum and a temperature of 20°C. Based on the results of the Soil Moisture testing, the obtained values are a delay time (td) of 40 seconds, a settling time (ts) of 200 seconds, and a rise time (tr) of 171 seconds. In the temperature testing, there is a delay time (td) of 60 seconds, a settling time (ts) of 120 seconds, and a rise time (tr) of 114 seconds.

Keywords: FLC, Temperature, Soil Moisture, Greenhouse, Stroberi, IoT

1. Pendahuluan

Salah satu perkembangan teknologi budidaya tanaman saat ini yaitu sistem kontrol budidaya tanaman dan *monitoring* menggunakan *Internet of Things (IoT)*. IoT merupakan proses timbal balik antara perangkat keras dan aplikasi melalui jaringan internet dan memiliki kemampuan untuk mengirim data tanpa memerlukan interaksi antar komputer dan manusia sehingga bisa menjadi teknologi bantu bagi manusia [1][2]. Keunggulan lain dari IoT adalah pengiriman data secara *real time* [3]. IoT memungkinkan terhubung dan dimanfaatkan pada sektor budidaya tanaman karena terdapat berbagai macam mikrokontroler sebagai pusat proses dari berbagai sensor dan internet [4]. Sistem kontrol dan *monitoring* menggunakan IoT adalah salah satu hal terkini di dunia teknologi budidaya tanaman konvensional yang kemungkinan besar akan populer di masa depan, dengan cara penyambungan alat-alat fisik seperti sensor suhu, sensor *soil moisture*, sensor kelembaban udara, dan lainnya yang dapat terhubung ke internet secara terus-menerus dan dapat dikontrol pada jarak jauh melalui salah satunya smartphone pengguna [5].

Stroberi sendiri merupakan tanaman buah herba dan salah satu jenis tanaman buah-buahan yang memiliki nilai jual yang tinggi dan mempunyai banyak manfaat [6]. Menurut Badan Pusat Statistik, produksi stroberi Indonesia tahun 2021 sebesar 9.860 ton meningkat 31 % dari tahun 2019, dimana jumlah produksi tahun 2010 sebanyak 7.501 ton [7]. Di daerah tropis seperti Indonesia, pertumbuhan stroberi akan baik pada ketinggian lebih dari 600 mdpl, suhu udara optimum 17°C - 20°C pada kelembaban udara relatif (RH) yang tinggi 80–90%, sehingga tidak mengalami stress [8]. *Soil moisture* yang berlebih pada stroberi menyebabkan akar busuk, sedangkan kekurangan air dapat mengakibatkan stress pada tanaman [8]. Sehingga stroberi membutuhkan tanah yang lembab yang bernilai 40 – 70 %. Menurut Badan Pusat Statistika, Kota Batu memiliki 900-1.000 mdpl dengan kemiringan 15-25°, Kelembaban nisbi 75-98% dengan suhu sekitar 18 – 28°C. Curah hujan 1.540 mm/tahun penyinaran matahari pada musim penghujan 5 jam per hari dan pada musim kemarau 8 sampai 10 jam per hari [9]. Suhu Kota Batu berbanding imbang dengan suhu yang diperlukan untuk menanam tanaman stroberi yaitu 17°C s/d 20°C. Metode yang cocok untuk membudidayakan stroberi adalah dengan penanaman di lahan tertutup, yaitu di dalam *greenhouse*. Budidaya tanaman hortikultura dapat memanfaatkan *greenhouse* [10]. Penanaman stroberi di *greenhouse* juga dapat menghindarkan tanaman dan buah menjadi busuk saat musim hujan [11].

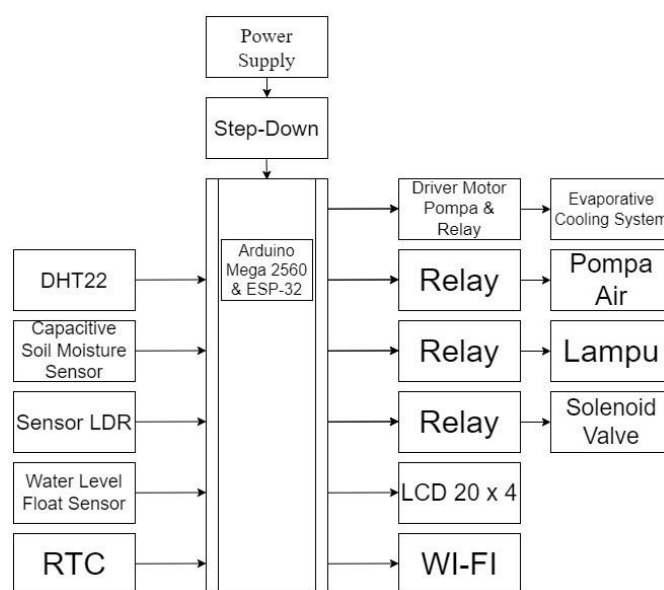
Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi agar bisa tumbuh dan berbuah dengan baik seperti perubahan cuaca, suhu udara, kelembaban udara, *soil moisture*. Permasalahan tersebut dapat ditanggulangi dengan budidaya menggunakan *greenhouse*. Saat ini *greenhouse* konvensional sudah banyak diterapkan dalam proses budidaya stroberi. Penelitian mengenai kontrol suhu dan *soil moisture* pada *greenhouse* stroberi telah banyak dan berhasil diterapkan menggunakan kontrol on-off [5] [12] [13]. Terdapat kontrol suhu udara pada *greenhouse* stroberi yang telah dilakukan menggunakan *mistmaker* dan peltier sebagai aktuator [14][15]. Aktuator tersebut tidak dapat diterapkan pada *greenhouse* stroberi dalam skala besar. Kota Batu merupakan salah satu kota yang terdapat petani stroberi. Budidaya tanaman stroberi yang umum digunakan saat ini menggunakan metode konvensional dan kurang efektif dilakukan di kota batu, sehingga petani sulit untuk mengontrol dan *monitoring* proses penyiraman, pencahayaan, dan mempertahankan suhu dan kelembaban, yang menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman dan buah. Berdasarkan hal tersebut dibuat *greenhouse* dengan kontrol kelembaban udara dan tanah menggunakan metode *fuzzy* berbasis IoT.

2. Metode Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan tentang blok diagram, perancangan elektrik, *software*, *Fuzzy Logic Controller (FLC)* dan metode penelitian termasuk menentukan nilai eror, delta eror, dan *rule* metode *fuzzy* yang digunakan sistem.

2.1. Blok Diagram

Penelitian ini menggunakan 4 input berupa sensor DHT22, *capacitive soil moisture sensor*, sensor LDR, *water level float sensor*, dan RTC. Pada penelitian ini, dilakukan pengaturan *soil moisture* dan suhu udara di dalam *greenhouse* menggunakan logika *fuzzy*. Suhu udara pada *greenhouse* dibaca menggunakan sensor DHT22 dengan aktuator *evaporating cooling system*. Kontrol cahaya pada penelitian ini menggunakan kontrol *on-off* dengan *setpoint* 17391 lux. Input pada penelitian ini menggunakan LDR dengan aktuator lampu LED tiga mata. Pengisian pada *mini tank* menggunakan kontrol *on-off*. Sistem ini menggunakan *water level float sensor* untuk mendeteksi apakah air mencukupi ketinggian yang diinginkan, sedangkan pompa air DC digunakan sebagai aktuator kontrol *soil moisture* menggunakan *drip irrigation*. Waktu penyiraman pada penelitian dibatasi dari pukul 06.00 W.I.B hingga 18.00 W.I.B. IoT digunakan pada sistem untuk *monitoring soil moisture*, suhu udara, dan kelembaban udara. Blok diagram simpen secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem.

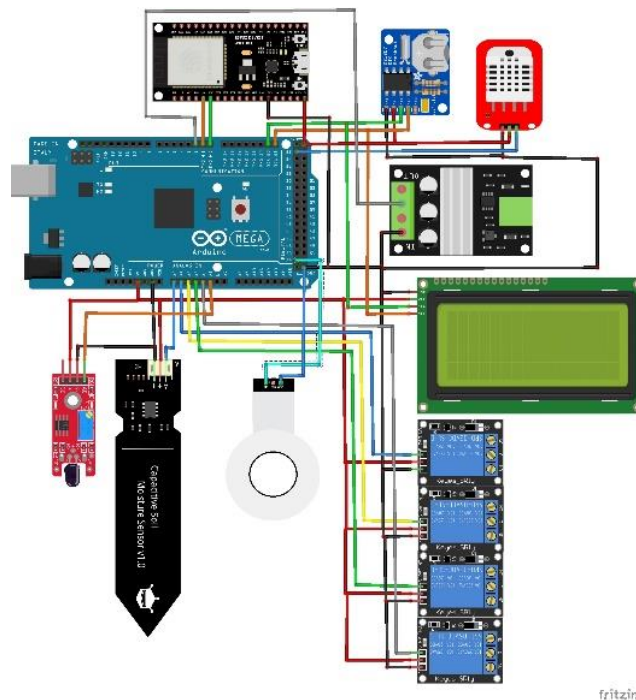
2.2. Perancangan Elektrik

Capacitive moisture sensor digunakan untuk membaca *soil moisture* pada tanaman stroberi. *Capacitive moisture sensor* memiliki tegangan pengoprasian sebesar 3.3 – 5.5 V DC dan tegangan keluaran 0 – 3 V DC. Pada sensor terdapat 3 pin berupa VCC, GND dan keluaran. Keluaran dari sensor ini berupa sinyal analog yang tersambung pada pin A0 Arduino Mega 2560. Pada perancangan ini sensor DHT22 dipilih sebagai pembaca suhu dan kelembaban udara pada *greenhouse* stroberi karena memiliki kemampuan membaca suhu udara hingga 80°C dan kelembaban udara dari 0%-100% RH. Terdapat 3 pin berupa VCC, GND, dan keluaran. Tegangan kerja pada sensor tersebut sebesar +5V DC. Keluaran sensor DHT22 berupa sinyal digital dan tersambung pada pin 22 pada Arduino Mega 2560.

Sensor *Water level float* untuk pengontrolan pengisian air pada *mini tank* karena kemampuannya dalam mendeteksi level air dan ketahanannya dalam air. Sensor tersebut akan berkerja jika level air kurang. Prinsip kerja dari sensor ini seperti *switch*, jika pelampung mengambang kondisi *switch* menjadi *high*. RTC merupakan *module* yang digunakan untuk masukan informasi waktu secara *real-time*, dan waktu tidak akan berubah jika *power supply* rangkaian dalam kondisi mati. RTC memiliki 4 pin yang terhubung ke Arduino Mega 2560 berupa VCC +5V DC, GND, SDA, dan SCL. Pin SDA dan SCL dihubungkan ke pin SDA dan SCL pada Arduino Mega 2560. LDR (Light Dependent Resistor) merupakan resistor yang hambatannya ditentukan berdasarkan intensitas cahaya yang diterima LDR itu sendiri. Naik turunnya nilai

hambatan akan sebanding dengan intensitas cahaya yang diterima. Pada mikrokontroler mengubah keluaran LDR menjadi keluaran terukur ADC rentang 0–1023 seperti analogRead[16]. Pada perancangan sensor LDR ini menggunakan masukan 12 volt dan keluaran analog ke Arduino Mega 2560.

Pada perancangan driver pompa air beban yang digunakan mempunyai tegangan sebesar 12 V dan arus sebesar 3 A berupa pompa motor DC. Pompa motor DC dapat dikontrol kecepatannya menggunakan kontrol PWM dari arduino. PWM adalah cara memanipulasi keluaran digital sehingga menghasilkan keluaran analog [17]. PWM atau *Pulse Width Modulation* merupakan sinyal keluaran yang diatur *high* dan *low* secara bergantian dalam waktu tertentu. Dalam metode digital, perubahan pada sinyal PWM dipengaruhi oleh tingkat resolusi dari sinyal perangkat PWM. Sebagai contoh, pada sinyal PWM digital 8 bit, resolusinya adalah 256 karena 2 pangkat 8 sama dengan 256. Hal ini berarti nilai keluaran sinyal PWM memiliki 256 variasi, dimulai dari 0 hingga 255 yang masing-masing mewakili duty cycle dari 0 hingga 100% dari sinyal PWM tersebut [18]. Pada perancangan *relay module* beban yang digunakan mempunyai tegangan kerja sebesar 12 V dan arus sebesar 30 mA berupa *Relay*. *Relay* berfungsi untuk switch on-off pada keluaran pada sistem. Keluaran yang menggunakan *relay* berupa pompa air, solenoid valve, lampu LED, dan *fan*. *Relay* memiliki 3 pin berupa NC (*Normally Close*), NO (*Normally Open*) dan COM. *Relay* yang digunakan berjenis *relay* 12 Volt. Rangkaian ini dibutuhkan transistor sebagai saklar sehingga transistor berjenis BC547 digunakan sebagai saklar untuk mengaktifkan coil sesuai dengan datasheet. Pin yang dihubungkan ke arduino berupa 4 keluaran analog dari pin A1,A2,A3,A4 dan GND. LCD berfungsi untuk menampilkan *soil moisture*, suhu udara, kelembaban udara, status LED, status *valve*, dan status *fan* dari sistem keseluruhan. LCD memerlukan catu daya sebesar +5V DC. Terdapat 4 pin berupa VCC, GND, SDA, dan SCL. SDA dan SCL dapat diparalel sehingga RTC masih bisa bekerja. Untuk menghubungkan Arduino Mega 2560 dengan internet dibutuhkan perangkat tambahan salah satunya ESP32. ESP32 merupakan *microcontroller* yang dapat terhubung dengan WI-FI untuk keperluan IoT dan masih banyak lagi. Arduino Mega 2560 dihubungkan dengan ESP32 melalui pin RX dan TX melalui *serial communication*. ESP32 membutuhkan tegangan kerja +5V DC. Rangkaian elektrik sistem dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.

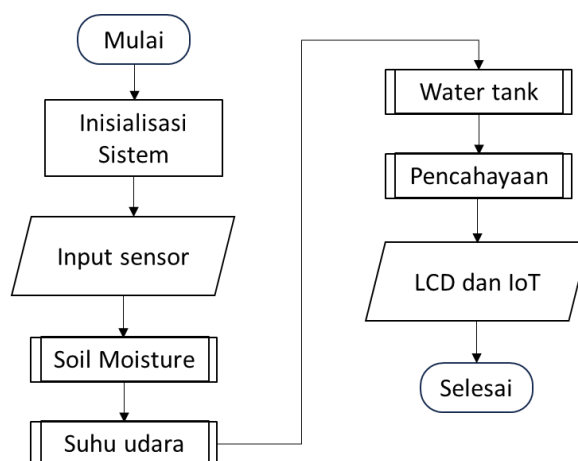


Gambar 2. Rangkaian elektrik sistem.

2.3. Perancangan Software

Rancangan *software* dimulai dari sistem inialisasi pada bagian awal yaitu Arduino Mega 2560 menginisialisasi sensor DHT22, *capacitive moisture sensor*, LDR, RTC DS1307, *water level float sensor* sebagai *input* dan *module* kontrol PWM, relay sebagai keluaran. Selanjutnya dilanjutkan proses *soil moisture*, suhu udara, *water tank*, pencahayaan. Pada proses *soil moisture capacitive moisture sensor* membaca *soil moisture* berupa *input* analog. Selanjutnya berupa proses dari FLC yang menghasilkan keluaran berupa lama durasi relay dalam kondisi *high*. Pada proses suhu untuk memutuskan keluaran PWM dari 0 – 255 sesuai dengan proses FLC yang dihitung. *Module* kontrol PWM digunakan untuk mengatur deras air yang mengalir pada evaporating cooling system. Pada *water tank* menggunakan keputusan menyala atau mati sesuai dengan kondisi masukan. *Mini tank* akan terisi jika masukan adalah 0 begitu pula sebaliknya.

Pada sistem ini, sensor LDR menggunakan gerbang logika *AND Gate*. Keluaran akan aktif ketika LDR membaca intensitas cahaya kurang dari cahaya yang dibutuhkan yaitu 16.000 lux dan waktu membaca di antara pukul 06.00 – 18.00 dan keluaran akan dalam keadaan mati ketika di luar keadaan tersebut. LCD berguna untuk menampilkan status dari lampu aktif atau mati. Flowchart sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



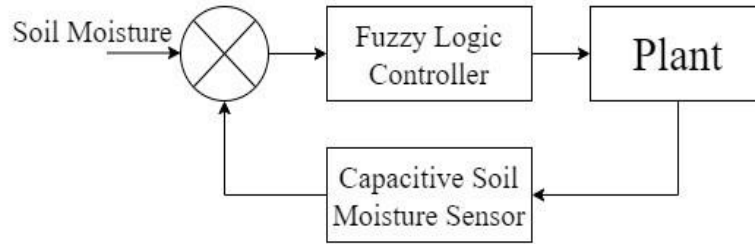
Gambar 3. Flowchart sistem.

2.4. Perancangan FLC

Proses perhitungan menggunakan metode *fuzzy logic controller* melalui beberapa langkah. Langkah pertama dalam membuat perhitungan menggunakan FLC yaitu menyiapkan fungsi keanggotaan yang digunakan sebagai parameter untuk menentukan hasil akhirnya. Fungsi keanggotaan merupakan dasar dari logika *fuzzy* dan merupakan ciri utama dari penggambaran logika *fuzzy*[19]. Selanjutnya input tersebut diolah untuk dijadikan himpunan *fuzzy* yaitu dengan fuzzifikasi. Fuzzifikasi yaitu perhitungan dari bentuk tegas menjadi bentuk himpunan. Masukan fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini adalah kurva segitiga sedangkan keluaran menggunakan single tone. Besarnya derajat keanggotaan untuk setiap nilai pada variabel ditunjukkan oleh fungsi keanggotaan.

2.4.1. Perancangan Membership Function FLC Soil Moisture

Perancangan diagram blok kontrol *soil moisture* menggunakan sistem kontrol *close loop*. *Setpoint* dari perancangan sistem tersebut bernilai 7 sesuai yang dibutuhkan tanaman. Nilai keluaran berpengaruh terhadap nilai FLC karena dari *plant* terdapat *feedback* berupa nilai *soil moisture* dari *capacitive moisture sensor*. Blok kontrol *soil moisture* dapat dilihat pada Gambar 4.

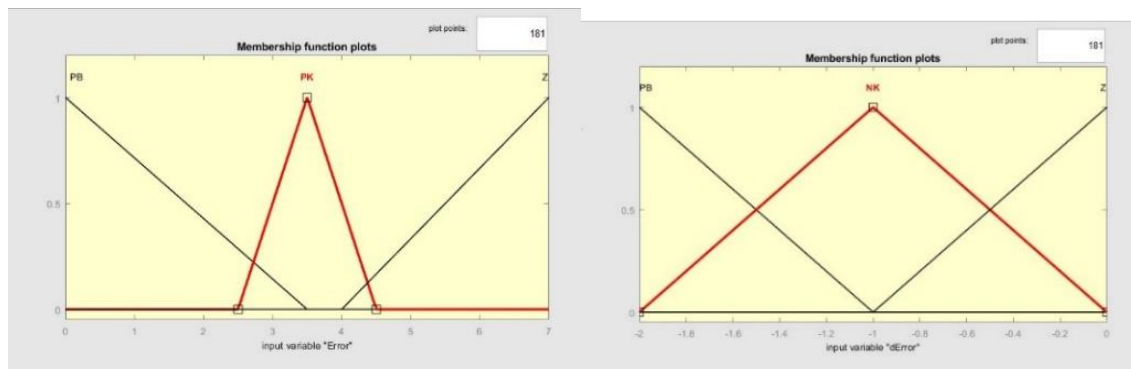


Gambar 4. Blok kontrol *soil moisture*.

Fungsi keanggotaan eror *soil moisture* memiliki *range* antara 1 sampai 7. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat tiga fungsi keanggotaan Positif Besar (PB), Positif Kecil (PK), dan Zero (Z) yaitu: 1) PB dengan *range* 1-3,5; 2) PK dengan *range* 2,5-4,5; 3) Z dengan *range* 4-7. Dari eror kemudian didapatkan delta eror dengan cara menghitung eror maksimal yang didapat dari keluaran hasil uji coba *drip irrigation* paling besar yaitu dengan durasi 3 detik dan didapatkan peningkatan 2 *soil moisture*. Fungsi keanggotaan delta eror *soil moisture* memiliki *range* antara -2 sampai 0. Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat tiga fungsi keanggotaan Negatif Besar (NB), Negatif Kecil (NK), dan Zero (Z) yaitu: 1) NB dengan *range* -2 hingga -1; 2) NK dengan *range* -2 hingga 0; 3) Z dengan *range* -1 hingga 0. Fungsi keanggotaan keluaran yang digunakan merupakan single tone. Pada *soil moisture* terdapat keluaran durasi penyiraman yaitu 0 detik, 1 detik, dan 2 detik. *Range* yang digunakan pada *soil moisture* dari 0 sampai 2. Rule *soil moisture* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Rule soil moisture*.

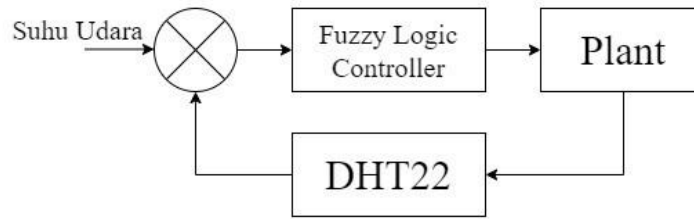
dErr\Err	PB	PK	Z
NB	2	2	0
NK	2	1	0
Z	2	1	0



Gambar 5. Fungsi keanggotaan error dan delta error *soil moisture*.

2.4.2. Perancangan Membership Function FLC Suhu

Pada perancangan diagram blok kontrol suhu menggunakan sistem kontrol *close loop*. *Setpoint* dari perancangan sistem tersebut bernilai 20, sesuai yang dibutuhkan tanaman. Nilai keluaran berpengaruh terhadap nilai FLC karena dari *plant* terdapat *feedback* berupa nilai suhu dari DHT22. Blok kontrol suhu dapat dilihat pada Gambar 6.

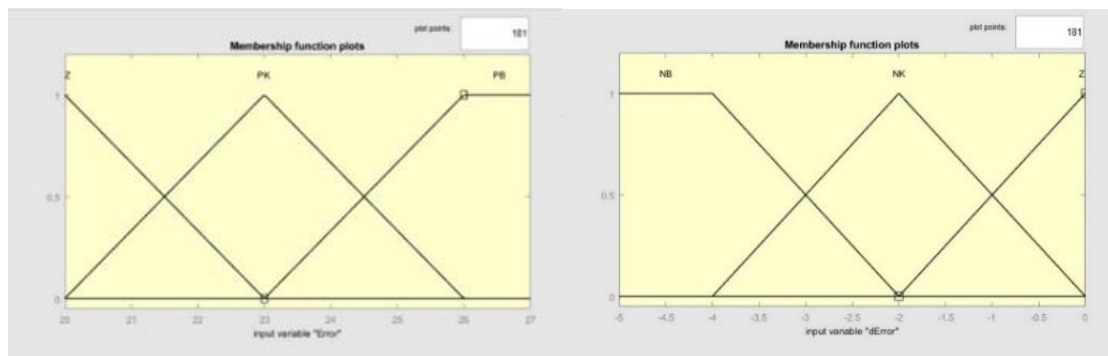


Gambar 6. Blok kontrol suhu

Gambar 7 merupakan fungsi keanggotaan error suhu yang memiliki *range* antara 20 sampai 26. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa terdapat tiga fungsi keanggotaan positif besar (PB), positif kecil (PK), dan zero (Z) yaitu: 1) PB dengan *range* 23-26; 2) PK dengan *range* 20-26; 3) Z dengan *range* 20-23. Dari error kemudian didapatkan delta error dengan cara menghitung error maksimal yang didapat dari keluaran dari hasil uji coba sistem paling sebesar 2. Gambar 7 merupakan fungsi keanggotaan delta error suhu, memiliki *range* antara -4 sampai 0. Terdapat tiga fungsi keanggotaan delta error suhu negatif besar (NB), negatif kecil (NK), dan zero (Z) yaitu: 1) NB dengan *range* -4 hingga -2; 2) NK dengan *range* -4 hingga -0; 3) Z dengan *range* -2 hingga 0. Fungsi keanggotaan keluaran yang digunakan berupa *single tone*. Pada suhu keluaran berupa PWM yaitu 0, 180, dan 255. Pada suhu menggunakan PWM *Range* yang digunakan mulai dari 0 hingga 255. *Rule* suhu udara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Rule* suhu udara

dErr\Error	Z	PK	PB
NB	180	255	255
NK	0	180	255
Z	0	180	255



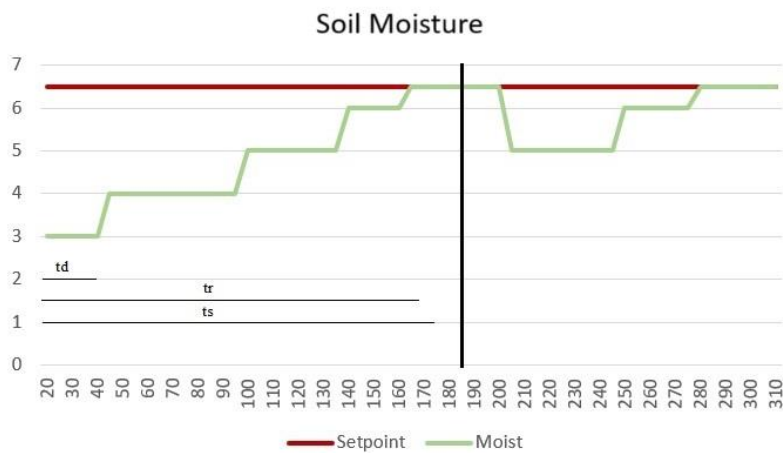
Gambar 7. Fungsi keanggotaan error dan delta error suhu udara

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini adalah *plant* kendali suhu dan *soil moisture* menggunakan FLC pada *greenhouse* dan terdapat *monitoring* menggunakan IoT. Pengontrolan *soil moisture* menggunakan pompa air untuk meningkatkan *soil moisture*, sedangkan kontrol suhu pada *greenhouse* menggunakan *evaporating cooling system* yang berguna untuk menurunkan suhu udara. Proses *monitoring* menggunakan aplikasi Blynk yang dapat diakses menggunakan *smartphone*. Bagian ini juga terdapat hasil perkembangan daun pada tanaman stroberi di dalam *greenhouse*.

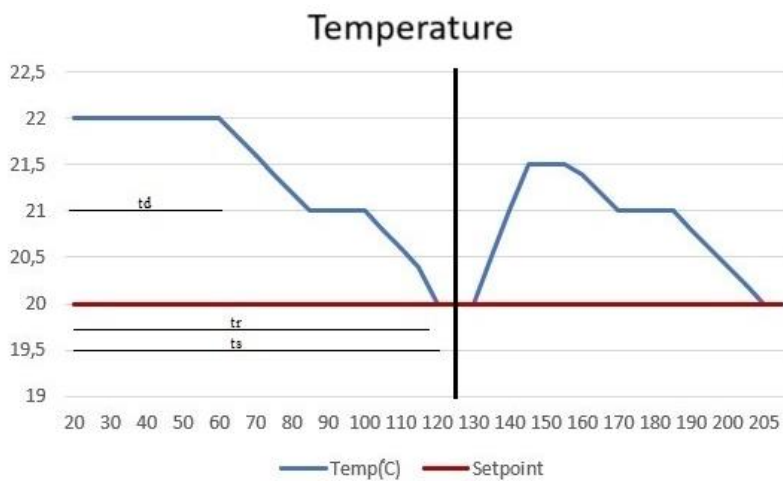
3.1. Respon Sistem

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan dengan mengamati hasil soil moisture pada LCD. Hasil dari penerapan juga diberikan gangguan berupa sensor ditarik sebagian dari media tanam saat sistem sudah mencapai setpoint. Gambar 8 menjelaskan respon sistem soil moisture dengan sumbu vertikal menunjukkan nilai soil moisture dan sumbu horizontal menunjukkan waktu setiap detiknya. Berdasarkan hasil pengujian suhu pada sistem kontrol suhu mendapatkan hasil: 1) suhu alat dapat mencapai setpoint dengan waktu 10 detik; 2) waktu tunda (td) dari sistem adalah 40 detik; 3) *time settling (ts)* atau waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$ atau $\pm 0,5\%$ dari respon *steady state* sebesar 180 detik; 4) waktu naik (tr) dari sistem adalah 171 detik; 5) terjadi peningkatan suhu ke 21°C setelah 10 detik dari pemberian gangguan; 5) suhu mengalami peningkatan 0,5°C setelah 5 detik dari peningkatan sebelumnya.



Gambar 8. Grafik soil moisture.

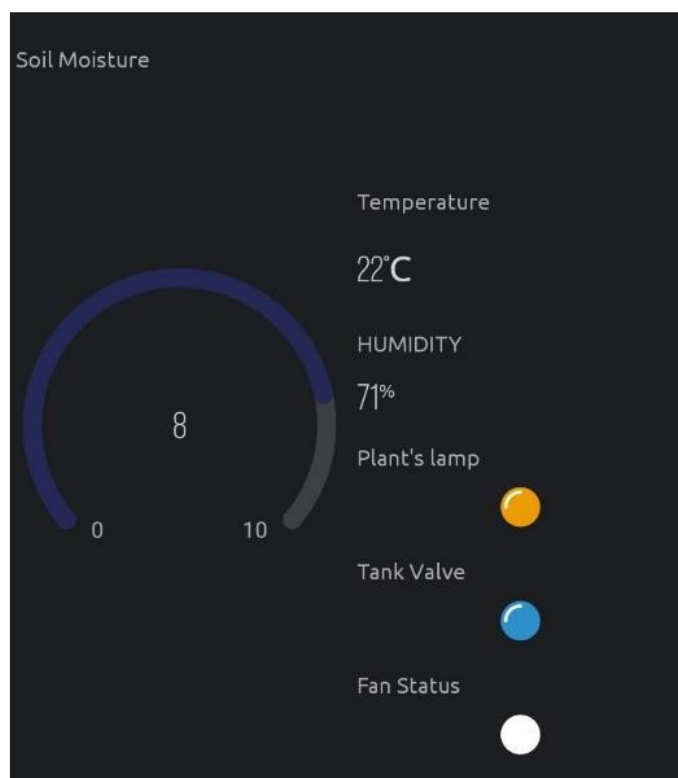
Berdasarkan Hasil pengujian didapatkan dengan melihat hasil suhu pada LCD. Hasil dari penerapan juga diberikan gangguan berupa dibukanya pintu greenhouse saat sistem sudah mencapai setpoint. Gambar 9 menjelaskan respon sistem suhu dengan sumbu vertikal menunjukkan nilai suhu dan sumbu horizontal menunjukkan waktu setiap detiknya. Berdasarkan hasil pengujian suhu pada sistem kontrol suhu mendapatkan hasil: 1) suhu alat dapat mencapai setpoint dalam waktu 120 detik; 2) waktu tunda (td) sebesar 60 detik; 3) *time settling (ts)* atau waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$ atau $\pm 0,5\%$ dari respon *steady state* sebesar 120 detik; 4) waktu naik (tr) sebesar 114 detik; 5) pada detik ke 125 diberikan gangguan dan terjadi peningkatan suhu sebesar 21,5°C setelah 17 detik.



Gambar 9. Grafik suhu udara

3.2. Hasil Tampilan IoT Blynk

Sistem IoT pada penelitian ini menggunakan aplikasi Blynk pada *smartphone* yang ditunjukkan Gambar 10. Ketika membuka aplikasi Blynk pada *smartphone* akan langsung masuk ke tampilan hasil monitoring dari *greenhouse* stroberi. pada tampilan tersebut terdapat enam informasi yang ditampilkan. Pada bagian kiri terdapat informasi tentang *soil moisture* berbentuk *gauge*. Bagian kanan terdapat informasi tentang suhu dan kelembaban udara di dalam *greenhouse* dengan parameter derajat celsius dan persentase *humidity*. Bagian bawah informasi kelembaban udara terdapat tiga indikator tampilan berupa lampu. Indikator tersebut menginformasikan status *high* atau *low* dari lampu tanaman, *valve* dari *mini tank*, dan *fan evaporating cooling system*.



Gambar 10. Tampilan IoT pada Blynk

3.3. Hasil Pertumbuhan Daun Tanaman

Pada bagian ini menjelaskan hasil pertumbuhan jumlah daun pada tanaman stroberi di dalam *greenhouse*. Selain diberikan kendali suhu dan udara, tanaman stroberi diberikan pencahayaan tambahan. Terdapat 4 macam kombinasi perlakuan pada tanaman yaitu: 1) lampu merah, biru, dan menggunakan *drip irrigation*; 2) lampu, merah, biru kuning, dan menggunakan *drip irrigation*; 3) tanpa lampu, dan menggunakan *drip irrigation*; 4) tanpa lampu, dan tanpa menggunakan *drip irrigation*. Pengujian dilakukan dengan mengamati pertumbuhan jumlah daun setiap 2 hari sekali selama 6 hari. Hasil penelitian ini mendapatkan pada tanaman ke-1 mengalami pertumbuhan sejumlah 22 daun, tanaman ke-2 mengalami pertumbuhan 24 daun, tanaman ke-3 mengalami pertumbuhan 20 daun, dan tanaman ke-4 mengalami pertumbuhan 11 daun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan dan perkembangan daun pada tanaman stroberi sangat dipengaruhi oleh perlakuan suhu, *soil moisture*, dan pencahayaan. Gambaran hasil pertumbuhan daun tanaman dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 11.

Tabel 3. Hasil pada tanaman

Pengujian hari ke-	Jumlah daun			
	Dengan drip irrigation		Tanpa drip irrigation	
	Lampu merah biru	Lampu merah biru kuning	Tanpa lampu	
1	21	32	33	31
2	27	38	38	34
4	33	46	45	37
6	43	58	53	42



(a) (b) (c) (d)

Gambar 11: Hasil pada tanaman (a) pertama, (b) kedua, (c) ketiga, (d) keempat

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan sistem pada bab sebelumnya, yang membahas tentang "Implementasi FLC Pada Soil Moisture dan Suhu Greenhouse Stroberi Berbasis IoT." didapatkan bahwa *soil moisture* dan suhu pada greenhouse dapat dikontrol dengan *fuzzy logic controller* menggunakan metode inferensi mamdani. Hasil pada *soil moisture* alat dapat mencapai setpoint dengan waktu 200 detik dengan waktu tunda (td) sebesar 40 detik, *time settling* (ts) atau waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$ atau $\pm 0,5\%$ dari respon steady state sebesar 200 detik, dan waktu naik (tr) sebesar 171 detik. Pada suhu alat dapat mencapai setpoint dengan waktu 120 detik, dengan waktu tunda (td) sebesar 60 detik, *time settling* (ts) atau waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$ atau $\pm 0,5\%$ dari respon steady state sebesar 120 detik, dan waktu naik (tr) sebesar 114 detik.

Pompa air dapat dikontrol menggunakan *module PWM* yang didesain. *Module PWM* didesain menggunakan mosfet IRFZ44N. Sistem dapat dimonitor dengan menggunakan aplikasi Blynk melalui *smartphone* dengan menunjukkan jumlah *soil moisture*, suhu, dan kelambaban udara. Terdapat indikator status lampu tanaman, *valve*, dan kipas.

Referensi

- [1] O. Krianto Sulaiman and A. Widarma, "Sistem Internet Of Things (IoT) Berbasis Cloud Computing dalam Campus Area Network Books of Information System View project Smart System View project," no. April, pp. 8–12, 2017, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/316506717>
- [2] H. Effendi and D. R. Puspitaningrum, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pemakaian Air Pam Dan Mutu Air Pada Komplek Perumahan Dengan Jaringan Nirkabel Lora Berbasis Arduino Uno," *Sinusoida*, vol. 23, no. 1, pp. 50–60, 2021.
- [3] R. A. Atmoko, R. Riantini, and M. K. Hasin, "IoT real time data acquisition using MQTT protocol," *J Phys Conf Ser*, vol. 853, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/853/1/012003.

- [4] M. Fauziyah, H. K. Safitri, D. Dewatama, and E. Aulianta, "Conditioning of Temperature and Soil Moisture in Chrysanthemum Cut Flowers Greenhouse Prototype based on Internet of Things (IoT)," *Elkha*, vol. 13, no. 1, p. 25, 2021, doi: 10.26418/elkha.v13i1.43078.
- [5] B. Suhendar, T. D. Fuady, and Y. Herdian, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ideal Tanaman Stroberi Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 48–60, 2020, doi: 10.47080/saintek.v5i1.1198.
- [6] D. O. Oktarina, Armaini, and Ardian, "Pertumbuhan Dan Produksi Stroberi (*Fragaria Sp*) Dengan Pemberian Berbagai Konsentrasi Pupuk Organik Cair (Poc) Secara Hidroponik Substrat.," *Jom Faperta Ur*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2017.
- [7] BPS, "Produksi tanaman stroberi 2019-2021." Accessed: Dec. 05, 2021. [Online]. Available: BPS.go.id
- [8] B. Natsheh, N. Abu-khalaf, and S. Mousa, "Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) Plant Productivity Quality in Relation to Soil Depth and Water Requirements," *International Journal of Plant Research*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2015, doi: 10.5923/j.plant.20150501.01.
- [9] K. B. BPS, "Rata-rata suhu udara Kota Batu," batukota.bps.go.id. Accessed: Dec. 05, 2021. [Online]. Available: <https://batukota.bps.go.id/>
- [10] R. Setiawan, H. Ulfa, Miftahuljannah, D. S. Ajza, and B. Setiawan, "Penggunaan Green House untuk Budidaya Hortikultura," *Jurnal Lepa-lepa Open*, vol. 1, no. 3, pp. 480–487, 2021.
- [11] S. Budiman and D. Saraswati, *Berkebun Stroberi Secara Komersial*, Seri Agrib. Jakarta: Penebar Swadaya, 2005.
- [12] W. Nuraeni, E. Dwi Nurcahya, and D. Riyanto, "url : <http://studentjournal.umpo.ac.id/index.php/komputek> Kontrol Dan Monitoring Otomatis Rumah Kaca Untuk Buah Strawberry," 2019. [Online]. Available: <http://studentjournal.umpo.ac.id/index.php/komputek>
- [13] N. Hidayat, E. Junirianto, E. Nurmarini, and P. Pertanian Negeri Samarinda, "Budidaya Strowberi Secara Hidroponik Di Rooftop Gedung Merah Dengan Pengendalian Lingkungan Sistem Mobile Phone Cultivation Of Strawberry By Hydroponic In The Red Building Rooftop With Environment Control System Mobile Phone," 2021.
- [14] Y. Ananda, M. Hannats, H. Ichsan, and A. S. Budi, "Sistem Kontrol dan Monitoring Prototype Smart Green House pada Tanaman Stroberi menggunakan Logika Fuzzy berbasis Aplikasi Cayenne," vol. 7, no. 2, pp. 7062–7073, 2023.
- [15] J. Bakti Nusa, A. Sjamsjiar Rachman, and I. Made Budi Suksmadana, "THE CONTROL SYSTEM OF THE GREEN HOUSE FOR PLANTS OF STRAWBERRY BASED RASPBERRY PI 3 I Nengah Suhartawan," vol. 1, no. 2.
- [16] V. Dadi and S. Peravali, "Optimization of light-dependent resistor sensor for the application of solar energy tracking system," *SN Appl Sci*, vol. 2, no. 9, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1007/s42452-020-03293-x.
- [17] Widyatmika I Putu Ardi Wahyu, Indrawati Ni Putu Ayu Widyanata, Prastya I Wayan Wahyu Adi, Darminta I Ketut, Sangka I Gde Nyoman, and Sapteka Anak Agung Ngurah Gde, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap," *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, vol. 13 (1), no. 1, pp. 37–45, 2021.
- [18] D. Dewatama, M. Fauziyah, and N. K. Jannah, "Sistem Pengaturan Pencahayaan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno Dengan Metode Fuzzy Logic," *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 99, 2022, doi: 10.33387/protk.v9i2.4319.
- [19] R. Chafidya, D. Dewatama, and A. Murtono, "Sistem Kendali Suhu Ruang pada Inkubator Anak Ayam Broilerday Old Chick (DOC) Tahap Starter pada Umur 1-15 Hari dengan Metode Fuzzy Logic," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 4, no. 2, p. 35, 2020, doi: 10.33795/elkolind.v4i2.113.