

Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) Berbasis Fuzzy Logic Controller

Ikko Asmbangnirwana

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ikko.18023@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Puput Wanarti Rusimamto, Muhamad Syariffuddien Zuhrie.

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
endryansyah@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id, zuhrie@unesa.ac.id.

Abstrak

Hidroponik ialah sebuah sistem pertanian dengan memanfaatkan air sebagai media tumbuh tanaman. Salah satu faktor penting dalam sistem hidroponik adalah air, karena air merupakan sumber hara bagi tanaman. Pada penelitian ini menggunakan kontroler logika Fuzzy untuk menstabilkan suhu air hidroponik yang bertujuan agar suhu air tetap terjaga pada tingkat suhu yang baik untuk tanaman. Suhu air yang baik untuk tanaman yaitu berkisar 25°C sampai 28°C, sehingga pada penelitian ini menggunakan setpoint 25°C sampai 28°C. Pada penelitian ini akan dilakukan dua percobaan yaitu yang pertama percobaan alat tanpa kontrol dan percobaan yang kedua menggunakan kontrol. Hasil dari kedua percobaan tersebut nantinya akan dianalisa kemudian akan dibandingkan. Berdasarkan hasil percobaan dengan kontrol dan tanpa kontrol diperoleh hasil bahwa suhu air lebih cepat turun atau stabil jika menggunakan kontrol. Sebab, ketika menggunakan kontroler maka peltier akan bekerja lebih optimal untuk menurunkan suhu air hidroponik. Dari percobaan ini grafik respon sistem perubahan suhu air hidroponik menurun mendekati *setpoint*, karena ketika *setpoint* tercapai maka alat akan otomatis berhenti bekerja.

Kata Kunci: Hidroponik, Suhu Air, Fuzzy Kontroler.

Abstract

Hydroponics is an agricultural system that uses water as a medium for growing plants. One of the important factors in a hydroponic system is water, because water is a source of nutrients for plants. In this study using a fuzzy logic controller to stabilize the hydroponic water temperature, which aims to maintain the water temperature at a temperature level that is good for plants. A good water temperature for plants is in the range of 25°C to 28°C, so this study used a setpoint of 25°C to 28°C. In this study, two experiments will be carried out, the first is an experiment without a control device and the second is an experiment using a control. The results of the two experiments will be analyzed and then compared. Based on the experimental results with control and without control, it is found that the water temperature drops faster or is stable when using the control. Because, when using a controller, the Peltier will work more optimally to lower the hydroponic water temperature. From this experiment, the response graph of the hydroponic water temperature change system decreases to near the setpoint, because when the setpoint is reached, the tool will automatically stop working.

Keywords: Hydroponic, Water Temperature, Controller Fuzzy.

PENDAHULUAN

Di era yang semakin modern ini masyarakat semakin sadar bahwa kebutuhan sayuran harus terpenuhi agar keseimbangan nutrisi tubuh dapat tercukupi dengan baik. *Urban Farming* (Pertanian Perkotaan) juga semakin populer di daerah perkotaan yang padat penduduk. Salah satu *Urban Farming* yang cocok di perkotaan dengan dominan lahan yang sempit adalah sistem hidroponik. Hidroponik berasal dari dua suku kata Yunani yang digabungkan yaitu *hydro* yang merupakan arti dari air dan *ponos* yang memiliki arti kerja, sehingga hidroponik berarti bekerja menggunakan air, salah satu keunggulan dari sistem pertanian ini adalah minimnya penggunaan lahan yang di mana lahan yang kecil pun dapat dimanfaatkan dengan baik (Murtadho dkk., 2021).

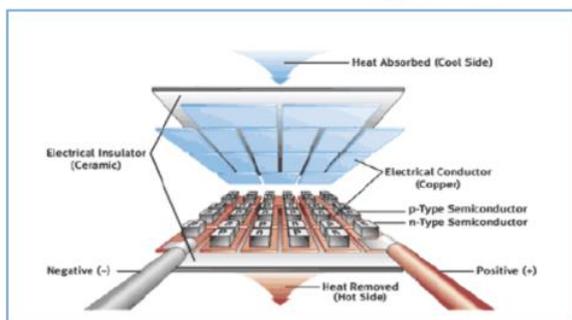
Salah satu metode hidroponik adalah NFT (*Nutrient Film Technique*) yang merupakan suatu jenis hidroponik yang berbeda dengan hidroponik substrat. Pada NFT, metode yang digunakan adalah air bersikulasi selama 24 jam secara terus menerus, yang bertujuan agar perakaran tumbuhan selalu mendapatkan nutrisi, sehingga mampu memberikan limpahan oksigen kepada akar tanaman yang baik untuk pertumbuhan tanaman tersebut (Pancawati dan Yulianto, 2016).

Susilawati memaparkan bahwa “faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara hidroponik dibedakan menjadi 2, faktor utama dan faktor kedua. Faktor utama berupa air baku, mineral, nutrisi/pupuk, media tanam, dan bibit. Sedangkan faktor kedua (lingkungan) berupa cahaya, oksigen, suhu, kelembaban, curah hujan, dan angin” (Susilawati, 2019). Dari beberapa

faktor tersebut hal utama yang harus diperhatikan pada sistem menanam secara hidroponik ini adalah air. Karena 80-90% tanaman hidroponik adalah air, tercukupinya air nutrisi dapat mempercepat pertumbuhan pada tanaman (Parks dan Murray, 2011). Pada umumnya suhu air nutrisi harus tetap terjaga di atas 25°C dan harus di bawah 28°C. Maka setpoint pada sistem ini akan ditetapkan pada titik tertinggi yaitu 28°C (Susilawati, 2019).

Dengan permasalahan yang ada, terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang meneliti mengenai sistem tersebut yaitu, penelitian dengan judul “Automatic pH and Humidity Control System for Hydroponics Using Fuzzy Logic” (Fakhrurroja dkk., 2019). Dalam penelitian ini membahas mengenai kontrol pH dan kelembapan pada hidroponik menggunakan logika Fuzzy. Penelitian ini menggunakan logika Fuzzy karena paling cocok untuk mengatasi ketidakpastian tanpa menambah kompleksitas pada penerapannya. Kemudian, penelitian yang kedua ada jurnal dengan judul “Nutrient Film Technique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control” (Mashumah dkk., 2018). Pada penelitian ini peneliti mengontrol *Electrical Conductivity* (EC) pada tumbuhan hidroponik dengan menggunakan logika Fuzzy, agar tetap stabil dengan menggunakan pemantauan volume larutan agar penyerapan unsur hara tetap tercukupi sesuai dengan umur pada tumbuhan.

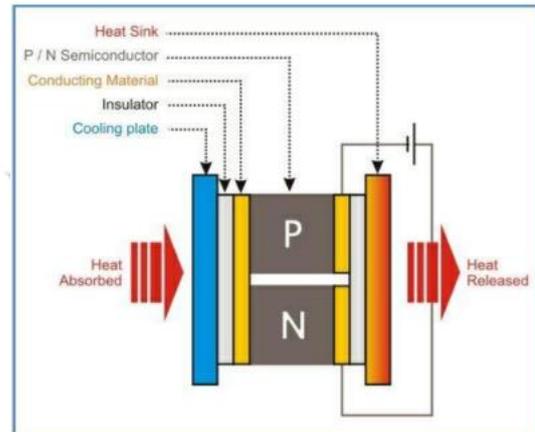
Dari dua penelitian tersebut memiliki beberapa saran diantaranya pengembangan penelitian pada faktor hidroponik yang lain, agar sistem yang tercipta semakin maksimal. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah, untuk menjaga agar suhu air tetap stabil dan meningkatkan produktifitas serta kualitas tanaman hidroponik.



Gambar 1. Perpindahan Panas *Thermoelectric* Peltier (Sumber: Yusuf dan Wisnujati, 2017)

Dengan tujuan tersebut peneliti memanfaatkan peltier TEC1-12706 sebagai salah satu komponen yang berperan menjadi pendingin suhu air nutrisi pada hidroponik. Di mana peltier TEC1-12706 memiliki proses perpindahan panas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 tersebut dua bahan yang tidak sama pada ujung penghantar dihubungkan ke sumber tegangan,

dengan demikian arus listrik yang mengalir akan melalui dua buah semikonduktor yang di hubungkan secara seri. Sirkulasi arus DC (*Direct Current*) nantinya akan melewati dua semikonduktor tersebut untuk membentuk disparitas suhu. Sebagai dampak disparitas suhu, peltier pendingin akan menyebabkan kalor yang nantinya diserap berasal dari sekitar pelat pendingin akan berpindah ke sisi pelat yang lain (*heat sink*) (Yusuf dan Wisnujati, 2017).



Gambar 2. Rangkaian *Thermoelectric* (Sumber: Yusuf dan Wisnujati, 2017)

Pada penggunaannya banyak *thermoelectric* (pasangan) mirip dengan Gambar 2, yang dihubungkan secara paralel lalu diapit oleh dua bagian buah pelat keramik pada sebuah *thermoelectric* tunggal. Sedangkan, besarnya disparitas suhu kalor serta dingin artinya sebanding dengan arus dan jumlah pasangan semikonduktor pada unit (Yusuf dan Wisnujati, 2017).

Dengan tujuan serta pemanfaatan peltier TEC1-12706 maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) Berbasis Fuzzy Logic Controller”.

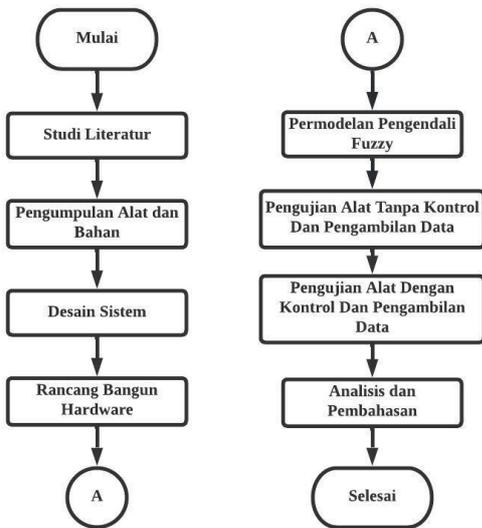
METODE

Pada penelitian yang dilakukan, metode yang di ambil adalah metode pendekatan kuantitatif. Di mana penelitian dengan metode pendekatan kuantitatif dapat diartikan menjadi menganalisis suatu pengetahuan terbaru dengan memanfaatkan data yang berupa angka (Kasiram, 2008).

Kemudian, melalui study literatur (skripsi, tesis, buku teks, jurnal) serta informasi pendukung lain dari internet digunakan sebagai data sekunder. Data sekunder ini nantinya dipakai untuk mengisi nilai parameter tiap komponen yang akan digunakan menjadi acuan untuk mengisi nilai parameter dari tiap komponen yang digunakan.

Untuk alur dari rancangan penelitian dapat di lihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 alur rancangan penelitian

dimulai dari studi literatur yang dilanjutkan dengan pengumpulan alat dan bahan. Setelah itu, mendesain sistem dan rancang bangun *hardware* yang berupa perakitan alat. Jika, tahapan tersebut telah terlaksana maka tahapan selanjutnya yaitu, pemodelan pengendali Fuzzy. Di mana pengendali ini digunakan untuk mengendalikan alat agar sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Selanjutnya, peneliti melakukan dua tahap percobaan. Yang pertama, pengujian alat tanpa kontrol dan yang kedua pengujian alat dengan kontrol. Dari dua tahapan tersebut dibarengi dengan pengambilan data. Ketika, semua tahapan tersebut telah di lakukan maka peneliti akan menganalisis dan proses selesai.



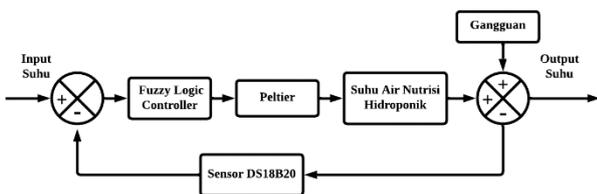
Gambar 3. Rancangan Penelitian

Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian ini, penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini akan digunakan sebagai acuan dan juga dapat dijadikan suatu rumusan masalah. Studi literatur dapat berupa jurnal ilmiah, buku, atau sumber referensi yang lainnya. Studi literatur dapat digunakan untuk menjawab dan juga menentukan pertanyaan-pertanyaan yang telah dirumuskan.

Desain Sistem

Desain sistem dari pengendalian suhu air menggunakan kontroler Fuzzy logic akan ditunjukkan pada blok diagram seperti pada Gambar 4.

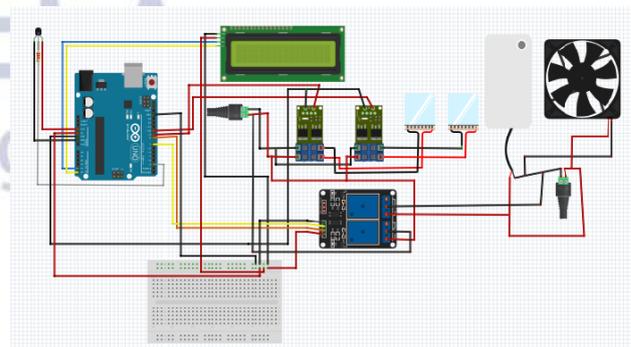


Gambar 4. Desain Sistem

Blok diagram yang diterapkan ialah blok diagram tertutup (*closed loop*), yang mempunyai sinyal keluaran yang akan berpengaruh langsung pada kontroler. Dalam suatu sistem kontroler ini akan berfungsi untuk memperkecil kesalahan. Yang mana pada Gambar 4, memiliki *input* berupa suhu yang kemudian diproses oleh pengendali Fuzzy, kemudian akan direspon oleh peltier dan akan berpengaruh terhadap suhu air nutrisi hidroponik. Ketika, suhu *output* tidak sesuai dengan *setpoint* karena gangguan dan pembacaan dari sensor DS18B20 maka proses akan kembali dari awal.

Rancang Bangun Hardware

Dalam perancangan dan implementasi penelitian ini adalah membuat skema rancangan sistem. Pada bagian perancangan alat dan implementasi ini meliputi perancangan hardware yang didukung oleh software. Terdapat beberapa komponen pada rancang bangun hardware yaitu, pompa dan kipas yang di rangkai secara paralel kemudian dihubungkan dengan sumber listrik melalui adaptor 12V 1A. Untuk rangkaian selanjutnya, yaitu arduino Uno R3 yang dihubungkan dengan beberapa komponen seperti LCD 16X2 yang dilengkapi dengan I2C, sensor DS18B20, dan modul mosfet type XY-Mos. Pada modul mosfet terdapat dua bagian yaitu sisi input dan output. Pada sisi input, trig dan ground dihubungkan dengan arduino Uno R3 dan pada sisi output, vin- dan vin+ dihubungkan pada peltier. Module mosfet ini berfungsi untuk memberikan masukan berupa tegangan pada peltier, yang nantinya tegangan itu akan diubah menjadi suhu. Sehingga, tingkat dingin pada peltier akan dipengaruhi oleh tegangan masukan dari modul mosfet. Untuk wiring diagram dari rancang bangun hardware, dapat dilihat pada Gambar 5.



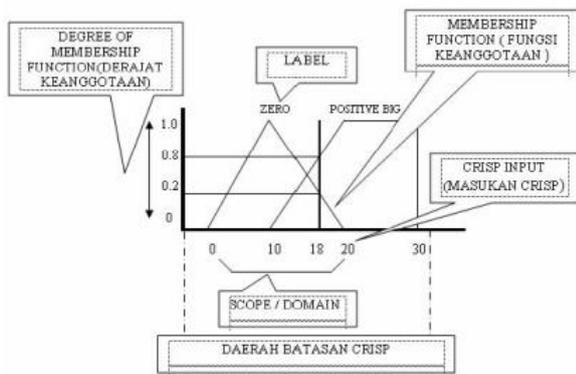
Gambar 5. Wiring Diagram Hardware

Pengendali Fuzzy

Profesor Lotfi A. Zadeh ialah guru besar pada University of California, Profesor Lotfi A. Zadeh ialah pencetus mengenai cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal menjadi logika Fuzzy. Lalu Sudradjat mengemukakan pernyataan bahwa

“logika Fuzzy mempunyai fungsi keanggotaan (*Membership Function*) yang merupakan suatu kurva yang memberikan pemetaan titik input data kedalam nilai keanggotaannya yang mempunyai interval antara 0 hingga 1”. Adapun beberapa istilah yang harus diketahui dan dapat dilihat pada Gambar 6 :

1. Derajat Keanggotaan : derajat dengan nilai crisp yang beranggotakan 0 hingga 1.
2. Label : nama yang mendiskripsikan suatu fungsi keanggotaan.
3. Fungsi Keanggotaan : menjelaskan Fuzzy Set dengan memetakan *input*-an crisp yang berasal dari domain ke derajat keanggotaannya.
4. Masukan Crisp : *input*-an yang tegas dan tertentu.
5. Lingkup atau Domain : Lebar dari fungsi keanggotaan atau bilangan tempat di mana fungsi keanggotaan dipetakan.
6. Daerah Batasan Crisp : jangkauan seluruh nilai yang dapat digunakan pada variabel sistem.



Gambar 6. Konsep Dasar Logika Fuzzy (Sumber: Sudradjat, 2008)

Adapun langkah – langkah yang digunakan ketika menerapkan metode Fuzzy, yaitu :

1. Fuzzifikasi
Fuzzifikasi ialah suatu proses dimana nilai tegas yang diperoleh diolah kemudian diubah ke dalam fungsi keanggotaan.
2. Penalaran (*Inference Machine*)
Mesin penalaran artinya proses implikasi pada menalar nilai *input* yang bertujuan untuk penentuan nilai *output* sebagai bentuk pengambilan keputusan.
3. Aturan Dasar (*Rule Base*)
Aturan dasar (*Rule based*) dalam kontrol logika fuzzy merupakan suatu aturan relasi dalam bentuk “Jika-Maka” atau “*if-then*” seperti berikut ini:
if X is A then Y is B
dimana A dan B adalah linguistic values yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan “*X is A*” disebut sebagai *antecedent* atau

premis. Pernyataan “*Y is B*” disebut *consequent* atau kesimpulan.

4. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi didapatkan dari masukan suatu himpunan fuzzy yang dihasilkan dari komposisi *rule-rule* fuzzy, sedangkan keluaran yang didapatkan berupa suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.

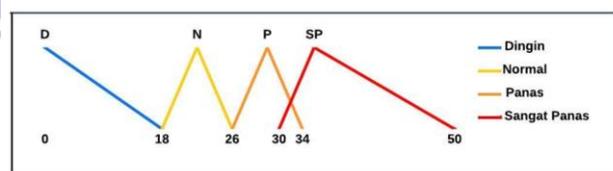
Pemodelan Pengendali Fuzzy

Sebelum merancang permodelan kontroler fuzzy maka langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi sistem pada plan dimana hal ini berguna untuk menentukan model matematika yang akan digunakan. Model matematika yang digunakan dapat diketahui dari analisa respon yang dihasilkan oleh plan. Metode pengendali fuzzy yang digunakan adalah metode Mamdani. Pemodelan yang telah dibuat maka akan diimplementasikan pada alat pengendalian suhu air hidroponik.

Fuzzifikasi

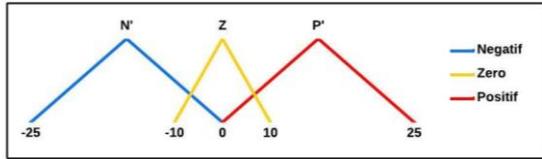
Kontroler ini dirancang menggunakan dua *input* dan satu *output*. Untuk *input* yang pertama yaitu berupa nilai error (e) yang didapatkan dari hasil selisih antara *setpoint* dan pembacaan oleh sensor suhu. Kemudian, untuk *input* yang kedua adalah nilai delta error (Δe) yang diperoleh dari hasil selisih antara nilai error saat ini dan nilai error sebelumnya. Dari kedua *input* tersebut data yang diperoleh akan diolah oleh kendali fuzzy yang akan mendapatkan nilai *output* berupa tegangan dari mosfet yang diteruskan ke peltier.

Fungsi keanggotaan pada penelitian ini mengaplikasikan representasi kurva segitiga, yang terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy. Variabel *input* yang diterapkan pada error (e) ialah dingin (D), normal (N), panas (P), dan sangat panas (SP). Untuk anggota dari *input* error dapat dilihat pada Gambar 7.



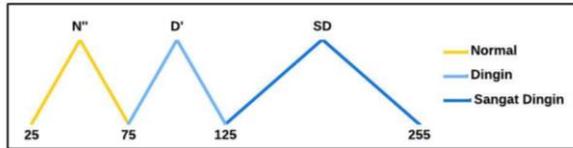
Gambar 7. Anggota *Input* Error

Sedangkan, pada delta error (Δe) adalah negatif (N’), zero (Z), dan positif (P’). Untuk anggota dari *input* delta error dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Anggota *Input* Delta Error

Kemudian, untuk variabel *output* mosfet adalah normal (N''), dingin (D), dan sangat dingin (SD). Dan anggotanya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Anggota *Output*

Rule Base

Rule base ialah membuat aturan-aturan yang saling berhubungan antara *input* dan *output* menggunakan “IF THEN”. Pada penelitian ini peneliti mengambil metode Mamdani (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Ketika suatu sistem terdiri dari banyak *rule* maka, konklusi didapatkan dari kumpulan dan korelasi antar *rule*. Pada penelitian ini menggunakan sistem *fuzzy logic controller* dengan metode MAX (*Maximum*). Sehingga, nilai yang diambil adalah nilai maksimum aturan, nilai ini nantinya akan digunakan untuk membentuk daerah *fuzzy logic controller* serta diterapkan pada *output* (Kusumadewi dan Purnomo, 2010). Untuk *rule base* pada penelitian ini sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. *Rule Base*

	D	N	P	SP
e	N''	N''	D'	SD
Δe	N''	N''	D'	SD
N'	N''	N''	SD	SD
Z	N''	N''	SD	SD
P'	N''	N''	SD	SD

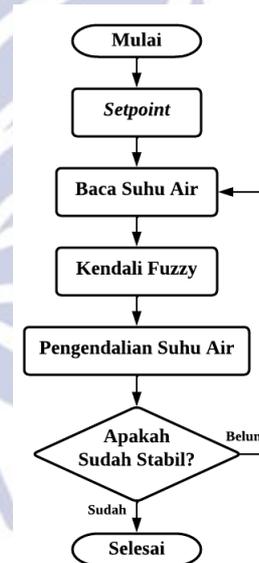
Defuzzifikasi

Dari aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat akan digunakan sebagai *input*-an defuzzifikasi, sedangkan domain himpunan fuzzy digunakan sebagai *output*. Dalam penelitian ini metode defuzzifikasi yang digunakan oleh peneliti ialah metode *Centroid*, dalam metode *centroid* titik pusat daerah *fuzzy logic controller* digunakan untuk mengambil hasil tegas (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Rancang Bangun Software

Pada perancangan *software* diterapkan seperti diagram alir yang menjelaskan proses dari kerja alat yang telah dibuat. *Software* yang digunakan adalah arduino IDE dimana bahasa pemrograman yang telah dibuat akan disinkronisasikan pada board Arduino Uno R3. Untuk diagram alir dari rancang bangun *software* dapat dilihat pada Gambar 10.

Di mana diagram alir pada Gambar 10 merupakan proses dari kerja *software* alat pengendali suhu air hidroponik. Dari Gambar 10 dapat diketahui bahwa proses awal yaitu penentuan *setpoint*, peneliti menggunakan *setpoint* 25 °C, 26 °C, 27 °C, dan 28 °C. Setelah *setpoint* ditentukan, maka sensor DS18B20 akan membaca suhu air, proses selanjutnya ialah kendali Fuzzy bekerja sesuai dengan pembacaan suhu air, yang akan bereaksi mengendalikan suhu air hidroponik. Sistem akan mendeteksi ulang apakah suhu air sudah stabil atau belum, jika sudah maka proses selesai dan jika belum maka sistem akan otomatis kembali pada pembacaan suhu air.

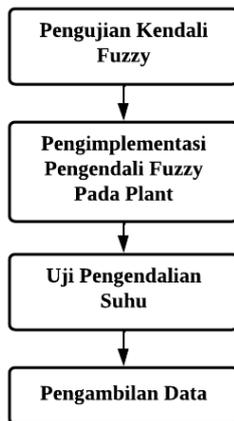


Gambar 10. Diagram Alir Rancang Bangun *Software*

Pengujian dan Pengambilan Data

Pada pengujian alat, pengendali Fuzzy dilakukan pada Matlab, lalu di implementasikan pada alat yang telah dirakit. Di mana pengujian nantinya akan ada dua tahapan yaitu untuk tahapan pertama pengujian respon sistem tanpa kontrol dan tahapan yang kedua menggunakan kontrol. Dalam pengambilan data peneliti akan melakukan empat kali pengambilan data dengan nilai *setpoint* yang berbeda-beda, yaitu 25°C, 26°C, 27°C, dan 28°C. Saat pengujian berlangsung peneliti juga akan mengamati dan mencatat data hasil dari pengujian

tersebut. Diagram alur pengujian dan pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Bagan Pengujian Pada Plan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Alat Miniatur Hidroponik

Hasil perancangan alat miniatur hidroponik NFT dapat dilihat pada Gambar 12 di bawah ini. Spesifikasi dari alat ini yaitu untuk miniature hidroponik memiliki panjang 60 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 60 cm.



Gambar 12. Hasil Perancangan Alat Miniatur Hidroponik NFT

Sedangkan, untuk tempat alat yaitu diletakkan dalam sebuah kotak dengan ukuran panjang 31 cm, lebar 21 cm, dan tinggi 10,5 cm. Yang dapat di lihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Kotak Alat Pengendali Suhu Air Hidroponik NFT

Pada kotak alat ini di dalamnya telah dirangkai beberapa komponen seperti arduino, peltier, LCD, pompa air, dst. Kemudian, di hubungkan dengan catu daya melalui adaptor sebesar 12V.

Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 ialah sensor suhu (*temperature*) yang mempunyai output digital. DS18B20 mempunyai kadar ketelitian yang cukup tinggi, yaitu 0,5°C dengan rentang suhu -10°C sampai +85°C. Untuk melihat tingkat ketelitian dari sensor DS18B20 maka akan dibandingkan dengan *thermometer digital* dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 merupakan hasil perbandingan dari sensor DS18B20 dengan pembacaan *thermometer digital* yang mana memiliki rata-rata error sebesar 2,14%. Pembacaan ini diambil ketika suhu air memiliki tingkat yang berbeda-beda, yaitu ketika pagi, siang, sore, dan malam. Sehingga, *sample* yang diambil tidak hanya dalam satu kondisi tetapi terdiri dari beberapa kondisi.

Tabel 2. Hasil Uji Sensor DS18B20

No.	Termometer Suhu Digital (C)	Suhu pada Alat (C)	Error (%)
1.	25,6	25,19	1,60
2.	30,5	29,81	2,26
3.	31	30,31	2,26
4.	25,8	24,87	3,60
5.	30	29,37	2,1
6.	25,6	25,12	1,875
7.	29,1	28,56	1,85
8.	29	28,5	1,72
9.	25,6	25,19	1,60
10.	25,6	24,94	2,57
Rata – Rata Error			2,14

Pemodelan Sistem

Metode pendekatan karakteristik sistem orde-1 ialah metode pendekatan yang digunakan pada penelitian ini. Model atau fungsi alih didapatkan dari penggunaan metode pendekatan karakteristik sistem orde-1. Untuk parameter yang digunakan ada beberapa, yaitu :

$$K = \frac{Y_{SS}}{X_{SS}} \quad (1)$$

$$C(\tau) = T_{max} - (0,632 \times (T_{max} - Y_{SS})) \quad (2)$$

$$\tau = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \quad (3)$$

$$\tau_d = \tau \ln 2 \quad (4)$$

$$\tau_r(5\% - 95\%) = \tau \ln 19 \quad (5)$$

$$\tau_r(10\% - 90\%) = t \ln 9 \quad (6)$$

$$\tau_s(5\%) = 3\tau \quad (7)$$

$$\tau_s(2\%) = 4\tau \quad (8)$$

$$\tau_s (0,5\%) = 5\tau \quad (9)$$

$$Ess (\%) = \frac{Y_{SS}-X_{SS}}{X_{SS}} \quad (10)$$

$$G(s) = \frac{K}{\tau s+1} \quad (11)$$

(Sumber: Ogata, 2010)

Keterangan :

$C(\tau)$ = Temperature saat 63,2% steady state (°C)

T_{max} = Suhu Tertinggi

τ = Waktu yang diperlukan oleh $C(\tau)$ (s)

$G(s)$ = Fungsi alih pada plan

τ_d = delay time (s)

τ_r = rise time (s)

τ_s = settling time (s)

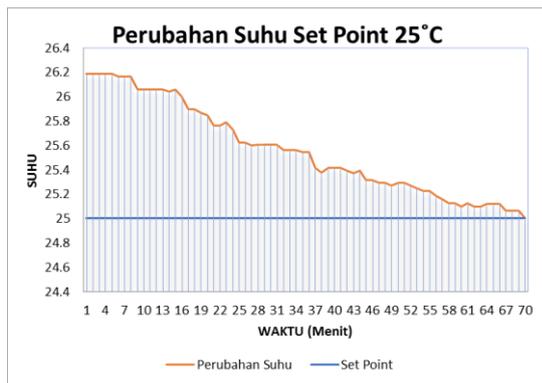
Ess = Error Steady State (%)

Y_{SS} = Rata-rata temperature saat steady state (°C)

X_{SS} = Setpoint temperature (°C)

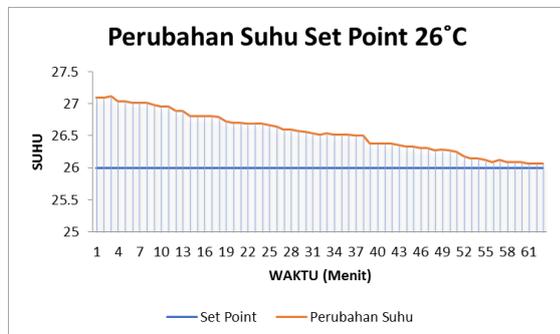
Pengujian Alat Tanpa Kontrol

1. Grafik perubahan suhu dengan setpoint 25°C tanpa kontrol dapat dilihat pada Gambar 14.



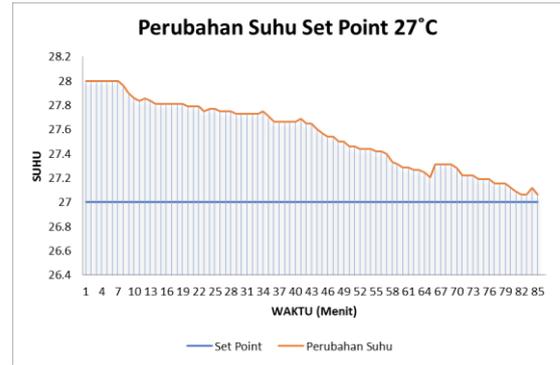
Gambar 14. Grafik Respon Sistem Tanpa Kontrol Setpoint 25°C

2. Grafik perubahan suhu dengan setpoint 26°C tanpa kontrol dapat dilihat pada Gambar 15.



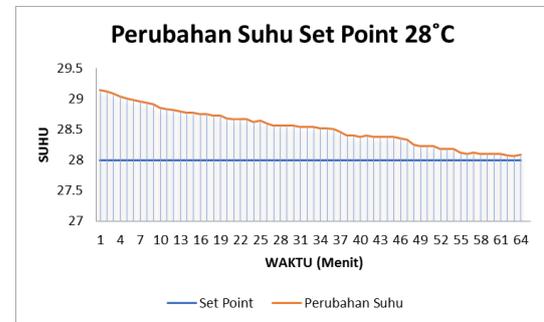
Gambar 15. Grafik Respon Sistem Tanpa Kontrol Setpoint 26°C

3. Grafik perubahan suhu dengan setpoint 27°C tanpa kontrol dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Respon Sistem Tanpa Kontrol Setpoint 27°C

4. Grafik perubahan suhu dengan setpoint 28°C tanpa kontrol dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Respon Sistem Tanpa Kontrol Setpoint 28°C

Dari hasil percobaan alat tanpa kontrol maka nilai yang diperoleh dimasukkan ke persamaan 1 sampai dengan 10, sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Respon Dinamik Tanpa Kontrol

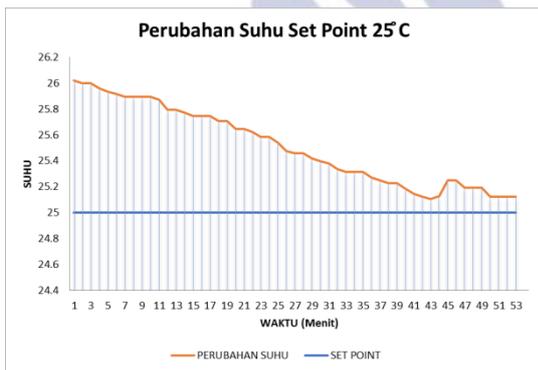
SP	25°C	26°C	27°C	28°C
K	1,00	1,00	1,00	1,00
$C(\tau)$ (°C)	25,47	26,44	27,40	28,45
τ (s)	2.193,00	2.307,85	3.392,25	2.261,25
τ_d (s)	1.520,07	1.599,67	2.351,32	1.567,37
τ_r (5% - 95%) (s)	6.457,17	6.795,32	9.988,27	6.658,11
τ_r (10% - 90%) (s)	4.818,52	5.070,86	7.453,53	4.968,47
τ_s (5%) (s)	6.579,02	6.923,55	10.176,75	6.783,75
τ_s (2%) (s)	8.772,02	9.231,4	13.569	9.045
τ_s (0,5%) (s)	10.965,03	11.539,25	16.961,25	11.306,2
Ess (%)	0,23	0,23	0,22	0,21

Dengan melakukan beberapa kali percobaan menggunakan *setpoint* yang berbeda-beda, yaitu 25°C, 26°C, 27°C, dan 28°C maka didapatkan hasil grafik respon sistem seperti pada Gambar 14 sampai dengan Gambar 17. Peneliti menggunakan satu derajat *celcius* di atas *setpoint* agar lebih mudah untuk di analisis. Hasilnya ketika pembacaan suhu melebihi dari *setpoint* maka alat otomatis berhenti, sehingga peneliti memasukkan nilai suhu yang sangat mendekati *setpoint* agar alat masih tetap bekerja.

Pada Tabel 3 diperlihatkan hasil perhitungan dari respon dinamik, dapat dilihat dengan *setpoint* yang berbeda-beda, yaitu 25°C, 26°C, 27°C, dan 28°C memiliki nilai K yang sama yaitu, 1,00. Hal ini dikarenakan meskipun dengan *setpoint* yang berbeda tetapi data yang keluar secara konstan turun 0,06°C.

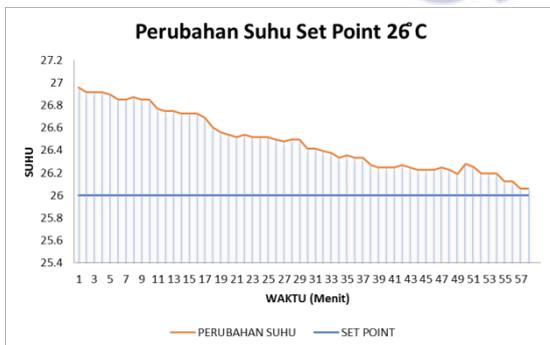
Pengujian Alat dengan Kontrol

1. Grafik perubahan suhu dengan *setpoint* 25°C dengan kontrol dapat dilihat pada Gambar 18.



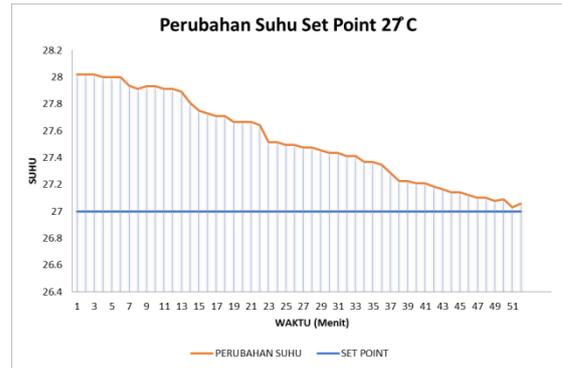
Gambar 18. Grafik Respon Sistem Dengan Kontrol *Setpoint* 25°C

2. Grafik perubahan suhu dengan *setpoint* 26°C dengan kontrol dapat dilihat pada Gambar 19.



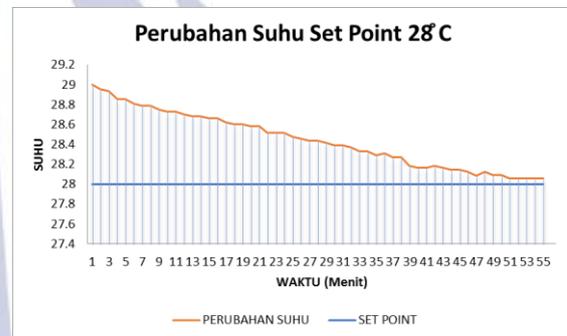
Gambar 19. Grafik Respon Sistem Dengan Kontrol *Setpoint* 26°C

3. Grafik perubahan suhu dengan *setpoint* 27°C dengan kontrol dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Grafik Respon Sistem Dengan Kontrol *Setpoint* 27°C

4. Grafik perubahan suhu dengan *setpoint* 28°C dengan kontrol dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik Respon Sistem Dengan Kontrol *Setpoint* 28°C

Dari hasil percobaan alat dengan kontrol maka nilai yang diperoleh dimasukkan ke persamaan 1 sampai dengan 10, sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Respon Dinamik Dengan Kontrol

SP	25°C	26°C	27°C	28°C
K	1,00	1,00	1,00	1,00
C(τ) (°C)	25,41	26,39	27,41	28,40
τ (s)	1.614,45	1.954,95	1.919,5	1.770
τ _d (s)	1.119,05	1.355,06	1.330,49	1.226,87
τ _r (5% - 95%) (s)	4.753,64	5.756,23	5.651,85	5.211,65
τ _r (10% - 90%) (s)	3.547,30	4.295,46	4.217,57	3.889,08
τ _s (5%) (s)	4.843,35	5.864,85	5.758,5	5.310
τ _s (2%) (s)	6.457,8	7.819,8	7.678	7.080
τ _s (0,5%) (s)	8.072,25	9.774,75	9.597,5	8.850
Ess (%)	0,24	0,23	0,22	0,21

Dari pengujian alat dengan kontrol maka di dapatkan grafik respon dinamik seperti pada Gambar 18 sampai

dengan Gambar 21. Pada percobaan dengan kontrol waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu air lebih cepat daripada alat yang tidak menggunakan kontrol. Pada percobaan ini, peneliti menganalisis bahwa suhu yang cepat turun dan memiliki nilai penurunan yang baik yaitu ketika *setpoint* 27°C. Hal ini dikarenakan suhu air tidak terlalu jauh untuk ke titik dingin, seperti *setpoint* 25°C. Sehingga, penurunan suhu lebih konstan dan optimal.

PENUTUP

Simpulan

Dari serangkaian penelitian ini, maka peneliti dapat memberikan simpulan bahwa pertama, alat yang dibuat mampu menurunkan suhu air atau mampu menstabilkan suhu air hidroponik sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Kedua, hasil respon sistem dari alat yaitu mampu menurunkan suhu air hidroponik hingga *setpoint* yang telah ditentukan, dimana ketika *setpoint* telah tercapai maka alat akan otomatis berhenti kemudian ketika suhu berada di atas *setpoint* maka alat akan otomatis bekerja kembali. Ketiga, dari percobaan yang dilakukan peneliti, maka didapatkan hasil respon sistem alat yang menggunakan kontroler fuzzy akan lebih cepat menurunkan suhu air hidroponik. Pada *realtime*-nya ketika alat tanpa kontroler maka peltier mendinginkan secara umum saja, dan ketika ditambahkan kontroler maka peltier dapat menyesuaikan suhu air hidroponik ketika sangat panas, peltier akan sangat dingin.

Dan yang terakhir, grafik respon sistem perubahan suhu menurun mendekati *setpoint* disebabkan oleh suhu yang tinggi menuju suhu yang rendah. Grafik respon sistem perubahan suhu juga tidak sampai menyentuh garis *setpoint*, dikarenakan ketika *setpoint* terpenuhi maka alat akan otomatis berhenti bekerja.

Saran

Menurut percobaan yang telah dilakukan maka saran dari penulis ialah hasil penelitian ini dapat digunakan untuk pengembangan penelitian hidroponik. Untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan metode kontroler lainnya, seperti perpaduan antara kontrol PID dengan Fuzzy atau menggunakan kontroler ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inferenece System*), untuk mendapatkan tingkat dingin peltier yang lebih optimal. Kemudian, juga dapat dipadukan dengan faktor pertumbuhan tanaman hidroponik lainnya seperti suhu air dipadukan dengan tingkat pH.

DAFTAR PUSTAKA

Fakhrurroja. Hanif, Mardhotillah. Syahidul Akbar, Mahendra. Oka, Munandar. Aris, Rizqyawan. Muhammad Ilham, dan Pratama. Rian Putra. 2019. *Automatic pH and Humidity Control System for Hydroponics Using Fuzzy Logic*. International

Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications. Universitas Telkom.

Kasiram. Moh. 2008. *Metodologi Penelitian*. Malang: UIN Malang.

Kusumadewi. Sri, dan Purnomo. Hari. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Mashumah. Siti, Rivai. Muhammad, dan Irfansyah. Astria Nur. 2018. *Nutrient Film Technique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control*. International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Murtadho. Daffa Faiz, Murti. Muhammad Ary, dan Setianingsih. Casi. 2021. *Perancangan Sistem Kendali Terintegrasi Berbasis IoT pada Tanaman Hidroponik dengan Komunikasi NB-IoT Menggunakan Metode Fuzzy*. e-Proceeding of Engineering. Vol.8 (4): hal. 3815-3822. Universitas Telkom.

Ogata. Katsuhiko. 2010. *Modern Control Engineering Fifth Edition*.

Pancawati. Dian, dan Yulianto. Andik. 2016. *Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur Ph Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)*. Jurnal Nasional Teknik Elektro. Vol.5 (2): hal. 278-289. Universitas Internasional Batam

Parks. Sophie, dan Murray. Carly. 2011. *Leafy Asean Vegetables and Their Nutrion in Hydroponics*. State of New South Wales. Australian.

Purbajanti. Endang Dwi, Slamet. Widyati, dan Kusmiyati. Florentina. 2017. *Hydroponic Bertanam Tanpa Tanah*. Ef Press.

Sudradjat. 2008. *Dasar – Dasar Fuzzy Logic*. Modul Kuliah Universitas Padjadjaran Bandung.

Susilawati. 2019. *Dasar – Bertanam Secara Hidroponik*. Palembang: Unsri Press Publisher.

Yusuf. Mirza, dan Wisnujati. Andika. 2017. *Analisis Performa Sistem Pendingin Ramah Lingkungan Untuk Kabin Mobil City Car Menggunakan Modul Termo Electric Cooler Terhadap Konsumsi Bahan Bakar*. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. Vol.6 (2): hal. 178-184. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.