

Sistem irigasi Tetes Pada Tanaman Cabai Menggunakan Array Sensor Untuk Mendeteksi Kelembaban Tanah

Drip Irrigation System for Chili Plants Using Sensor Arrays to Detect Soil Moisture

Yohanes Rudi Hartono¹, Aries Boedi Setiawan², Delila Cahya Permatasari³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang, Jl. Terusan Dieng.62-64, Kota Malang, Indonesia, 65146

¹yohanhartono48@gmail.com, ²aries.unmer@ac.id*, ³delila.permatasari@unmer.ac.id

*Corresponding Author: yohanhartono48@gmail.com

Abstract

Drip irrigation is an irrigation technology that aims to efficiently utilize a very limited water supply and increase the effectiveness of water use. One of the plants that can apply a drip irrigation system is the chili plant. To produce chili plants with good quality, soil moisture in chili plants needs to be considered, the soil moisture needed is 60%. This tool uses the ESP-32 MCU Node as a microcontroller. This research will design a soil moisture control system in chili plants using a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller. The system works automatically to control soil moisture in chili plants in order to maintain the desired moisture value, which is with a soil moisture value of 60%. Currently there are still many farmers who apply watering manually, this can cause the use of water that is not in accordance with the needs of plants. From the problems that often occur, an automatic watering innovation was created by applying the drip irrigation system method controlled by a series of soil moisture sensors and other electronic devices. From the test results show that the tool will water with a drip irrigation system when the soil moisture of chili plants is below the setting point, which is 60%.

Keywords: *Drip Irrigation, Chili Plant, Soil Moisture, Sensor Array, MCU ESP-32 Node*

Abstrak

Irigasi tetes adalah teknologi irigasi yang bertujuan untuk secara efisien memanfaatkan pasokan air yang sangat terbatas dan meningkatkan efektivitas penggunaan air. Salah satu tanaman yang dapat menerapkan sistem irigasi tetes adalah tanaman cabai. Untuk menghasilkan tanaman cabai dengan kualitas yang baik, kelembaban tanah pada tanaman cabai perlu diperhatikan, kelembaban tanah yang dibutuhkan adalah 60%. Alat ini menggunakan Node MCU ESP-32 sebagai mikrokontrolernya. Penelitian ini akan merancang sistem kontrol kelembaban tanah pada tanaman cabai menggunakan kontroler *Proportional-Integral-Derivative (PID)*. Sistem bekerja secara otomatis untuk mengontrol kelembaban tanah pada tanaman cabai agar dapat mempertahankan nilai kelembaban yang diinginkan, yaitu dengan nilai kelembaban tanah 60%. Saat ini masih banyak para petani yang menerapkan penyiraman dengan cara manual, hal ini dapat menimbulkan penggunaan air yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dari permasalahan yang sering terjadi maka diciptakan sebuah inovasi penyiraman otomatis dengan menerapkan metode sistem irigasi tetes yang dikontrol oleh rangkaian sensor kelembaban tanah dan perangkat elektronik lainnya. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa alat akan menyiram dengan sistem irigasi tetes ketika kelembaban tanah dari tanaman cabai dibawah seting point yaitu 60%.

Kata kunci: Irigasi Tetes, Tanaman Cabai, Kelembaban Tanah, Array Sensor, Node MCU ESP-32

1. Pendahuluan

Sistem irigasi adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengatur dan mengalirkan air ke lahan pertanian, kebun, taman, atau area lainnya yang membutuhkan suplai air tambahan. Tujuan dari sistem irigasi adalah memastikan bahwa tanaman mendapatkan kelembaban yang optimum secara teratur, terutama ketika curah hujan tidak mencukupi. Salah satu sistem irigasi yang biasa digunakan adalah sistem irigasi tetes. Irigasi tetes merupakan teknologi irigasi yang bertujuan untuk secara efisien memanfaatkan pasokan air yang sangat terbatas dan meningkatkan efektivitas penggunaan air. Prinsip dasar dalam distribusi air pada sistem irigasi tetes adalah dengan mengalirkan air dari tangki penampungan yang ditempatkan di posisi lebih tinggi dari lahan pertanian, melalui selang irigasi. Salah satu tanaman yang dapat menerapkan metode irigasi tetes adalah tanaman cabai. Dalam membudidayakan tanaman cabai pasokan air dan kelembaban tanah perlu diperhatikan karena

tanaman cabai sangat sensitif terhadap kelebihan dan kekurangan air serta kelembaban tanah yang tidak optimal [1].

Array sensor merupakan sekelompok sensor, biasanya ditempatkan dalam pola geometri tertentu, digunakan untuk mengumpulkan dan memproses sinyal elektromagnetik atau akustik. Dalam penelitian ini Array sensor digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah disekitar akar tanaman cabai [2]. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor kelembaban tanah dengan tipe capacitive soil moisture yang di pasang pada setiap tanaman cabai [3]. Sistem irigasi tetes otomatis menggunakan Node MCU ESP-32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler [4]. ESP-32 akan menerima nilai analog dari array sensor kemudian akan dikonversikan menjadi nilai kelembaban dalam satuan presentase Rh% (Relative Humidity) [5]. Array sensor akan mendeteksi nilai kelembaban tanah dimana tanah dalam kondisi kering, ketika nilai kelembaban tanah dibawah seting maka pompa akan secara otomatis mengalirkan air ke selang irigasi dan akan mulai menyiram [6]. Ketika nilai kelembaban tanah mendekati seting point maka kondisi perputaran pompa akan semakin lambat dan nilai kelembaban tanah pada tanaman cabai semakin tinggi dengan respon sistem yang stabil [7]. Dengan adanya alat peyiraman irigasi tetes otomatis yang memanfaatkan rangkaian sensor ini, diharapkan dapat meringankan pekerjaan bagi para petani yang membudidayakan tanaman cabai dan menghemat dalam penggunaan air.

2. Metodologi

Dalam pembuatan alat ini, diperlukan berbagai komponen baik itu hardware ataupun software. Komponen-komponen tersebut adalah Node MCU ESP-32, Capacitive Soil Moisture Sensor, mosfet, pompa DC, Arduino IDE, PID (Proportional Integral Derivative)

Node MCU ESP-32

ESP32 mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266. Modul ini menggunakan catu daya sebesar 3,3V dan memiliki beberapa mode Wi-Fi, yaitu, Acces Point, Station, dan Both. Modul ini dilengkapi dengan beberapa bagian yaitu processor, memori, dan GPIO yang jumlah pinnya tergantung pada tipe ESP32, yang akan membaca nilai analog dari sensor.

Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2

Soil moisture sensor v1.2 adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau tanaman, atau tingkat kadar air pada tanaman. Sensor ini terdiri dari dua probe untuk melewati arus melalui tanah, kemudian sensor ini akan membaca resistansinya guna untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban pada tanah. Pada penelitian ini sensor ini digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah pada tanaman cabai.

Mosfet

MOSFET (Metal Xide Semiconductor Field Effect Transistor) adalah sebuah perangkat semikonduktor yang secara luas digunakan sebagai switch dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik. MOSFET adalah inti dari sebuah IC (integrated Circuit) yang didesain dan difabrikasi dengan single chip karena ukuranya yang sangat kecil. Pada penelitian ini Mosfet akan bekerja untuk mengatur tegangan dan kecepatan pada pompa air DC agar bekerja dengan baik.

Pompa DC

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair incompressible dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak (driver) menjadi energi potensial yang berupa head, sehingga zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan head yang dimilikinya.

Arduino IDE

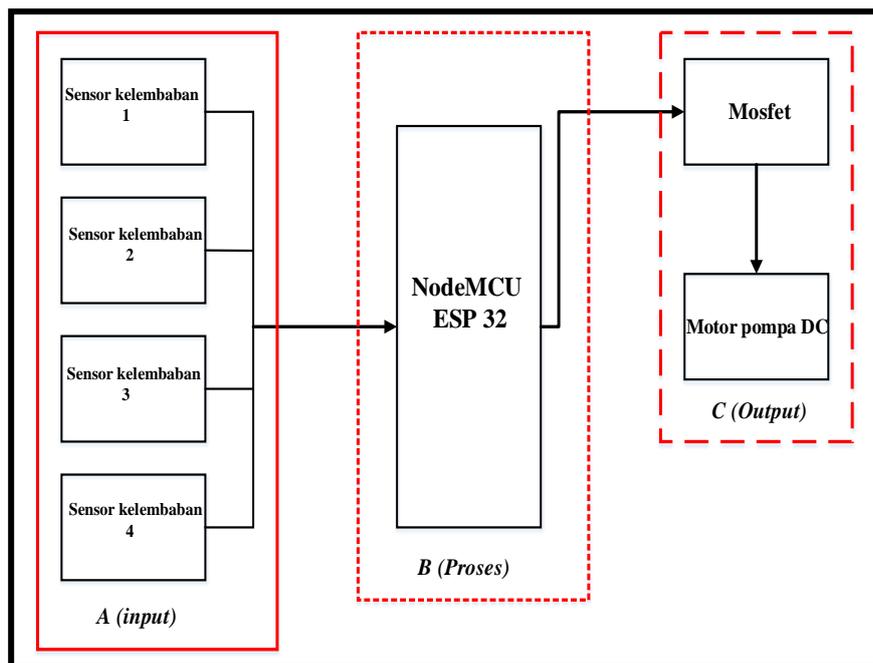
Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan sebagai media penulisan kode listing program yang akan diaplikasikan pada mikrokontroler ESP-32 [8]. Arduino IDE menerapkan bahasa pemrograman C dan C++ sehingga Arduino IDE dapat digunakan di luar sistem Arduino, contohnya NodeMCU. Bahasa pemrograman C dan C++ dari Arduino IDE telah dimudahkan sehingga penggunaannya lebih mudah. Arduino IDE dapat digunakan di berbagai sistem operasi dari Windows, MacOS, Linux, hingga Android. Arduino IDE mendukung semua board Arduino diantaranya Arduino Nano, Uno, Micro, Leonardo, Due, Mega, dan sebagainya.

PID (Proportional Integral Derivative)

Kontrol PID merupakan gabungan dari tiga macam kendali, yaitu pengendali proporsional (Proportional Controller), pengendali integral (Integral Controller), pengendali turunan (Derivative Controller). PID adalah sebuah sistem kontrol umpan balik yang membutuhkan kendali yang bekerja secara kontinyu. Fleksibilitas dari kontroler PID memungkinkannya untuk dapat digunakan dibanyak aplikasi sistem kendali. Pada penelitian ini PID digunakan untuk mengontrol penyiraman sesuai dengan seting point yang sudah ditentukan dalam PID.

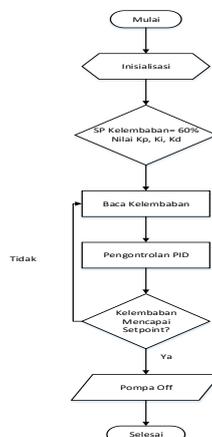
3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan sistem



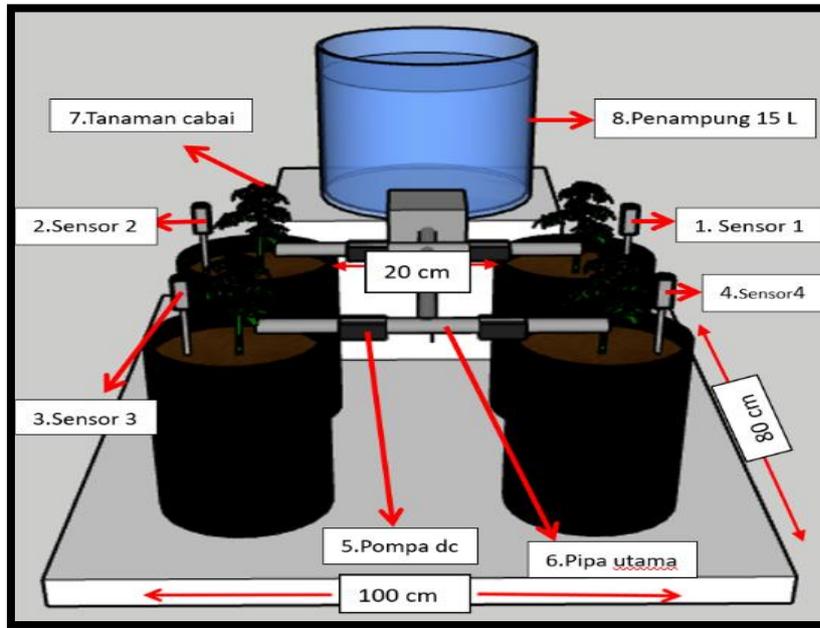
Gambar 1. Blok Diagram

Gambar 1 blok diagram rancangan sistem irigasi tetes pada tanaman cabai. Masing-masing tanaman akan dipasang sensor kelembaban sebagai input yang akan membaca nilai kelembaban tanah dari tanaman cabai, kemudian nilai kelembaban tersebut akan disalurkan ke ESP-32 sebagai pemroses data hasil hacaan nilai kelembaban yang dideteksi sensor. Kemudian Mosfet akan menggerakkan pompa DC sebagai output atau keluaran untuk menyiram apabila nilai kelembaban tanah dibawah seting point.



Gambar 2. Flowchart

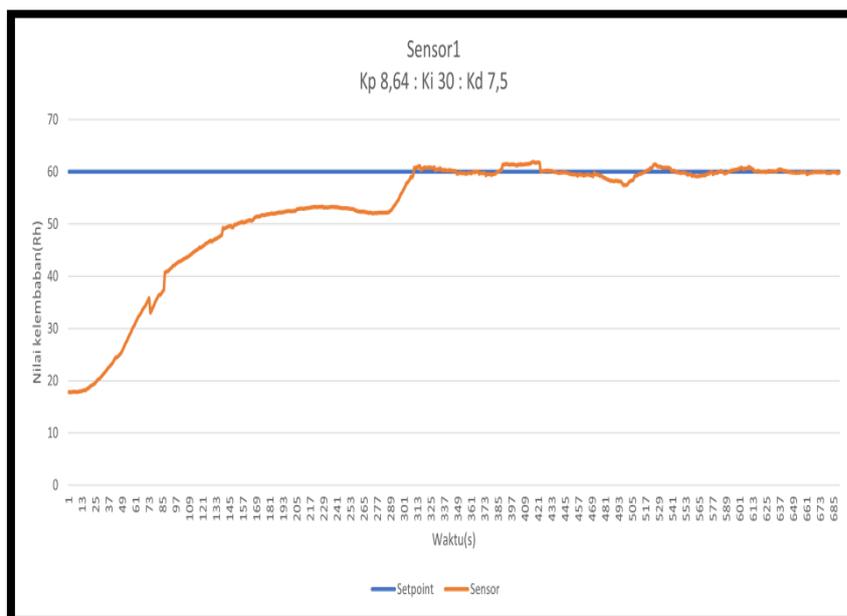
Pada gambar 2 menampilkan flowchart yang dimulai dengan inisialisasi, kemudian melibatkan pembacaan seting point dan pembacaan nilai Kp, Ki, Kd. Selanjutnya pembacaan nilai kelembaban tanah pada tanaman cabai, selanjutnya sistem kendali PID pada pemrogramannya akan bekerja mencapai seting point yg sudah di tentukan, apabila kelembaban tanah sudah mencapai seting pointnya maka pompa akan otomatis off/mati, jika tidak mencapai seting point maka akan kembali ke sistem kendali PID dan pompanya akan tetap on.



Gambar 3. Gambar mekanik

Hasil Penelitian

Hasil pengujian sensor 1 dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=8,64$, $K_i=30$, $K_d=7,5$. Mula-mula kontrol PID diberi seting poin sebesar 60% . Lama penyiraman selama 685 detik menghasilkan respon yang stabil sehingga kelembaban pada tanaman cabai dapat terjaga pada nilai 60%



Gambar 4. Grafik sensor 1 menggunakan kontrol PID

Grafik diatas merupakan hasil respon system dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=8,64$, $K_i=30$, $K_d=7,5$ menghasilkan respon system yang stabil dimana pompa akan otomatis of dan berhenti menyiram ketika nilai kelembaban mencapai seting point.

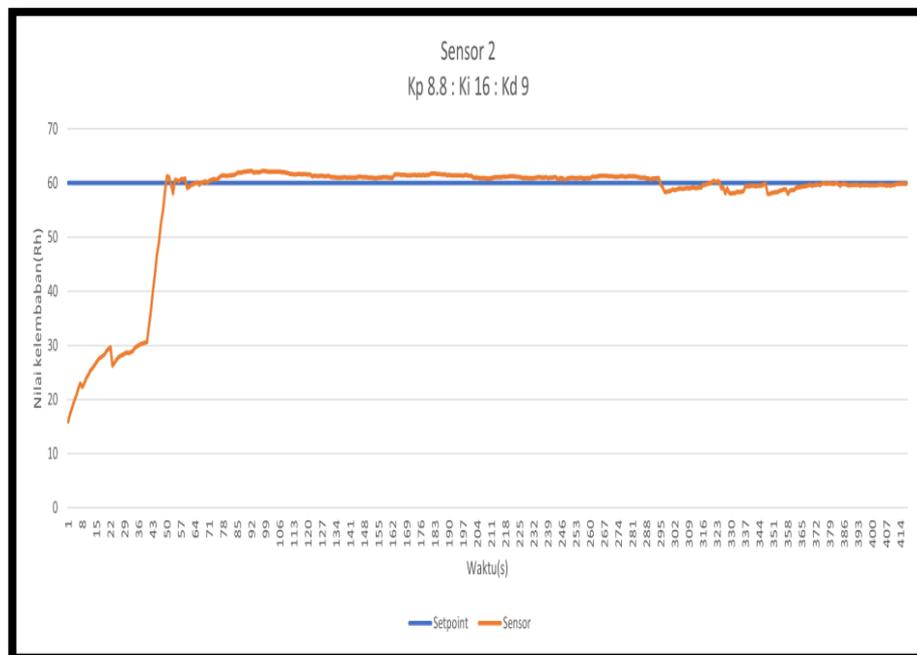
Data yang dihasilkan oleh pengujian sensor 1 dapat diketahui pada tabel 1, tanah yang dikategorikan oleh tiga kondisi yaitu kering,lembab, dan basah.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor 1

Nilai Kelembaban (Rh%)	ADC	Kondisi Tanah	Tegangan (V)
<35%	2505-1968	Kering	3,06-2,4
>35%-52%	1946-1814	Lembab	2,38-2,21
>52%-62%	1555	Basah	1,9

Data yang dihasilkan oleh pengujian sensor 1 dapat diketahui pada tabel 1, tanah yang dikategorikan oleh tiga kondisi yaitu kering,lembab, dan basah.

Hasil pengujian sensor 2 dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=8,8$, $K_i=16$, $K_d=9$.Mula-mula kontrol PID diberi seting poin sebesar 60%. Lama penyiraman selama 414 detik menghasilkan respon yang stabil sehingga kelembaban tanah pada tanaman cabai dapat terjaga pada nilai kelembaban 60%.



Gambar 5. Grafik sensor 2 menggunakan kontrol PID

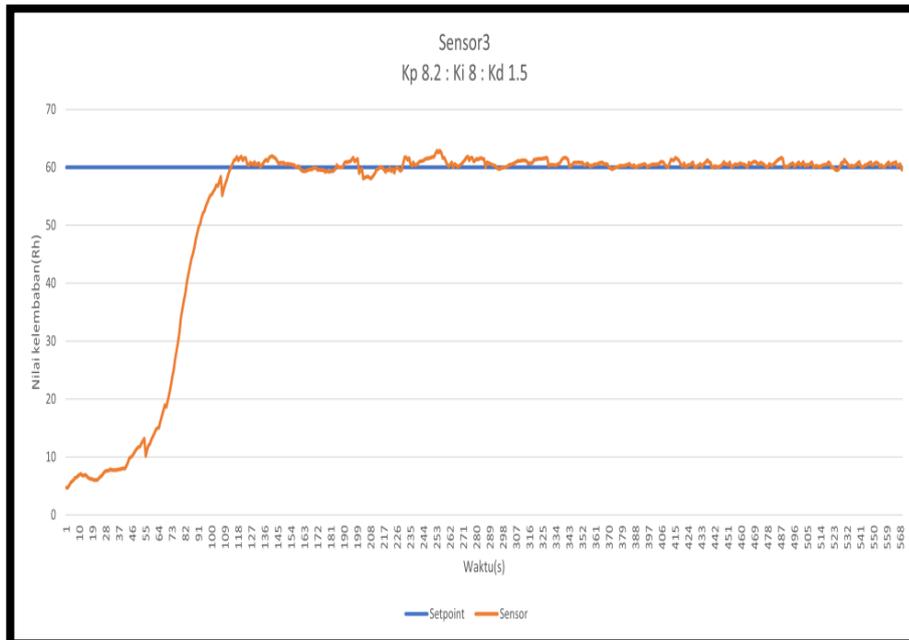
Grafik diatas merupakan hasil respon system dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=8,8$, $K_i=16$, $K_d=9$ menghasilkan respon system yang stabil dimana pompa akan otomatis of dan berhenti menyiram ketika nilai kelembaban mencapai seting point.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor 2

Nilai Kelembaban (Rh%)	ADC	Kondisi Tanah	Tegangan (V)
<24%	3095 - 2579	Kering	3,18-3,12
>24% - 51%	1980 - 1780	Lembab	3,14
>51% - 61%	1719	Basah	2,4

Data yang dihasilkan oleh pengujian sensor 2 dapat diketahui pada tabel 2, tanah yang dikategorikan oleh tiga kondisi yaitu kering,lembab, dan basah.

Hasil pengujian sensor 3 dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=8$, $K_i=8$, $K_d=1,5$. Mula-mula kontrol PID diberi seting poin sebesar 60%. Lama penyiraman selama 568 detik menghasilkan respon yang stabil sehingga kelembaban tanah pada tanaman cabai dapat terjaga pada nilai kelembaban 60%.



Gambar 6. . Grafik sensor 3 menggunakan kontrol PID

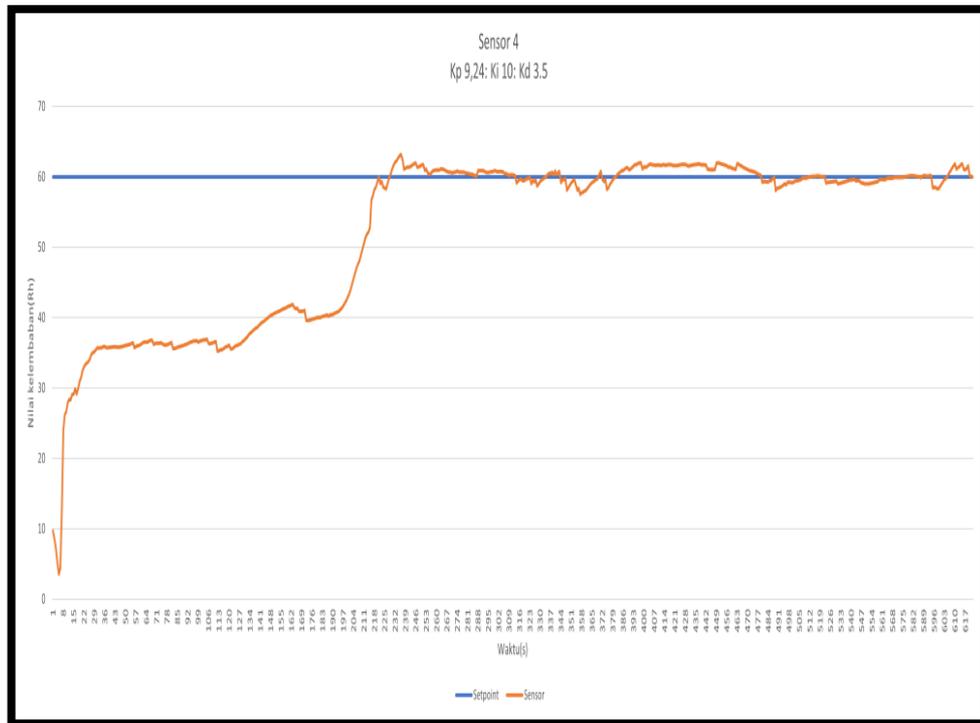
Grafik diatas merupakan hasil respon system dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=8,2$, $K_i=8$, $K_d=1,5$ menghasilkan respon system yang stabil dimana pompa akan otomatis of dan berhenti menyiram ketika nilai kelembaban mencapai seting point.

Tabel 3 Hasil pengujian sensor 3

Nilai Kelembaban (Rh%)	ADC	Kondisi Tanah	Tegangan (V)
<25%	3071 – 2687	Kering	3,67 - 3,28
>25 - 37%	2575 – 2327	Lembab	3,14 - 3,05
>37% - 60%	2687	Basah	3,28

Data yang dihasilkan oleh pengujian sensor 3 dapat diketahui pada tabel 3, tanah yang dikategorikan oleh tiga kondisi yaitu kering, lembab, dan basah.

Data yang dihasilkan oleh pengujian sensor 3 dapat diketahui pada tabel 4.5, tanah yang dikategorikan oleh tiga kondisi yaitu kering, lembab, dan basah.



Gambar 7. Grafik sensor 4 menggunakan kontrol PID

Grafik diatas merupakan hasil respon system dengan menggunakan tuning PID dengan nilai $K_p=9,24$, $K_i=10$, $K_d=3,5$ menghasilkan respon system yang stabil dimana pompa akan otomatis on dan berhenti menyiram ketika nilai kelembaban mencapai seting point.

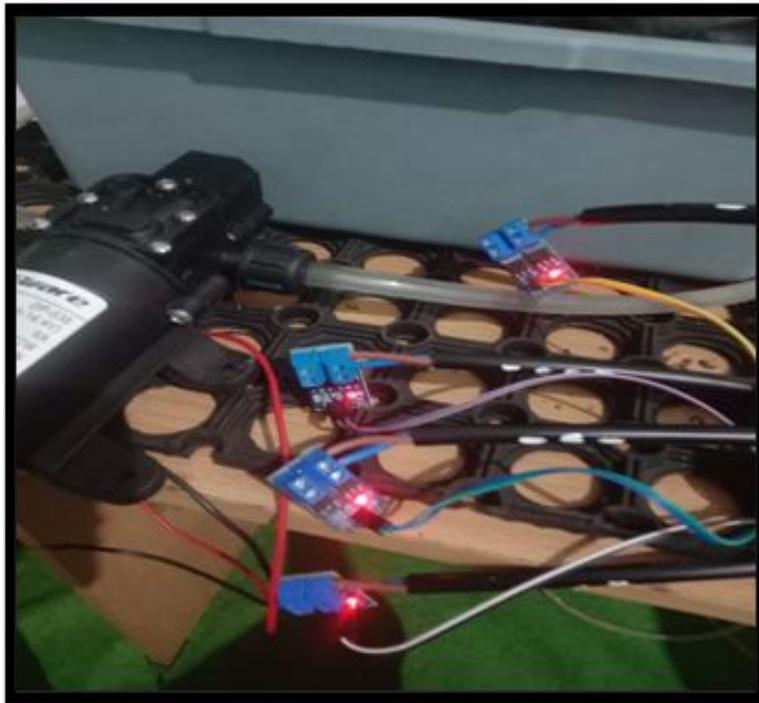
Tabel 4. Hasil pengujian sensor 4

Nilai Kelembaban (Rh%)	ADC	Kondisi Tanah	Tegangan (V)
<12%	3605 – 3009	Kering	3,25 - 3,11
>12% - 39%	2521 – 2354	Lembab	3,08 - 2,77
>39% - 60%	2344 – 1994	Basah	269 - 2.43

Data yang dihasilkan oleh pengujian sensor 4 dapat diketahui pada tabel 4.6, tanah yang dikategorikan oleh tiga kondisi yaitu kering, lembab, dan basah.

Pengujian Mosfet

Pengujian mosfet dilakukan untuk menggerakkan dan mengatur tegangan motor pompa DC yang akan dihubungkan dengan NodeMCU ESP 32 dan juga akan dihubungkan dengan power supply 12V 30A. Lampu indikator pada mosfet akan menyala ketika pompa dalam keadaan on atau sedang bekerja dan off ketika pompa berhenti bekerja/off. Mosfet menggunakan pin G18, G5, G4, G2 sebagai input dan pin pembacaan pada ESP 32, pin GND sebagai outputnya.



Gambar 8 Pengujian mosfet

```
37 unsigned long windowStartTime4, unsigned long windowStartTime5, unsigned long windowStartTime6;
38
39 void setup() {
40   Serial.begin(115200);
41   // Set the output pin for the mosfet pump
42   pinMode(enA, OUTPUT);
43   pinMode(enB, OUTPUT);
44   pinMode(enC, OUTPUT);
45   pinMode(enD, OUTPUT);
46
47   // Set the PID tuning parameters
48   myPID1.SetMode(AUTOMATIC);
49   myPID1.SetOutputLimits(0, 255); //set parameter output Pwm
50   myPID2.SetMode(AUTOMATIC);
51   myPID2.SetOutputLimits(0, 255);
52   myPID3.SetMode(AUTOMATIC);
53   myPID3.SetOutputLimits(0, 255);
54   myPID4.SetMode(AUTOMATIC);
55   myPID4.SetOutputLimits(0, 255);
56 }
57
58 void loop(){
59   run_PID1();
60 }
```

Output Serial Monitor x

Not connected. Select a board and a port to connect automatically

Gambar 9. Pengujian mosfet

Mosfet akan menggerakkan pompa ketika diperintahkan untuk menyiram. Lampu indikator pada mosfet akan menyala ketika pompa dalam keadaan on atau sedang bekerja dan off ketika pompa berhenti bekerja/off. Mosfet menggunakan pin G18, G5, G4, G2 sebagai input dan pin pembacaan pada ESP 32, pin GND sebagai outputnya.

Pengujian Pompa DC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pompa bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengendalikan pompa yang sudah terhubung dengan mosfet.



Gambar 10. Pengujian pompa DC

Setelah dilakukan pengujian diperoleh hasil bahwa pompa DC dapat bekerja dengan baik dan mampu mengalirkan air ke selang irigasi. Pompa bekerja ketika nilai kelembaban dibawah presentase yang dihasilkan dari keempat sensor, dan mati ketika nilai kelembaban sudah mencapai seting poin.

Tabel 5. Hasil pengujian pompa DC

Nilai PWM	Tegangan Pompa	Kondisi Pompa
230-255	11 V	On (Cepat)
104-225	5,33 V	Sedang
40	1,25 V	Mati/Off

Ketika putaran pompa dalam kondisi cepat maka tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 11 V dengan nilai PWM 230-255, kondisi ini tekanan air yang dialirkan kedalam selang irigasi cukup besar dan memungkinkan tetesan pada selang irigasi semakin cepat, tekanan air akan berkurang ketika nilai PWM menurun mencapai 104-225 dengan tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 5,33 V, dengan kondisi tetesan akan semakin lambat. Semakin menurun tegangan dan nilai PWM dari pompa DC maka semakin kecil tekanan air yang akan dialirkan ke selang irigasi.

Hasil pengujian keseluruhan

Tabel 6. Hasil pengujian keseluruhan

Sensor	Nilai Kelembaban(Rh%)	Kondisi Tanah	PWM	Tegangan Pompa(V)	Kondisi Pompa
Sensor 1	<35%	Kering	231-255	8V-11V	Cepat
	>35% - 52%	Lembab	40-216	2,12V-7,82V	Lambat

	60%	Basah	0	0,11V	Mati
Sensor 2	<24%	Kering	233-255	7-11V,11,32V	Cepat
	>24% - 51%	Lembab	50-220	3V-6V	Lambat
	62%	Basah	0	0,3	Mati
Sensor 3	<25%	Kering	229-255	8,9V-11,1V	Cepat
	>25% - 37%	Lembab	39-214	2,24V-7V	Lambat
	61%	Basah	0	0,5	Mati
Sensor 4	<12%	Kering	224-255	9,28-11,24V-	Cepat
	>12% - 39%	Lembab	37-164	5,11-7,25V	Lambat
	>39% - 60%	Basah	0	0,27V	Mati

Pengujian keseluruhan sistem telah dilakukan dan menghasilkan hasil yang stabil. Dengan memanfaatkan rangkaian sensor yang pasang pada setiap tanaman kelembaban tanah pada tanaman cabai dapat terjaga dengan system penyiraman otomatis dengan menerapkan system irigasi tetes. Kelembaban tanah pada tanaman cabai dapat terjaga pada nilai kelembaban 60%. Nilai presentase kelembaban yang dihasilkan merupakan nilai hasil konversi dari ADC.

4. Kesimpulan

Dari pengujian keseluruhan sistem dengan memanfaatkan sistem irigasi tetes pada tanaman cabai dapat meminimalisir penggunaan air dan juga tenaga serta dapat mengetahui nilai kelembaban tanah dari hasil pengukuran menggunakan sensor soil moisture. Alat akan bekerja jika nilai kelembaban tanah dibawah 60% sesuai dengan seting point yang sudah ditetapkan pada kontrol PID (Proportional Integral Derivative). Hasil perancangan kontrol PID untuk mengontrol kelembaban dan penyiraman didapatkan nilai $K_p=8,64$, $K_i=0,0288$, $K_d=64,8$ untuk sensor (1), $K_p=1,8$, $K_i=0,023$, $K_d=34,2$ sensor (2), $K_p=3,2$, $K_i=0,53$, $K_d=4,8$ sensor (3), $K_p=9,25$, $K_i=0,660$, $K_d=32,3$ sensor (4)..

Referensi

- [1] Prasetya, B., Setiawan, A. B., & Hidayatulail, B. F., " Fuzzy Mamdani Pada Tanaman Tomat Hidroponik," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol 3,no 2, 228-263. 2019
<https://doi.org/10.21070/jeee-u.v3i2.2471>
- [2] Wahjuni, S., Wulandari, W., & Kholili, M., " Development of Fuzzy-Based Smart Drip Irrigation System for Chili Cultivation," *JUITA: Jurnal Informatika*, vol 10, no 1, 115-125. 2022
<http://dx.doi.org/10.30595/juita.v10i1.12998>
- [3] Darmaputra, I. G., Idrus, M., & Suprpto, S., "Water Productivity In Drip Irrigation System For Hydroponic Caisim Plant (Brassica chinensis var. Parachinensis) With Various Polybag Sizes And Different Planting Media. " *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, vol.22, no.3, 279-286. 2022
<https://doi.org/10.25181/jppt.v22i3.2769>
- [4] Suryaningrat, A., Kurnianto, D., & Rochmanto, R. A., "Sistem Monitoring Kelembaban Tanaman Cabai Rawit menggunakan Irigasi Tetes Gravitasi berbasis Internet Of Things (IoT)," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol.10, no.3, 568, 2022
<http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v10i3.568>
- [5] Amuddin, A., & Suwardji, S., "Rancang Angun Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Sistem Irigasi Tetes Berbasis Pompa Energi Surya Dari Sumber Air Sumur Tanah Dalam Pada Lahan Kering," Doctoral dissertation, upt. Perpustakaan, 2018
<http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/1806>

- [6] Fajar, G., Minarto, M., & Tamyiz, U. M. H, "Rancang Bangun Sistem Irigasi Tetes dan Monitoring Kualitas Lahan Pertanian Tadah Hujan Berbasis Web." *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol.4, no.4, 1333-1342, 2023
<https://doi.org/10.47065/josh.v4i4.3899>
- [7] Mas'ud, H., & Nirwan, H. A, "Pertumbuhan dan hasil Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi dan Media Dalam Sistem Hidroponik." *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian*, vol.9. No.5, 1218-1226, 2021
<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/agrotekbis/index>
- [8] Rizky, W. P, " *RANCANG BANGUN IRIGASI TETES (drip irrigation) Otomatis Menggunakan Sistem Fertigasi Berbasis Mikrokontroler Pada Cabai Rawit (Capsicum Frutescens L.)*," Doctoral dissertation, Universitas Andalas, 2023
<http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/201269>
- [9] Pertiwi, A., Kristianti, V. E., Jatnita, I., & Daryanto, A, "Sistem Otomatisasi Drip Irigasi Dan Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Things," *Sebatik*, vol.25. no.2,739-747, 2021
<https://doi.org/10.46984/sebatik.v25i2.1623>