

Rancang Automatic Sprinkler Pada Tanaman Bawang Menggunakan Teknik PWM Berbasis Arduino

Walfrido Sijabat¹, Ishak², Sri Murniyanti³

^{1,2}Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

³Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹walfridosijabat6@gmail.com, ²ishakmkom@gmail.com, ³srimurianti21@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: walfridosijabat6@gmail.com

Abstrak

Bawang merupakan tumbuhan penting bagi manusia, daun dan umbi bawang dimanfaatkan sebagai sayuran atau sebagai rempah-rempah itulah sebabnya tumbuhan bawang yang baik sangat diperlukan namun sangat banyak dijumpai gagal panen pada petani bawang karena masalah penyiraman yang kurang baik dan akurat apa lagi dimusim kemarau. Melalui penelitian ini, peneliti mencoba membuat prototype aplikasi penyiraman *automatic sprinkler* pada tanaman bawang menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis berbasis Arduino. Pengembangan sistem aplikasi menggunakan metode *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur kecepatan pompa penyiraman saat kondisi tanah kering, lembab dan basah. Prinsip kerja Prototipe ini secara sederhana adalah ketika kelembaban tanah mencapai ambang batas tertentu antara (476-1023) maka sistem akan bekerja dengan mengaktifkan sistem penyiraman 100%, jika antara (340-475) maka sistem akan bekerja mengaktifkan sistem penyiraman 75% dan jika antara (150-339) kelembaban tanah masih dianggap cukup untuk kebutuhan tanaman bawang. Pada sistem ini debit air diatur dengan cara memberi nilai *duty cycle* pada pompa air sesuai dengan kelembaban tanah yang terdeteksi. jika kelembaban tanah yang terdeteksi kering maka *duty cycle* pada pompa air adalah 100%. jika kelembaban tanah yang terdeteksi sedang maka *duty cycle* pada pompa air adalah 75%. jika kelembaban tanah yang terdeteksi basah maka *duty cycle* pada pompa air adalah 0%.

Kata Kunci: Arduino, *Automatic Sprinkler*, Bawang, Penyiraman, PWM

1. PENDAHULUAN

Penyiraman tanaman merupakan suatu hal yang sangat perlu di perhatikan, karena tanaman sangat memerlukan asupan air yang cukup untuk proses perkembangan dan pertumbuhan yang baik guna meningkatkan hasil dan meningkatkan ekonomi petani dalam bidang pertanian, sudah sangat banyak menggunakan teknologi yang canggih dan serba otomatis pada saat ini, selain mempermudah cara bekerja juga lebih efisien dan tergolong akurat dalam mengerjakan sesuatu sehingga pekerjaan yang membutuhkan waktu pengerjaan yang lama dapat lebih singkat dan mengurangi resiko kecelakaan [1]. Bawang ialah salah satu komoditas tanaman hortikultura yang mempunyai banyak manfaat, bernilai ekonomis tinggi dan prospek pasar yang sangat baik. Bawang sendiri merupakan komoditas andalan yang ada di Sumatera [2].

Pada bidang petani bawang proses penyiraman tanaman bawang merupakan hal yang sangat penting di perhatikan karena pada dasarnya tanaman bawang itu tidak boleh kelebihan air dan tidak boleh kekurangan air, agar tanaman bawang tersebut memiliki kelembapan tanah yang baik dan pertumbuhan yang baik. sehingga perlu ada nya alat yang akurat dalam mengukur keperluan air dan kelembapan tanah untuk kelangsungan pertumbuhan tanaman bawang, namun dalam hal ini tidak memungkinkan menggunakan tenaga manusia dalam memonitoring setiap waktu kelembapan tanah, menyiram atau menghidupkan dan mematikan alat penyiraman setiap saat karena selain memakan waktu yang tergolong lama juga tidak efisien dalam pengairan tanaman bawang.

Automatic sprinkler sangat perlu dibuat karena kincir air ini bekerja berdasarkan sensor kelembapan tanah dimana penerapan sensor kelembapan tanah inilah yang akan memonitoring kelembapan tanah setiap saat, kelembapan kemudian akan di progam untuk mengatur sistem kerja alat tersebut, dan penerapan teknik *pulse width modulation* yang dapat mengatur kecepatan pompa air sehingga memungkinkan tanaman bawang tidak kelebihan air dan juga tidak kekurangan air, pada dasar nya untuk penanaman bawang yang cocok dalam dalam pertumbuhan bawang ialah dengan ph tanah 5,5-6,5 dan dengan kondisi tanah yang lempung berpasir dan lempung berdebu serta banyak mengandung bahan organik.

Metode *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitude dan frekuensi yang tetap. Besar lebar pulsa ini nantinya yang akan digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor [3].

Pada *automatic sprinkler* digunakan teknik *pulse width modulation* yang akan bekerja dalam tiga kondisi dimana apabila tanah kering maka *sprinkler* akan menyiram dengan kencang dan kemudian apabila sudah sedikit basah, kincir air akan berputar sedang dan apabila sudah basah atau kelembapan sudah tercukupi maka *automatic sprinkler* akan lambat dan sedikit menyiramkan air dan apabila air sudah mencukupi atau mencapai kelembapan ph tanah yang di inginkan maka kincir akan mati dan apabila tanah kembali kering maka kincir akan hidup kembali [4].

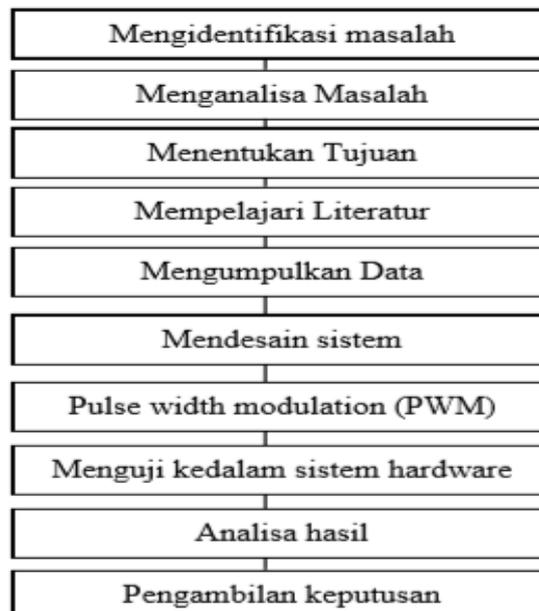
Kombinasi antara *sprinkler* dan pompa air serta dipadukan dengan Arduino dan sensor kelembapan tanah akan dirancang dan di buat sebuah *automatic sprinkler* untuk mendapatkan penyiraman yang baik dan efisien untuk meningkatkan hasil produktivitas tanaman bawang yang berkualitas pada sektor pertanian [5].

Relevansi pada penelitian sebelumnya, diantaranya penyiraman otomatis pada tanaman jambu madudeli hijau menggunakan mikrokontroler ATmega328 yang bisa di *monitoring* melalui android dan komputer menggunakan koneksi *Bluetooth* [6]. Penyiraman otomatis berbasis Arduino UNO dan dimonitor tingkat kelembaban tanahnya oleh sensor YL-69 [7]. Penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis mikrokontroler yaitu Arduino UNO [8]. Penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah menggunakan prosesor ATmega sebagai mikrokontroler dan menggunakan *Valve Solenoid* untuk mengatur aliran air [9]. Sistem pengendalian pemupukan dan penyiraman otomatis berbasis Arduino Mega 2560 dengan menggunakan *website* sebagai *monitoring* [10].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Kerja

Untuk lebih memperjelas metode penelitian maka dijabarkan sebuah kerangka kerja dari penelitian yang dilakukan, sesuai pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Kerangka Kerja

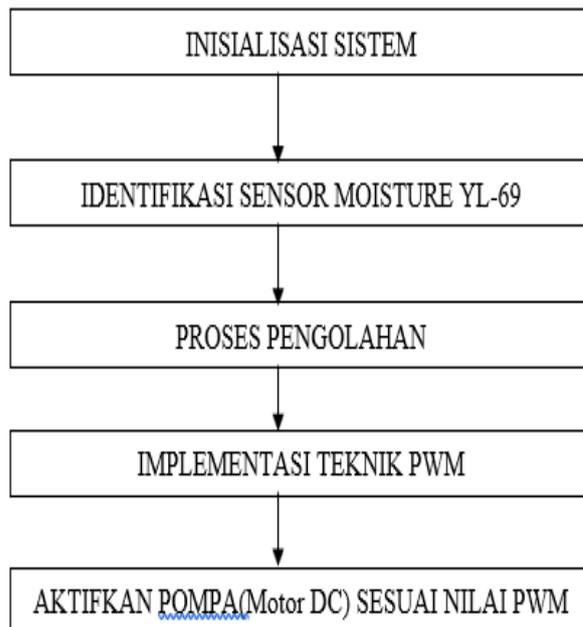
Berdasarkan Gambar 1 maka dapat diuraikan rangka-rangka kerja penelitian sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi Masalah
Masalah yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah kesulitan dalam mengimplementasikan metode system dan matematis ke dalam *hardware* yakni Arduino, merancang sebuah sistem cerdas agar dapat dikonfigurasi untuk sistem penyiraman yang secara otomatis
- b. Menganalisa masalah
Untuk menganalisa masalah bagaimana mencari kelemahan pada system yang akan dirancang. untuk mengatasi masalah pada system yang akan dirancang maka harus dilakukan analisa masalah yang ada pada sistem dan akan memperbaiki sistem yang dirancang, dan seperti apa masalah tersebut.
- c. Menentukan tujuan
Menentukan tujuan yang hendak dicapai agar hasil yang diharapkan tidak berbeda dengan tujuan yang diharapkan sebelumnya. Adapun target yang akan dituju dalam perancangan alat ini adalah mengimplementasikan sebuah program ke dalam hardware Arduino untuk menjalankan sistem monitoring kelembaban tanah pada tanaman bawang menggunakan metode PWM yang akan diterapkan di lapangan
- d. Mempelajari literatur
Mempelajari literatur-literatur yang akan digunakan sebagai bahan referensi dalam perancangan ini. Adapun literatur yang dipakai adalah jurnal – jurnal ilmiah, buku, modul pembelajaran, buku tentang Arduino, mikrokontroler, dan konektivitas antara mikrokontroler dan arduino.
- e. Mengumpulkan data
Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan pembuatan alat. Pengumpulan data pada perancangan tujuan perancangan alat. Pengumpulan data pada perancangan alat ini yaitu mencakup kondisi lapangan dan lingkungan objek pertanian bawang.

- f. Desain sistem
Desain sistem *automatic sprinkler* dibuat dengan menggunakan *software google sketcUp* untuk sistem pengisian air otomatis dan yang akan dibangun termasuk *hardware*.
- g. *Pulse width modulation*
Pulse width modulation ini digunakan untuk mengatur tekanan air dengan tiga kondisi yaitu kondisi *high*, *medium*, dan *low* teknik ini digunakan untuk mengurangi resiko air berlebih pada penyiraman tanaman bawang
- h. Menguji kedalam sistem *hardware*
Pengujian system *hardware* menggunakan *Arduino* sebagai *compiler* program yang akan dibuat dan diupload kedalam chip mikrokontroler *Arduino uno* dan akan terhubung langsung dengan sensor kelembapan tanah yang memonitoring kelembapan tanah dan *sprinkler* akan bekerja secara otomatis sesuai dengan program *pulse width modulation*
- i. Analisa hasil
Analisa hasil yang diperoleh dari pengujian akan dianalisa kembali agar hasil yang didapatkan lebih akurat dan sesuai dengan yang diharapkan. akurasi pada sistem yang bekerja untuk menginformasikan kelembapan tanah merupakan target yang harus dapat berjalan dengan maksimal
- j. Pengambilan keputusan
Setelah keseluruhan hasil yang didapatkan dan dianalisa maka akan diperoleh pengambilan keputusan dan kelayakan sistem yang dirancang, apakah sistem tersebut bias dijalankan sebagaimana fungsi yang diharapkajn sehingga dapat diterapkan didalam dunia pertanian bawang, jika tidak maka akan dilakukan pengkajian ulang dalam proses awal dalam kerangka kerja ini.

2.2 Tahapan Penelitian

Adapun keseluruhan sistem terkait tahapan tahapan kerja sistem dapat dilihat pada gambar 2 *block* diagram berikut ini.



Gambar 2. Tahapan-Tahapan Sistem

Berdasarkan gambar 2 diatas, maka diperoleh beberapa langkah utama dalam menjalankan sistem yakni :

- a. Inisialisasi sistem
Inisialisasi sistem ialah proses awal sebagai syarat agar sistem dapat dijalankan adapun yang termasuk dalam inisialisasi sistem adalah menghubungkan *power supply* ,menentukan set pont jika diperlukan hingga melakukan koneksi awal antar komponen komponen utama.
- b. Identifikasi sensor kelembapan tanah
Pada tahap ini sistem sudah dalam kondisi aktif, dimana sensor *soil moisture* akan mendeteksi secara otomatis kondisi kelembapan tanah.
- c. Proses pengolahan data

Proses pengolahan data *input* dan *output* dilakukan oleh sistem kendali arduino uno, yang digunakan. Biasanya konfigurasi akan terjadi setelah sistem diaktifkan dan data sensor akan otomatis dikirim kesistem kendali untuk diolah berdasarkan metode yang diterapkan.

d. Implementasi teknik PWM (*pulse width modulation*)

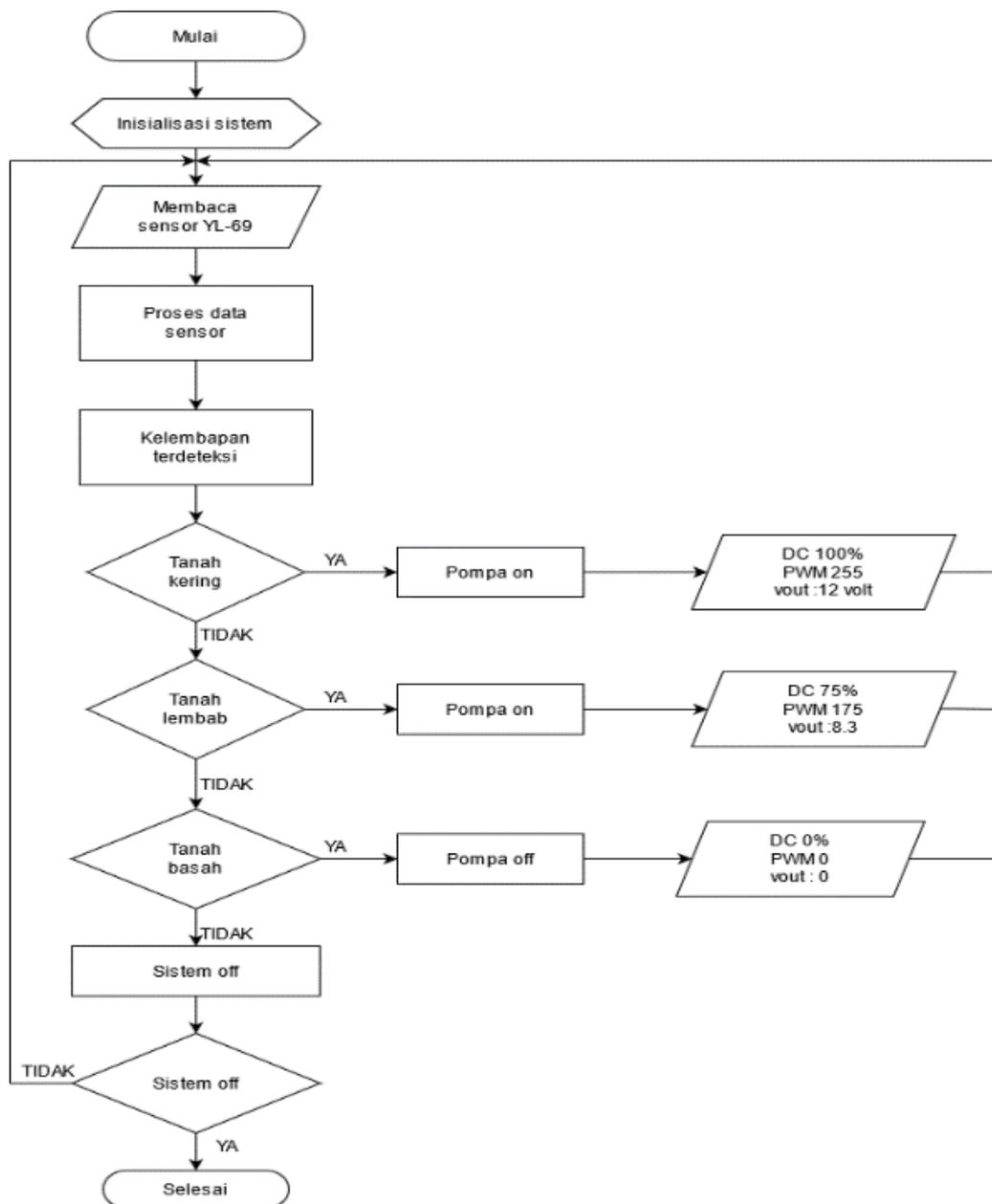
Program yang dimasukkan kedalam system dengan ketentuan algoritma dari Arduino uno dibuat dengan menggunakan metode *pulse width modulation* sehingga dapat mengontrol kecepatan motor DC sesuai program yang dimasukkan.

e. Proses pengendalian *output*

Tahap terakhir dari sistem ini yaitu pompa (Motor DC) akan aktif sesuai dengan nilai *Pulse Width Modulation* yang sudah ditentukan dan akan ditampilkan di LCD.

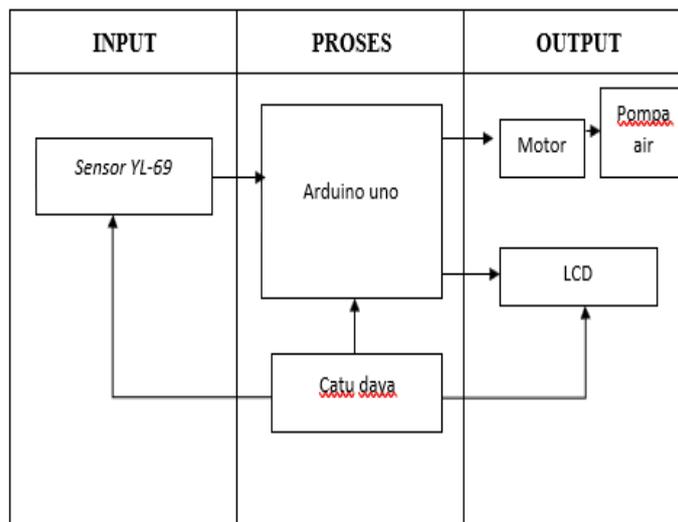
2.3 Flowchart Sistem

Gambar beserta penjelasan dari *flowchart* sistem dalam penelitian ini, sesuai pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. *Flowchart* Sistem

Aliran kerja program pada gambar 3 diatas ialah sistem akan dimulai dengan inialisasi sistem tahap ini merupakan tahapan pemberian catu daya untuk mengaktifkan sistem dan rangkaian keseluruhan yang digunakan agar dapat berfungsi dengan baik selanjutnya masuk pada inputan sensor kelembapan tanah yaitu sensor *moisture* YL-69 dimana sensor ini digunakan untuk mendekteksi kelembapan tanah dan mengukur *range* tanah yang selanjutnya akan menggerakkan motor DC atau pompa DC dan kemudian sensor akan mengirim data yang akan diproses dengan menentukan dalam tiga kondisi, kondisi pertama ketika tanah kering maka pompa akan hidup dan pompa air kencang dengan tegangan 12 v kondisi kedua saat tanah sudah lembab makan motor akan sedikit melambat dengan tegangan 8.3 v kemudian kondisi ketiga ketika tanah basah maka sistem akan mati dan pompa *off* ketiga kondisi tersebut akan ditampilkan di LCD dan selanjutnya sistem akan *off* dan kemudian apabila sensor mendeteksi tanah kering maka sistem akan kembali bekerja lagi secara otomatis. Blok diagram dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Blok Diagram.

Proses perancangan sistem ini dilakukan dengan Arduino uno, terdapat blok *input*, proses, dan *output* yaitu :

- a. Blok *Input*
 Pada blok *input* terdapat sensor kelembapan YL-69 digunakan sebagai pendeteksi kelembapan tanah pada tanaman bawang.
- b. Blok Proses
 Pada blok proses yaitu Arduino uno sebagai mikrokontroler yang akan memproses *input* dari sensor kelembapan tanah yang akan menghasilkan Sensor YL-69 Arduino uno Catu daya Pompa air LCD Motor 51 *output* yang akan mengirim perintah pada pompa dan akan mengirim data ke LCD.
- c. Blok *Output*
 Pada blok *output* terdapat pompa air yaitu untuk memompa air sesuai dengan pemrosesan data. LCD sebagai penampil data yang telah diproses oleh Arduino uno untuk mengetahui kondisi tanah yang telah disiram oleh pompa.

2.4 Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation adalah salah satu jenis modulasi. Modulasi *Pulse Width Modulation* dilakukan dengan cara mengubah perbandingan lebar pulsa positif terhadap lebar pulsa negatif ataupun sebaliknya dalam frekuensi sinyal yang tetap. Artinya total perioda pulsa dalam *Pulse Width Modulation* pada umumnya menggunakan perbandingan pulsa positif terhadap total pulsa. Dimisalkan T_p adalah *time* positif dan T_n adalah *time* negatif [11].

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer yang sebagian besar elemen didalamnya dirangkai menjadi sebuah *chip* IC. Salah satu kemudahannya seperti mikrokontroler ATmega 328 yang sudah dikombinasikan dengan boardloader Arduino [12].

2.6 Arduino

Arduino merupakan *boardloader* mikrokontroler yang memanfaatkan chip ATmega 328. Arduino memiliki kelebihan dalam kemudahan penggunaan mikrokontroler jenis ATmega328 dimana *boardloader* ini sudah terintegritas untuk pemrograman berbasis bahasa C yang cukup sederhana. Selain itu arduino juga memiliki *input output interface* yang

mana diantara pin nya memiliki fungsi khusus PWM. Arduino sendiri menggunakan tegangan kerja 3.3 Volt hingga 5 Volt. Yang mana kondisi tersebut semakin mempermudah pengolahan dan pengaturan untuk penerapan teknik PWM [13].

2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu papan elektronika berbasis mikrokontroler atmega yang memiliki sistem minimum mikrokontroler dan juga memiliki 32 pin I/O. Arduino uno digunakan sebagai proses utama pada sistem yang dibuat berbasis mikrokontroler dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) [14]. Memanfaatkan arduino uno sebagai kendali utama yang memproses masukan dari sensor hujan untuk menggerakkan motor servo sebagai penggerak *wipper* secara otomatis dan menggunakan teknik PWM (*Pulse width Modulatioan*) yang diletakkan dalam algoritma pemrograman pada arduino uno [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Deteksi Kelembaban

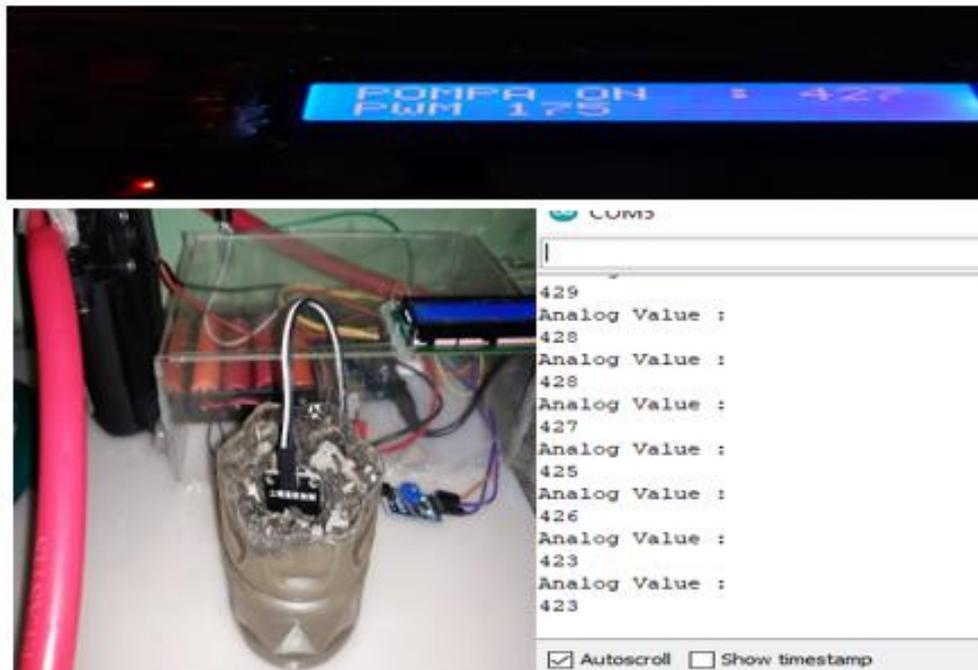
Berikut Analisa sistem berupa proses saat pompa air sudah terhubung pada catu daya 12 v dan sensor sudah pada media tanah untuk mendeteksi kelembaban sudah siap untuk digunakan, sesuai pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Kondisi Tanah Sangat Kering

Pada gambar 5 dapat dijelaskan bahwa media tanah yang sangat kering, nilai output pada sensor ini menggunakan resolusi 10 bit dengan nilai 0-1023 dalam pengujian sensor kelembaban tanah yl-69 kalibrasi nilai kering sampai dengan sangat kering yang didapatkan yaitu antara 476-1023 maka pada pengujian alat ini didapatkan dengan dengan nilai 998 yang tampil pada LCD dengan PWM 254 yang artinya tanah masuk pada kategori sangat kering dan pompa aktif 100% dengan daya 12 volt pompa ON.

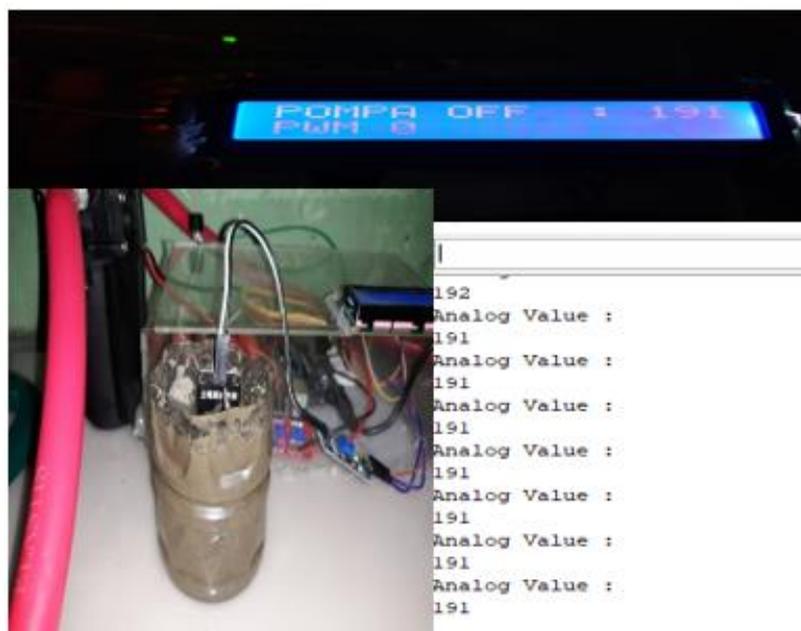
Kondisi tanah sedang tidak basah dan tidak kering, dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini



Gambar 6. Kondisi Tanah Sedang Tidak Basah dan Tidak Kering

Pada gambar 6 diatas kondisi tanah sedang atau bisa dikatakan tidak basah dan tidak kering pada pengujian sensor kelembapan tanah yl-69 kalibrasi nilai sedang yaitu antara 340-475 maka pengujian alat ini didapatkan dengan nilai 427 nilai sensor kelembapan tanah nya yang tampil pada LCD dengan PWM 175 yang artinya masuk pada kategori tanah sedang tidak basah dan tidak kering dan pompa aktif 70% dengan daya 8.3 volt pompa ON.

Berikut gambar kondisi tanah basah sesuai pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Kondisi Tanah Basah

Pada gambar 7 dapat dijelaskan bahwa media tanah basah dalam pengujian sensor kelembapan tanah yl-69 kalibrasi nilai basah yang didapatkan yaitu antara 150-339 maka pada pengujian alat ini didapatkan dengan nilai 191 yang tampil pada LCD dengan PWM 0 yang artinya tanah masuk pada kategori basah dan pompa aktif 0% dengan daya 0 volt pompa OFF.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai *automatic sprinkler* pada tanaman bawang. Rancang bangun ini menggunakan sensor *soil moisture* untuk mendeteksi kelembaban pada media tanaman bawang sebagai *input* kemudian data sensor akan dikirimkan ke arduino yang nantinya kode-kode tersebut akan dikonversikan menjadi tegangan listrik pada pompa air sesuai dengan inputan yang diterima. Sistem ini dirancang dengan 3 kondisi kelembaban tanah dengan sistem kerja jika kelembaban tanah antara 476-1023 menurut serial monitor maka putaran yang dihasilkan 100% atau 12 volt jika kelembaban tanah antara 340-475 maka putaran yang dihasilkan 75% atau 8.3 volt, dan jika kelembaban tanah antara 150-339 maka menghasilkan putaran 0%, dengan daya 0 volt. Pada sistem ini debit air diatur dengan cara memberi nilai *duty cycle* pada pompa air sesuai dengan kelembaban tanah yang terdeteksi. jika kelembaban tanah yang terdeteksi kering maka *duty cycle* pada pompa air adalah 100%. jika kelembaban tanah yang terdeteksi sedang maka *duty cycle* pada pompa air adalah 75%. jika kelembaban tanah yang terdeteksi basah maka *duty cycle* pada pompa air adalah 0%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Ishak dan Ibu Sri Murniyanti serta semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini. Serta terima kasih kepada STMIK Triguna Dharma dan tim editorial atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. S. Bale, U. N. Cendana, B. V. Tarigan, U. N. Cendana, M. Jafri, and U. N. Cendana, "Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Microcontroller Arduino UNO dan Input Kelembaban Tanah Pada Laboratorium Lapangan Terpadu Lahan Kering Kepulauan (LLTLKK) Undana," no. June 2019, 2017.
- [2] Aldi Masjid Abdil Bar, TrismawatiT., & MustakimM. (2021). PEMBUATAN PENYIRAM BAWANG MERAH OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO ATMEGA328P. *Industri Inovatif : Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 9-13. <https://doi.org/10.36040/industri.v11i1.3180>
- [3] D. Isman, D. Saripurna, S. Yakub, "P. Bor, K. Otomatis, P. Produksi, D. Metode, and P. W. M. Berbasis, "Dody Isman, Darjat Saripurna, Suardi Yakub Kata kunci : Papan kayu, Bor, Pulse Width Modulation, Photodiode, Ultrasonik, Arduino Input Sensor Ultrasonik dan Photodiode," vol. 4307, no. August, pp. 86–90, 2020.
- [4] A. Kurnianingsih, S., and M. Sefrila, "Karakter Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah Pada Berbagai Komposisi Media Tanam," *J. Hortik. Indones.*, vol. 9, no. 3, pp. 167–173, 2019, doi: 10.29244/jhi.9.3.167-173.
- [5] E.Z.Kafiar, E. K. Allo and D.J.Mamahit, "Rancang Bangun Penyiram Tanaman Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Kelembaban YL-39 dan YL-69," vol. 7, no. 3, 2018.
- [6] Z. Azhar, Fathurrahman, and Z. M. Nata, 2020. "Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Pada Tanaman Jambu Madu Deli Hijau," *J. Ilmu Fis. Dan Teknol.*, Vol. 4, No. 2, pp. 1–13.
- [7] Nana Maliza, Z. Saifurrohman, and (Program Studi Elektro Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Cendikia Abditama), 2017 "Alat Penyiraman Otomatis Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Multimedia*, Vol. 8, No. 1.
- [8] A. Armanto, 2019, "Rancang Bangun Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Arduino," *J. Teknol. Inf. Mura*, Vol. 11, No. 02, pp. 76–83, doi: 10.32767/jti.v11i02.626.
- [9] G. sari Merliana, 2018, "Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah," *J. Electr. Technol.*, Vol. 3, No. 1, pp. 13–17.
- [10] C. Khairunisa, D. Triyanto, and I. Nirmala, 2018. "Implementasi Sistem Pengendalian Pemupukan dan Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Antarmuka Website," *J. Coding, Rekayasa Sist. Komput.*, Vol. 06, No. 03, pp. 87–96.
- [11] J. Prayudha, "Rancang Bangun Alat Pengiris Bawang Dengan Teknik Pulse Width Modulation (PWM) Berbasis Mikrokontroler," vol. 19, no. 1, pp. 122–127, 2020.
- [12] I. P. Ayu, U. Pane, and S. Murniyanti, "Rancang Bangun Security System Dan Monitoring Pada Celengan Menggunakan Teknik Simplex Berbasis Mikrokontroler," *J. Cyber Tech*, no. I, pp. 21–28, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jct/article/view/677>.
- [13] A. Pranata, "Automatic Scroll Saw System Dengan Teknik Kendali Kecepatan Pulse Width Modulation (PWM) Berbasis Arduino UNO," vol. 4, no. 1, pp. 69–77, 2021.
- [14] S. D. Syahputra, "Konveyor Pengantar Makanan dan Minuman Direstaurant berbasis Mikrokontroler Dengan Teknik PWM (Pulse Width Modulation)," vol. 4307, no. August, pp. 116–121, 2020.
- [15] A. A. M. Harefa, Z. Azmi, Hafizah, "Implementasi Teknik Pwm (Pulse Width Modulation) Pada Wipper Mobil Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 3, no.2, August, pp. 91–95, 2020.