

Perancangan Sistem Pengontrolan Dan Monitoring Pengaliran Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Secara Otomatis

Shiddiq Thamrin^{1*}, Oriza Candra²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik/Universitas Negeri Padang

^{*}Corresponding author, email: shiddiqthamrin11@gmail.com

Abstrak

Hidroponik adalah cara budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, melainkan menggunakan air sebagai media tanamnya. Sehingga pada budidaya hidroponik ini dapat memanfaatkan lahan yang sempit. Namun budidaya hidroponik ini juga memiliki kelebihan dan kekurangannya. Kelebihan budidaya dengan hidroponik ini yaitu, Tidak membutuhkan tanah, dapat dilakukan di lahan yang sempit, kualitas tanaman lebih bersih karena tidak menggunakan tanah, Pertumbuhan tanaman lebih cepat, Resiko tanaman terserang hama serta penyakit akan lebih kecil. Sedangkan kekurangan dari budidaya hidroponik yaitu, membutuhkan ketelitian dan pemantauan yang ekstra, Dalam bercocok tanam dengan metode hidroponik, kita harus benar-benar memperhatikan serta mengontrol nutrisi yang diberikan pada tumbuhan, termasuk adalah kepekatan nutrisi pada tanaman. bila tidak teliti dan pantau secara rutin, maka akan mempengaruhi pertumbuhan pada tanaman. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengontrol kepekatan nutrisi dan pengaliran pada tanaman hidroponik secara otomatis. Alat ini terdiri dari input yang diterima melalui sensor TDS, sensor RTC dan output berupa pompa sirkulasi, dan pompa nutrisi A dan nutrisi B kemudian arduino sebagai pengirim datanya. Prinsip kerja alat ini adalah ketika data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang diperoleh dari sensor. dimana data tersebut adalah jumlah kepekatan larutan air dalam hidroponik dan waktu untuk pengaliran nutrisi pada tanaman hidroponik. Kemudian arduino akan menampilkan data tersebut ke LCD. Hasil pengujian dan eksperimen tugas akhir telah berjalan dengan baik. Sensor TDS dapat mendeteksi kepekatan pada larutan air di tanaman hidroponik dan komponen pada tugas akhir juga sudah berjalan dengan baik.

Abstract

Hydroponics is a method of cultivating agriculture without using soil as a medium, but instead using water as a growing medium. So that hydroponic cultivation can take advantage of narrow land. But this hydroponic cultivation also has its advantages and disadvantages. The advantages of cultivating with hydroponics are, it does not require soil, it can be done on narrow land, the quality of the plants is cleaner because it does not use soil, the plant growth is faster, the risk of plants being attacked by pests and diseases will be smaller. Meanwhile, the disadvantages of hydroponic cultivation are that it requires extra precision and monitoring. In farming with the hydroponic method, we must really pay attention to and control the nutrients given to plants, including the concentration of nutrients in plants. if not careful and monitor regularly, it will affect the growth of plants. This final project aims to control the concentration of nutrients and flow in hydroponic plants automatically. This tool consists of input received via the TDS sensor, RTC sensor and output in the form of a circulation pump, and nutrient pump A and nutrient B then Arduino as the data sender. The working principle of this tool is when the data used in this study is in the form of data obtained from sensors. where the data is the total concentration of water solution in hydroponics and the time for nutrient flow to hydroponic plants. Then arduino will display the data to the LCD. The results of the Final Project tests and experiments have gone well. The TDS sensor can detect the concentration of water solution in hydroponic plants and the components in the Final Project are also working well.

INFO.

Info. Artikel:

No. 427

Received. July, 06, 2023

Revised. July, 17, 2023

Accepted. August, 02, 2023

Page. 502 – 510

Kata kunci:

- ✓ Hidroponik
- ✓ Sensor TDS
- ✓ Sensor RTC
- ✓ Arduino
- ✓ LCD

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu andalan untuk meningkatkan perekonomian dan kehidupan masyarakat Indonesia. Namun, pada saat sekarang ini sulit untuk menemukan tempat untuk lahan pertanian, karena lahan pertanian yang telah berkurang akibat pertumbuhan penduduk yang semakin padat. Sehingga para petani harus melakukan cara untuk menanggulangi lahan pertanian yang mulai berkurang, salah satunya dengan budidaya tanaman hidroponik. Hidroponik merupakan cara terbaik dalam menanggulangi sulitnya menemukan lahan dalam pertanian.

Hidroponik adalah cara budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, melainkan menggunakan air sebagai media tanamnya. Sehingga pada budidaya hidroponik ini dapat memanfaatkan lahan yang sempit. Namun budidaya hidroponik ini juga memiliki kelebihan dan kekurangannya. [1]

Kelebihan budidaya dengan hidroponik ini yaitu, Tidak membutuhkan tanah, dapat dilakukan di lahan yang sempit, kualitas tanaman lebih bersih karena tidak menggunakan tanah, Pertumbuhan tanaman lebih cepat, Resiko tanaman terserang hama serta penyakit akan lebih kecil. Sedangkan kekurangan dari budidaya hidroponik yaitu, membutuhkan ketelitian dan pemantauan yang ekstra, Dalam bercocok tanam dengan metode hidroponik, kita harus benar-benar memperhatikan serta mengontrol nutrisi yang diberikan pada tumbuhan, termasuk adalah kepekatan nutrisi pada tanaman. bila tidak teliti dan pantau secara rutin, maka akan mempengaruhi pertumbuhan pada tanaman. [2]

Untuk mengatasi permasalahan pada budidaya hidroponik kita dapat memanfaatkan kemajuan teknologi saat ini. Kecanggihan sistem teknologi saat ini mampu mengolah dan mengerjakan suatu pekerjaan yang selama ini dilakukan secara manual oleh manusia menjadi lebih mudah, cepat dan akurat baik dari segi penghematan ruang, waktu dan tenaga. Adanya sistem teknologi yang lebih maju tersebut maka dapat digunakan sebagai media pengembangan dan pendukung sistem hidroponik yaitu dengan cara pemantauan tanaman budidaya hidroponik, menggunakan Arduino sebagai microcontroller.

Menggunakan arduino sebagai mikrokontroler untuk melakukan pengontrolan pengaliran nutrisi dan memonitoring perubahan kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik. arduino menerima data dari sensor TDS. Arduino akan mengubah data yang diterimanya dari data analog menjadi digital.

Perubahan pada kepekatan nutrisi sangat mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman pada budidaya tanam hidroponik. Dengan sistem aplikasi ini diharapkan dapat membantu faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman pada budidaya tanam hidroponik.

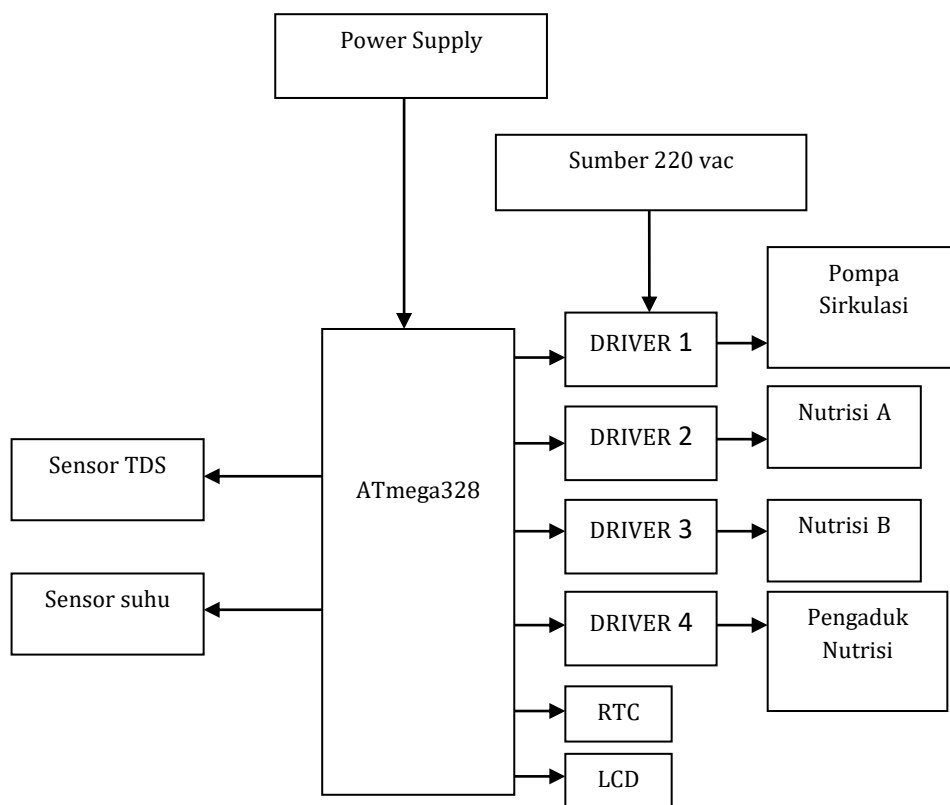
Dalam masalah ini penulis merancang sebuah sistem pengontrolan dan monitoring pengaliran nutrisi pada tanaman hidroponik otomatis berbasis arduino. Dimana rancangan ini dapat mengontrol dan memonitoring pengaliran nutrisi pada tanaman hidroponik secara otomatis

METODE PENELITIAN

Perancangan alat adalah tahapan awal dalam proses pembuatan sistem yang merupakan suatu rencana terinci dan spesifik mengenai proses pembuatan sistem. Dalam Tugas Akhir ini penulis merancang sebuah sistem pengontrolan dan monitoring pengaliran nutrisi pada tanaman hidroponik secara otomatis.

A. Diagram blok

Perancangan blok diagram dalam penelitian ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses perancangan alat, perancangan mekanik, serta memudahkan dalam proses analisa. Perancangan dilakukan dengan membuat blok diagram, serta membuat sistem kerja alat. Pada Gambar 1 dapat dilihat bentuk diagram blok sistem yang telah dirancang, masing-masing blok diagram memiliki fungsi yang berbeda-beda pada sistem kerja alat yang akan dibuat.



Gambar 1. Diagram Blok

Berdasarkan blok diagram pada gambar diatas, sistem kontrol yang digunakan pada perancangan sistem pengontrolan dan monitoring tanaman hidroponik otomatis ini yaitu sebagai berikut:

1. Power supply

Power supply sebagai supply tegangan untuk modul Arduino , pompa air (dc), LCD, sensor TDS, dan driver relay.

2. ATmega328

ATmega328 digunakan sebagai pusat pemrosesan kendali (output) sesuai dengan input yang diberikan. Semua input akan diproses dalam mikrokontroler sesuai perencanaan proses. Setelah itu, mikrokontroler Atmega328 akan mengirim signal output kepada perangkat yang terhubung pada pin output untuk melaksanakan perintah sesuai hasil perintah mikrokontroler Atmega328.

3. Sumber 220 Vac

Sumber 220 Vac sebagai suply tegangan untuk Pompa sirkulasi.

4. Sensor TDS

Sensor TDS digunakan sebagai pendeteksi kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik.

5. Relay (driver)

Relay digunakan sebagai pemutus atau penghubung arus pada pompa sirkulasi.

6. Pompa sirkulasi

Pompa sirkulasi digunakan sebagai pengendali air masuk dari bak penampungan nutrisi ke pipa tanaman hidroponik.

7. Pompa nutrisi

Digunakan untuk memompakan nutrisi A dan B ke dalam bak penampungan air nutrisi tanaman hidroponik.

8. Sensor suhu

Digunakan untuk menyeimbangkan nilai dari sensor TDS

B. Prinsip Kerja

Alat pada tugas akhir ini menggunakan sumber tegangan 5 Vdc, tegangan 5 Vdc ini digunakan untuk menyuplai tegangan pada arduino atmega328 dan sensor TDS sedangkan tegangan 220 Vac di gunakan untuk Pompa sirkulasi

Tugas akhir ini menggunakan arduino sebagai pengontrol semua sistem yang ada pada tugas akhir ini. Input sistem berupa sensor TDS dimana berfungsi sebagai komponen pengukur kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik. Karena kesuburan pada tanaman hidroponik sangat di pengaruhi oleh tingkat kepekatan pada cairan nutrisi, penambahan dan pengurangan nilai kepekatan pada hidroponik ini dilakukan menambahkan nutrisi A dan B mix pada tanaman hidroponik ,yang apabila terjadi perubahan nilai kepekatan maka cairan nutisi A dan B akan di pompakan kedalam bak penampungan nutrisi, agar mendapatkan nilai kepekatan yang sesuai dengan nilai yang telah di tentukan.

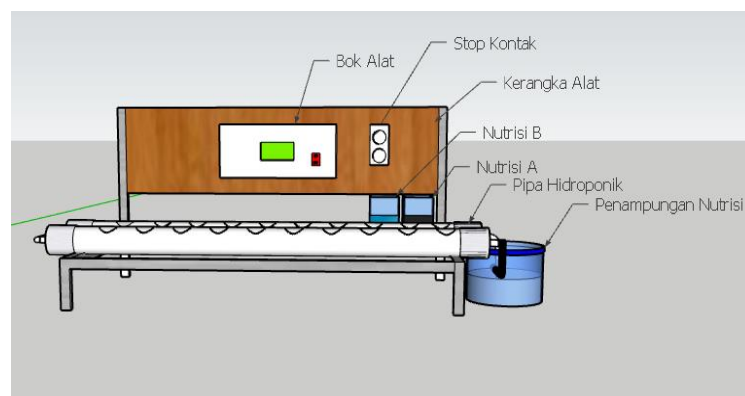
Pada tugas akhir ini juga digunakan RTC (Real Time Clock) yang fungsinya adalah untuk mengontrol kapan cairan nutrisi di pompakan untuk memberi nutrisi kepada tanaman, sehingga daya listrik yang digunakan dapat di hemat karena mesin pompa tidak selalu memompakan nutrisi.

Sistem monitoring pada tugas akhir ini adalah LCD. LCD akan menampilkan nilai kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik.

C. Perancangan Hardware

Perancangan hardware merupakan suatu tahapan dalam pembuatan suatu perangkat keras. Perancangan ini bertujuan untuk memudahkan serta mengurangi tingkat kesalahan dalam membuat perangkat keras sehingga mendapatkan hasil yang optimal. Pada perancangan hardware alat ini meliputi perancangan konstruksi alat dan perancangan rangkaian elektroniknya.

1. Perancangan Konstruksi Alat



Gambar 2. Perancangan Alat

Berdasarkan perancangan alat diatas terdapat beberapa komponen yang digunakan pada perancangan sistem pengontrolan dan monitoring tanaman hidroponik otomatis ini yaitu

1. Box Alat

Pada box alat terdapat komponen-komponen yang mengatur keseluruhan sistem pada perancangan sistem pengontrolan dan monitoring tanaman hidroponik otomatis ini yaitu : arduino uno, power supply, sensor RTC, modul relay, dan LCD.

2. Stop Kontak

Berfungsi sebagai penghubung dan pemutus alat ke jaringan listrik .

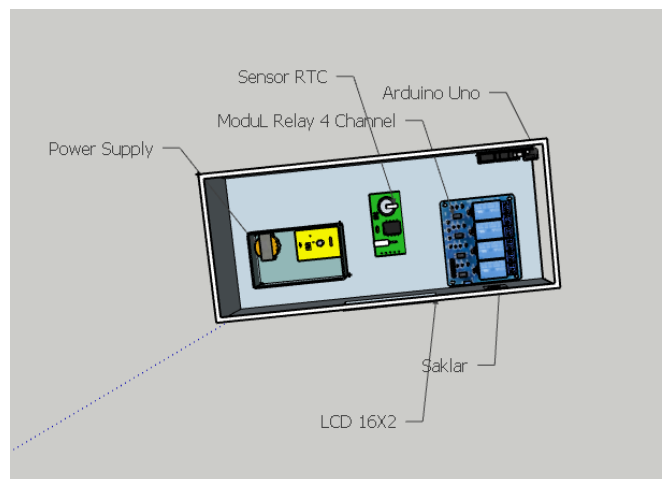
3. Kerangka Alat

Berfungsi sebagai penopang komponen-komponen yang di gunakan pada tugas akhir ini.

4. Nutrisi A dan B

Berfungsi sebagai pupuk untuk pertumbuhan tanaman hidroponik

5. Pipa Hidroponik
Berfungsi untuk meletakkan tanaman hidroponik
6. Penampungan Nutrisi
Berfungsi sebagai pengaliran nutrisi ke pipa tanaman hidroponik.



Gambar 3. Perancangan *Box* Alat

Pada perancangan box alat terdapat beberapa komponen didalamnya yaitu arduino uno, power supply, sensor RTC, modul relay, LCD, dan juga terdapat saklar untuk menghidupkan dan mematikan alat pada tugas akhir ini.

2. Perancangan Rangkaian Elektronik

A. Rangkaian Sistem Minimum ATmega328

Pada tugas akhir ini menggunakan ATmega328 dari arduino UNO. Rangkaian sistem minimum dari ATmega328 dari arduino ini digunakan sebagai pusat kontroler sistem.

B. Rangkaian LCD

Pada tugas akhir ini digunakan LCD 16x2 (2 baris 16 kolom), dimana LCD adalah sebuah display dot matrik yang berfungsi untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan. Pada tugas akhir ini LCD digunakan untuk memonitoring kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik.

C. Rangkaian Modul Relay

Modul relay ini berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus beban untuk arus beban yang cukup besar, dikontrol dengan arus listrik yang kecil. Pada penelitian ini relay yang digunakan modul relay 4 channel yang berfungsi untuk mengaktifkan pompa sirkulasi, pompa nutrisi A, pompa nutrisi B, dan pompa pengaduk nutrisi.

D. Rangkaian Sensor TDS

Sensor TDS berfungsi untuk mendeteksi kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik.

E. Rangkaian Sensor RTC

Sensor RTC berfungsi untuk mengatur waktu pompa sirkulasi dihidupkan dan dimatikan

F. Rangkaian Sensor Suhu

Sensor suhu berfungsi sebagai penyeimbang nilai dari sensor TDS.

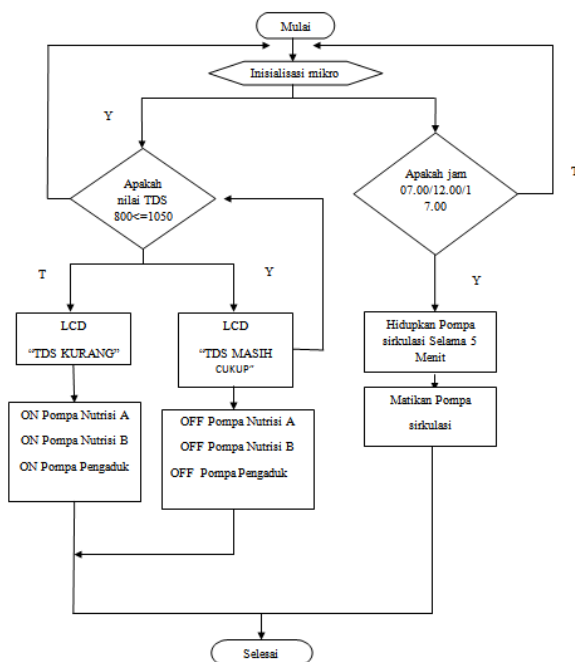
G. Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan pada penelitian tugas akhir ini diantaranya rangkaian mikrokontroler ATMEGA328, rangkaian LCD, rangkaian modul relay, rangkaian sensor TDS, rangkaian sensor suhu, dan rangkaian modul RTC.

D. Flowchart

Flowchart adalah urutan proses kegiatan yang digambarkan dalam bentuk simbol. Flowchart (diagram alir) juga di definisikan sebagai diagram yang menyatakan aliran proses dengan

menggunakan anotasi-anotasi semisal persegi, panah, oval, wajik dll. Melalui flowchart, kita bisa melihat langkah-langkah proses secara mendetail, lengkap dengan aktivitas yang terjadi.



Gambar 4. Flowchart

saat alat dihidupkan maka arduino akan memerintahkan sensor TDS untuk membaca nilai TDS pada objek yang akan diukur. Apabila nilai yang diukur sesuai dengan yang diharapkan maka LCD akan menampilkan “TDS MASIH CUKUP” dan pompa nutrisi A, nutrisi B, dan pompa pengaduk dalam kondisi mati, dan jika nilai yang diukur tidak sesuai dengan yang diharapkan maka LCD akan menampilkan “TDS KURANG”, dan akan menghidupkan pompa Nutrisi A, nutrisi B, dan pompa pengaduk sampai nilai TDS sudah terpenuhi. Dan pada arduino juga memerintahkan sensor RTC membaca jam yang telah ditentukan untuk menghidupkan dan mematikan pompa sirkulasi. Apabila jam sudah sesuai dengan yang sudah ditentukan maka pompa sirkulasi akan hidup selama 5 menit dan mati ketika jam sudah melewati batas yang ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan ini dilakukan beberapa pengujian dan analisa keseluruhan alat. Pengujian alat berjuan untuk mengetahui alat telah berfungsi dengan baik.

1. Pengujian Arduino Uno

Arduino bekerja pada dua kondisi logika yaitu saat kondisi low (0), tegangan yang terbaca pada instrumen pengukuran didapatkan tegangan port sebesar 0,1 Vdc yang berarti sistem masih dalam batas ideal. Logika yang kedua yaitu kondisi high (1), tegangan yang terbaca pada instrument pengukuran didapatkan tegangan port sebesar 4.8 Vdc yang berarti sistem masih dalam batas ideal, karena arduino ATmega328 memiliki tegangan kerja antara 4,5 Vdc hingga 5,2 Vdc. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Pin Logika Pada Arduino

Logika port	Tegangan pada port Arduino
Low (0)	0,1 VDC
High (1)	4,8 VDC

Mikrokontroler ATmega328 arduino memiliki tegangan kerja 5 VDC dan tegangan input yang direkomendasikan antara 5-12 VDC. Mikrokontroler bekerja pada dua kondisi logika yaitu kondisi *low* (0) dan *high* (1). Pada saat kondisi logika *low* (0) tegangan yang terbaca pada pengukuran didapatkan tegangan sebesar 0,1 VDC yang berarti tidak ada tegangan masukan dan sistem masih dalam batas ideal. Sedangkan pada kondisi logika *high* (1), tegangan yang terbaca pada pengukuran didapatkan tegangan sebesar 4,8 VDC yang berarti sistem masih dalam batas ideal karena masih berada dalam *range* tegangan kerja. Tegangan ini bisa digunakan untuk mengaktifkan komponen-komponen yang membutuhkan tegangan 5 volt seperti LCD, sensor TDS, modul relay, sensor suhu, sensor RTC, dan motor DC

2. Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

Pengujian LCD dengan menggunakan Arduino bertujuan untuk memastikan LCD nya dapat berjalan dengan baik. Pengujian LCD 16x2 yang dilakukan diatas dengan tujuan untuk mendapatkan parameter berupa karakter pada LCD sesuai dengan data sensor yang terdeteksi dengan cara memasukan program ke arduino di mulai dengan proses inialisasi library untuk menentukan Pin Arduino yang akan di pakai kemudian menentukan jumlah kolom, baris dan memasukan program ADC ke Display text pada LCD. Sehingga proses pemantauan kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik akan berjalan baik, dengan cara memprogram arduino untuk menampilkan nilai sensor.



Gambar 5. Hasil pengujian LCD

Berdasarkan pada gambar diatas, LCD dapat menampilkan nilai dari sensor *tds* dan nilai suhu pada larutan nutrisi tanaman hidroponik. Tujuan dari pengujian ini adalah LCD dapat memonitoring nilai TDS dan suhu pada tanaman hidroponik. Dari hasil pengujian LCD berkerja dengan baik.

3. Pengujian Sensor *Real Time Clock*(RTC)

Pengujian dari sensor RTC bertujuan untuk melakukan uji coba terhadap pompa sirkulasi pada tanaman hidroponik. Pompa sirkulasi akan hidup 3 kali dalam sehari , untuk mendapatkan hasil tersebut maka disetting waktu untuk mengatur kapan hidup dan matinya pompa sirkulasi , penyetingan dilakukan pada program arduino untuk waktu hidup dan matinya pompa sirkulasi, pompa sirkulasi disetting hidup pada jam 07.00 pagi,12.00 siang, 19.00 malam,dan pompa akan mati setelah 2 menit dihidupkan .

Tabel 2. Hasil pengujian sensor RTC

No	Waktu pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1	07.00	Pompa sirkulasi hidup	Berhasil
	07.02	Pompa sirkulasi mati	Berhasil
2	12.00	Pompa sirkulasi hidup	Berhasil
	12.02	Pompa sirkulasi mati	Berhasil
3	19.00	Pompa sirkulasi hidup	Berhasil
	19.02	Pompa sirkulasi mati	Berhasil

Dari pengujian sensor RTC di atas pada pengujian satu sampai ketiga sensor RTC berkerja sesuai dengan yang diharapkan, . Sebagai salah satu contoh pada waktu pengujian jam 07.00 pompa sirkulasi hidup dan selang 2 menit pada jam 07.02 pompa sirkulasi langsung mati. Dari pengujian pada tabel 2 ini dapat disimpulkan bahwa Sensor RTC dapat bekerja sesuai dengan waktu yang sudah ditetapkan.

4. Pengujian Sensor *Total Dissolved Solid*(TDS)

Pada pengujian ini sensor TDS digunakan sebagai input . Pengujian sensor TDS dilakukan dengan mengambil nilai kepekatan nutrisi pada tanaman salada,pakcoy,dan kangkung .Cara pengujian yaitu dengan memasukan probe sensor TDS ke dalam bak sirkulasi pada tanaman hidroponik dan memasukan probe alat pengukur TDS meter ke dalam bak sirkulasi tanaman hidroponik.

Tabel 3.Hasil pengukuran sensor TDS

NO	Jenis Sayuran	Nilai TDS yang dibutuhkan	Nilai TDS yang terukur
1	Pakcoy	1050-1400	1230
2	Selada	560-840	831
3	Kangkung	1050-1400	1232

Dilihat dari tabel 3 ini, sensor TDS bekerja dengan baik , dimana sensor dapat mengukur nilai TDS dari tanaman pakcoy,selada,dan kangkung sesuai dengan nilai TDS yang dibutuhkan dari masing-masing tanaman. Sebagai salah satu contoh pada pengujian tanaman pakcoy dimana nilai TDS yang dibutuhkan 1050 sampai 1400,dan sensor TDS dapat membaca nilai TDS pada tanaman pakcoy dengan nilai 1230 sesuai dengan nilai TDS yang dibutuhkan oleh tanaman pakcoy tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa Dari hasil pembuatan tugas akhir Perancangan sistem pencampuran cat berbasis mikrokontroler, maka dapat diperoleh kesimpulan telah berhasil dirancang sebuah sistem pengontrolan dan monitoring pengaliran nutrisi pada tanaman hidroponik otomatis berbasis arduino. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan , sistem telah dapat mengontrol dan memonitoring kadar kepekatan larutan nutrisi pada tanaman hidroponik. Penelitian ini menggunakan Mikrokontroler ATmega328, yang mana berfungsi sebagai otak dari pengendalian keseluruhan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. S. Roidah, "Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik," Jurnal Bonorowo, vol. 1, no. 2, pp. 43-49, 2014.
- [2] Z. Buana and O. Candra, "Sistem Pemantauan Tanaman Sayur Dengan Media Tanam Hidroponik Menggunakan Arduino."
- [3] O. Candra, S. Islami, and N. Faradina, "Pelatihan Smart Home dengan Smart Control untuk Instalasi Listrik Berbasis Wifi," JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i2.249.
- [4] F. Tanjung, T. ' Ali, I. Husnaini, and O. Candra, "Rancang Bangun Alat Pengukuran Dan Monitoring Ketinggian Air Pada Bendungan Berbasis Internet Of Things," vol. 4, no. 1, pp. 245-255, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.346.
- [5] S. Permata Sari, O. Candra, dan Jhefri Asmi, and U. Negeri Padang Jl Hamka Air Tawar, "Alat Pendeteksi Kebakaran Menggunakan SMS," 2020.
- [6] L. Kusuma Sari, O. Candra, H. Effendi, and F. Eliza, "Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Iot (Internet Of Things)," vol. 4, no. 1, pp. 160-168, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.363.
- [7] S. Fuadi and O. Candra, "Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino," 2020.
- [8] R. Tullah, S. Sutarman, and A. H. Setyawan, "Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler arduino uno pada toko tanaman hias yopi," Jurnal Sisfotek Global, vol. 9, no. 1, 2019.
- [9] Z. I. Fahmi, "Media tanam sebagai faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman," Balai besar

- perbenihan dan proteksi tanaman perkebunan. Surabaya, 2013.
- [10] C. A. Arif, B. I. Setiawan, H. Suhardiyanto, and Y. A. Purwanto, "Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman dan Lingkungan Mikro di Dalam Greenhouse Menggunakan Field Server," Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2009.
- [11] M. Syahwil, "Panduan mudah simulasi dan praktek mikrokontroler arduino," Yogyakarta: Andi, 2013.
- [12] M. F. Wicaksono and M. Qhadafhi, "Pengembangan Alat Pengenalan Bentuk Bangun Geometri Untuk Anak Usia Dini Berbasis Mikrokontroler," *Creative Communication and Innovative Technology Journal*, vol. 12, no. 2, pp. 186–196, 2019.
- [13] M. Abdullah, "Sistem pemberian nutrisi dan penyiraman tanaman otomatis berdasarkan real time clock dan tingkat kelembaban tanah berbasis Mikrokontroler Atmega32," *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 33–41, 2018.
- [14] M. Giri Ginanjar, D. Pembimbing Rachmad Setiawan, and M. Ir Tasripan, "HALAMAN JUDUL Perancangan Sistem Irigasi dan Kontrol Nutrisi Otomatis untuk Budidaya Tanaman dengan Teknik Hidroponik."
- [15] N. T. C. Sulistiyo, D. Erwanto, and A. D. Rosanti, "Alat pengendali derajat pH pada sistem hidroponik tanaman pakcoy berbasis arduino uno," *Multitek Indones*, vol. 13, no. 1, pp. 46–65, 2019.
- [16] Y. Supriati and E. Herliana, *15 Sayuran Organik Dalam Pot*. Penebar Swadaya Grup, 2014.
- [17] G. Gunawan and M. Sari, "Rancang bangun alat penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah," *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 3, no. 1, pp. 13–17, 2018.
- [18] V. E. Rubatzky and M. Yamaguchi, "World Vegetable: Principles, Production, and Nutritive Values (Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi, dan Gizi, alih Bahasa C. Herison)," Institut Teknologi Bandung. Bandung, 1999.
- [19] B. Siswojo, "Elektronika Kontrol." Malang: UB Press, 2017.
- [20] C. Antonius Rachmat, "Algoritma dan pemrograman dengan bahasa c," Yogyakarta. Andi, 2010.