

PEMANFAATAN PV DENGAN RANCANGAN KENDALI OTOMATIS DALAM PENGATUR SISTEM IRIGASI TETES PADA BUDIDAYA SAYURAN PAKCOY

1,2,5) Program Studi Teknik
Elektro, Universitas Medan
Area, Jl. Kolam No.1,
Medan, Indonesia

3,4) Program Studi Teknik
Mesin, Universitas Medan
Area, Jl. Kolam No.1,
Medan, Indonesia

Corresponding email ¹⁾ :
habib.satria@staff.uma.ac.id

Received: 11.03.2022
Accepted: 12.06.2022
Published: 28.06.2022

©2022 Politala Press.
All Rights Reserved.

**Habib Satria ¹⁾, Rahmat Timotius Gulo ²⁾, Verianto Sihombing ³⁾,
Muhammad Idris ⁴⁾, Moranain Mungkin ⁵⁾**

Abstrak. Perkembangan pemanfaatan yang bersumber dari teknologi panel surya sangat layak digunakan, terutama pada budidaya sayuran pakcoy. Salah satu cara dalam pemanfaatan dengan membuat sistem pengontrolan pada sistem irigasi tetes. Dalam rancangannya sistem irigasi dikontrol dengan mikrokontroler arduino. Dalam tulisan ini dijelaskan beberapa tahap untuk mempermudah arah sistem kendali otomatis pengatur volume air pada sistem irigasi tetes tanaman pakcoy menggunakan kontroler arduino. Kemudian alat dirancang dan dilakukan pembuatan program arduino sebagai komponen pendukung. Selanjutnya, semua komponen alat akan dilakukan pemeriksaan dan pengujian keseluruhan alat untuk melihat kehandalan alat apakah bekerja dengan yang diharapkan dan juga untuk meninjau seluruh komponen alat dengan menampilkan skema rangkaian seluruh sistem. Hasil rancang bangun dan pengujian alat teknologi sistem pemanfaatan PV dengan rancangan kendali otomatis dalam mengatur sistem irigasi tetes pada budidaya sayuran pakcoy berfungsi dengan baik.

Kata Kunci : PV, Sensor HC-SR04, Lampu LED, Sayuran Pakcoy

Abstract. The development of utilization sourced from solar panel technology is very suitable for use, especially in the cultivation of Pakcoy vegetables. One way to use with making a control system on the drip irrigation system. In the design, the irrigation system is controlled with an Arduino microcontroller. In this paper, several steps are described to facilitate the direction of the automatic control system for controlling the water volume on the drip irrigation system of Pakcoy plants using an Arduino controller. Then the tool is designed and made an Arduino program as a supporting component. Furthermore, all components of the tool will be inspected and overall testing of the tool to see the reliability of the tool, does it work as expected, and also to review all components of the tool by displaying the circuit schematic of the whole system. Design results and testing of PV utilization system technology tools with automatic control designs in regulating drip irrigation systems at Pakcoy vegetable cultivation are working well.

Keywords : PV, HC-SR04 Sensor, LED Lights, Pakcoy Vegetables

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v9i1.188>

1. Pendahuluan

Perkembangan energi terbarukan terutama yang bersumber dari energi matahari sangat diharapkan untuk di terapkan terutama pada daerah tropis. Energi matahari pada saat ini sangat menjanjikan untuk mengkompensasi tagihan listrik dari biaya tagihan PLN [1][2]. Untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan teknologi panel surya [3][4][5]. Banyak yang dapat di implementasikan dari pemanfaatan teknologi panel surya seperti membudidaya sayuran pakcoy

menggunakan teknologi yang lebih efisien. Ditinjau dari segi pemanfaatan penanaman budidaya sayuran pakcoy masih menggunakan cara manual yang berakibat terjadinya sering gagal panen atau sayuran cepat layu [6]. Salah satu cara agar panen bisa maksimal dalam budidaya sayuran adalah memperhatikan kondisi air atau dilakukan teknik irigasi kemudian di kombinasikan dengan teknologi otomatis sehingga sayuran yang ditanam bisa berkembang dan lebih sehat [7][8]. Konsep sistem irigasi atau yang dikenal pengairan sebenarnya cukup populer digunakan oleh petani sayur dimana cara ini merupakan suatu proses dalam mengontrol air pada tanaman agar memiliki kualitas yang baik dalam produktifitas hasil panen. Akan tetapi masalah yang sering muncul adalah kurangnya teknologi yang canggih dalam mengontrol secara otomatis pada penyiraman budidaya sayuran [9]. Padahal apabila di rancang suatu teknologi pada irigasi tanaman maka sayuran seperti pakcoy akan lebih mudah di produksi terutama untuk satu keluarga dikarenakan bisa membutuhkan lahan yang kecil. Oleh sebab itu, perlu di rancangan teknologi irigasi dan di dukung oleh sumber energi dari panel surya agar konsep pada irigasi tetes bisa lebih produktif [10].

Teknik yang biasa dilakukan untuk proses distribusi air pada sistem irigasi yaitu dengan menyalurkan air dari suatu alat penampung seperti tangki air dengan posisi lebih tinggi dari lahan pertanian menggunakan pipa irigasi. Akan tetapi pada konsep rumah tinggal bisa dengan menyederhanakan kebutuhan air pada tanaman seperti sayuran pakcoy melalui pipa selang irigasi yang telah di rancang sesuai kebutuhan, sehingga air dapat diberikan dengan debit yang sama dan tetap konstan berdasarkan setiap titik keluaran selang irigasi menggunakan sistem tetes pada radius titik perakaran tanaman. Berdasarkan pemaparan permasalahan tersebut maka dengan merancang sistem pemanfaatan PV berbasis kendali otomatis dalam pengatur sistem irigasi tetes pada budidaya sayuran pakcoy akan mempermudah sistem irigasi dan juga memonitoring ketersediaan air untuk disalurkan pada sayuran pakcoy. Komponen pendukung agar alat memiliki kendalan yang lebih efisien digunakan mikrokontroler arduino dalam mengontrol kendali otomatis dalam mengatur sistem irigasi tetes pada tanaman pakcoy agar lebih produktif untuk hasil panen.

2. Metodologi

Perancangan Alat

Pelaksanaan kegiatan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan agar lebih mempermudah arah rancangan sistem kendali otomatis pengatur volume air pada sistem irigasi tetes tanaman pakcoy menggunakan controller Arduino. Adapun alat yang digunakan pada perancangan ataupun desain rangkaian yaitu alat berupa implementasi komponen-komponen elektrikal yang telah di integrasikan pada mikrokontroler arduino. Setelah alat dirancang kemudian dilakukan pembuatan program arduino sebagai komponen pendukung. Bahan material maupun elektrikal yang akan digunakan pada rancangan sistem ini adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penetapan Komponen

<i>Komponen</i>	<i>Komponen</i>
Panel Surya	Panel Surya
Panel Surya	Panel Surya
Modul Arduino Uno	Pompa Mini AC 200V/240V 50Hz 15W
Sensor Ultrasonik HC-SR04	Steker Listrik
Galon Plastik	Resistor 2K2
Papan Akrilik	Spicer Besi
Modul Relay 1 Channel 5 VDC	Kabel Pelangi
LCD 16x2	Pipa PVC AW ½”
AC-DC Adaptor 12 V	Elbow Pipa
PCB Bolong	Tee T ½”
Miniature LED	Dop Pipa ½”
Kran Air Plastik	Drip Head Putar
Pot Tanaman	Selang Drip 5 mm
Drip Selang	Konektor Nepel Ulir 5 mm

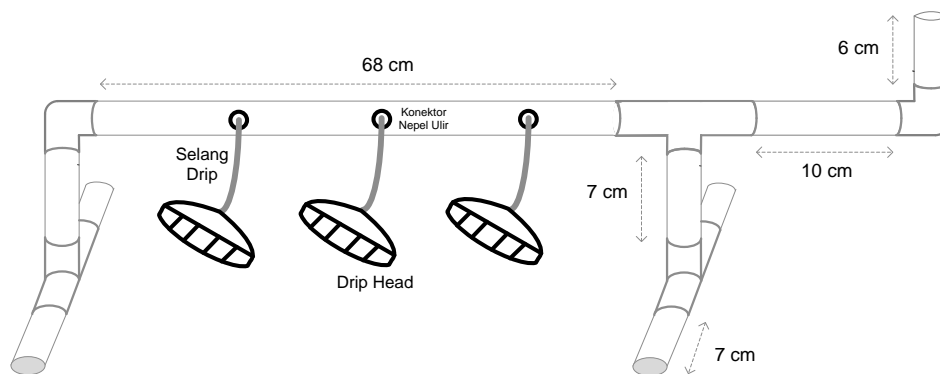
Sistem Irigasi Tetes

Bagian ini berfungsi sebagai sistem irigasi yang penyalurannya menggunakan bahan pipa PVC merek AW dengan ukuran ½ inchi sebagai sarana pendistribusian air terhadap tanaman. Selain itu menggunakan irigasi pipa juga lebih mudah diatur dan diukur. Adapun bentuk rancangan pipa sistem irigasi tetes ini dapat dilihat pada Gambar 1. Selain itu, kesimpulan harus menampilkan saran atas penelitian berikutnya demi keberlanjutan.

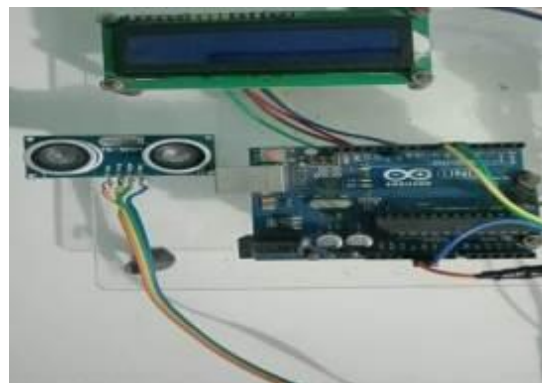
Pengujian Modul Arduino Uno

Untuk mengetahui bagaimana mengukur tingkat keberhasilan masing-masing sistem elektrikal

pembentuk alat kendali otomatis pengatur volume air pada botol sistem irigasi tetes tanaman pakcoy berbasis Arduino ini maka dilakukan pengujian terhadap masing-masing sistem. Adapun bentuk pengujiannya adalah dengan melakukan pengukuran nilai tegangan serta kondisi kerja yang diuji dan selanjutnya melakukan analisa terkait hasil pengujian guna mengevaluasi serta menindaklanjuti ketika ada temuan berupa kesalahan. Selain daripada kesalahan yang dievaluasi juga memperjelas kesesuaian sistem kerja dari setiap sistem yang dibuat dalam bentuk Tabel agar lebih mudah. Adapun bentuk pengujian yang dilakukan yakni dengan menghubungkan modul arduino uno dengan beberapa lampu indikator LED yang dirangkai secara paralel kemudian salah satu kaki lampu LED dihubungkan pada pin arduino uno serta kaki yang lain dihubungkan dengan pin ground arduino. Pengujian ini dimaksudkan untuk memeriksa apakah data masukan (input) dan keluaran (output) dapat bekerja sesuai dengan deskripsi kerja sistem yakni modul arduino bekerja sebagai pengendali sistem yang dalam hal pengujian ini dibuat program terhadap modul arduino untuk mengendalikan dua buah lampu indikator LED. Dalam pengujian sensor ultrasonik dilakukan koneksi dengan Arduino uno sebagai pengendalinya karena tanpa modul arduino sensor ini tidak bisa aktif sebagai sensor yang nantinya difungsikan sebagai pengukur jarak permukaan level air dalam galon air. Selain itu juga dibutuhkan sebuah modul LCD 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan karakter huruf ataupun kalimat yang bertuliskan jarak deteksi sensor terhadap objek yang diukur. Selanjutnya dengan membuat sebuah sketch program dan dimasukkan (diupload) ke mikrokontroler Arduino uno maka akan kita lihat apakah sensor HC-SR04 dapat bekerja dengan baik atau tidak yang nantinya dijadikan sebagai sensor deteksi pada penelitian saya ini. Adapun bentuk rangkaian instalasi pengujian yang harus dilakukan terhadap sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat seperti Gambar 2.



Gambar 1. Rancangan pipa sistem irigasi tetes



Gambar 2. Instalasi pengujian sensor HC-SR04 menggunakan modul arduino dan LCD 16x2

Kemudian untuk melihat perbandingan antara letak pada pada pengukuran jarak menggunakan penggaris dan pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 (sm) terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan letak titik separasi pada dinding silinder

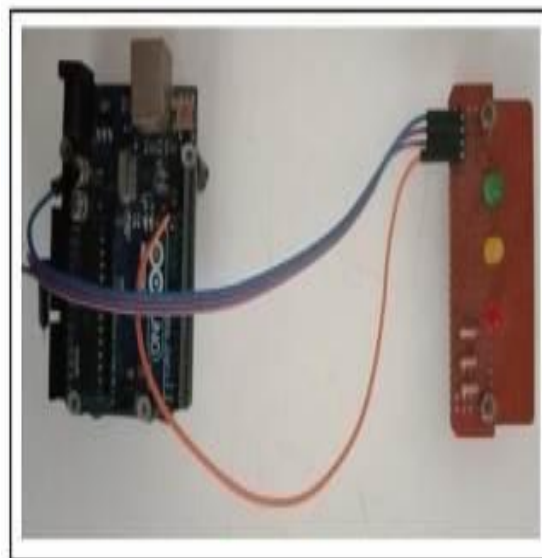
<i>Pengukuran jarak menggunakan penggaris (30 cm)</i>	<i>Pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik hc-sr04 (cm)</i>
1 cm	2 cm
2 cm	3 cm
3 cm	4 cm
4 cm	5 cm
5 cm	6 cm

6 cm	7 cm
7 cm	8 cm
8 cm	9 cm

Pengambilan data pada sensor ultrasonik HC-SR04 ini dilakukan dengan cara menempatkan sebuah benda padat berupa box hitam didepan sensor ultrasonik dan memvariasi jarak pengukuran dengan menggunakan penggaris panjang berukuran 30 cm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur jarak mulai dari 1 cm sampai dengan 30 cm yang dalam hal ini pengukuran jarak sebenarnya menggunakan penggaris panjang berukuran 30 cm. Pada umumnya sensor ultrasonik HC-SR04 hanya mampu mengukur jarak mulai dari jarak minimum yaitu 2 cm sampai dengan jarak maksimum yaitu 4 meter yang berdasarkan pada data sheet dari modul sensor ultrasonic tersebut. Pada pengukuran jarak dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 terdapat selisih jarak dengan rentang tidak begitu jauh antara jarak sebenarnya dengan jarak yang terukur. Hal ini dapat disebabkan karena daya pantul objek yang kurang mampu memantulkan sinyal dengan baik kembali kesensor ultrasonik.

Pengujian Indikator Led

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah LED dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan memberikan input tegangan 5VDC dan resistor 220 Ohm pada LED melalui PIN 5V dan GND modul arduino. Selanjutnya ketika aktif dan tidak aktif masing-masing LED nantinya akan dilakukan pengukuran nilai tegangan yang masuk untuk membuktikan secara kelistrikan. Namun perlu ditegaskan dalam pengujian ini tidak mesti menggunakan sketch program namun hanya menggunakan fasilitas PIN GND dan PIN 5V modul arduino saja. Berikut ini adalah Gambar 3 yang memperlihatkan bentuk rangkaian instalasinya.



Gambar 3. Bentuk rangkaian instalasi pengujian indikator LED

Kemudian untuk memudahkan dalam pengujiannya ada beberapa langkah-langkah untuk membantu dalam pengujian seperti (1) menyambungkan seluruh kaki katoda atau kutub negatif LED dengan PIN GND Arduino. Kemudian menghidupkan modul arduino,(2) menghubungkan kaki LED hijau (Anoda) dengan PIN 5V Arduino dan memperhatikan kondisi LED seraya melakukan pengukuran nilai tegangan yang masuk dengan menggunakan Voltmeter terhadap kaki LED yakni probe (+) alat ukur dengan kaki Anoda LED dan probe (-) alat ukur dengan kaki katoda LED, (3) menghubungkan kaki LED kuning (Anoda) dengan PIN 5V Arduino dan memperhatikan kondisi LED seraya melakukan pengukuran nilai tegangan yang masuk dengan menggunakan Voltmeter terhadap kaki LED yakni probe (+) alat ukur dengan kaki Anoda LED dan probe (-) alat ukur dengan kaki katoda LED, (4) menghubungkan kaki LED merah (Anoda) dengan PIN 5V Arduino dan memperhatikan kondisi LED seraya melakukan pengukuran nilai tegangan yang masuk dengan menggunakan Voltmeter terhadap kaki LED yakni probe (+) alat ukur dengan kaki Anoda LED dan probe (-) alat ukur dengan kaki katoda LED. Selanjutnya untuk memudahkan dalam memahami hasil pengujian di atas maka berikut dikemas dalam bentuk Tabel 3 sebagai uraian hasil pengujiannya. Berdasarkan Tabel 3, hasil dari pengujian didapat bahwa LED hanya akan menyala jika sesuai dengan pola atau cara sambungan kaki-kaki LED yaitu jika kaki anoda diberi tegangan (+) dan kaki katoda diberi tegangan (-) dan kesimpulan yang dapat ditarik dari pengujian

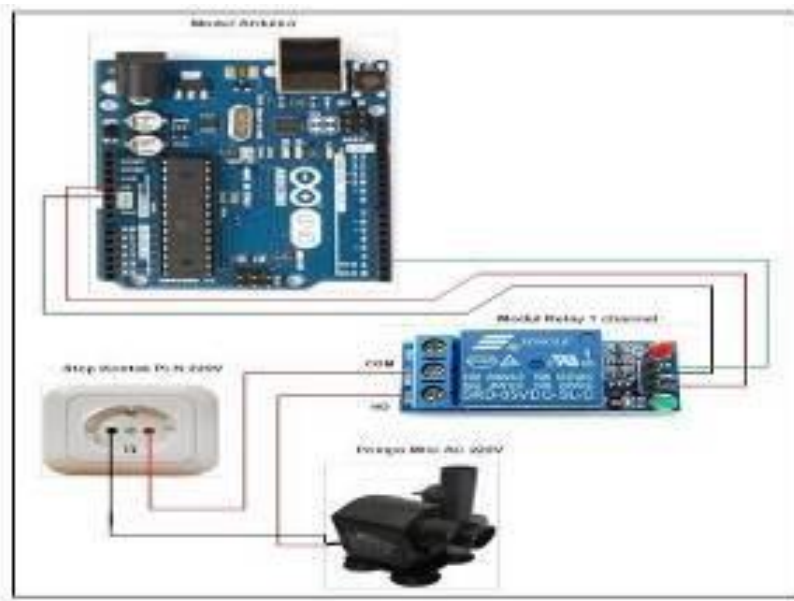
di atas adalah bahwa LED tersebut dalam kondisi baik dan dapat digunakan pada perancangan alat saya ini sebagai indikator LED.

Tabel 3. Hasil pengujian sistem indikator LED

Warna LED	Kaki LED		Nilai Tegangan Terukur (V)	Keterangan
	Anoda	Katoda		
LED Merah	PIN 5V	PIN GND	5,01 V	Hidup
	PIN GND	PIN 5V	0 V	Mati
LED Kuning	PIN 5V	PIN GND	5,04 V	Hidup
	PIN GND	PIN 5V	0 V	Mati
LED Hijau	PIN 5V	PIN GND	5,04 V	Hidup
	PIN GND	PIN 5V	0 V	Mati

Pengujian Sistem Switching (Modul Relay Dengan Pompa)

Pengujian ini bertujuan untuk mengecek kondisi modul relay yang berperan sebagai sistem switching bagi pompa mini AC 220 V, dimana apakah keduanya dapat saling bekerjasama atau tidak saat diberi tegangan atau apakah pompa dapat bekerja melalui perantara modul relay yang diaktifkan sebagai fungsi switching-nya. Merangkai instalasi pengujian antara modul relay dengan pompa mini AC 220 V seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk rangkaian instalasi pengujian sistem switching

Keterangan hubungan kabel sambungan antara modul relay dengan pompa mini AC 220V yang telah terhubung dalam bentuk Tabel 4.

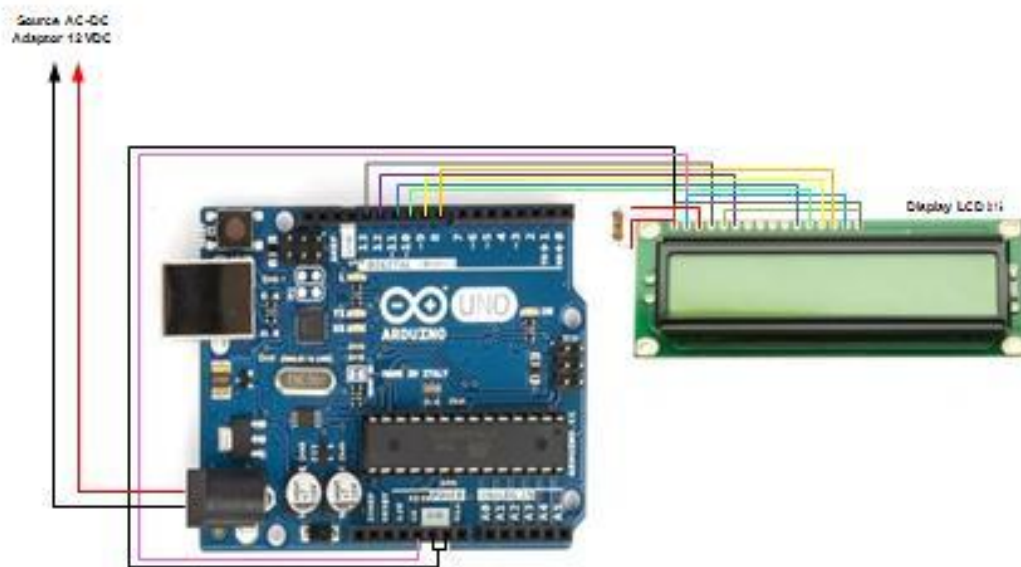
Tabel 4. Hubungan antara pin modul arduino dengan modul relay

Modul arduino	Modul relay pada pin input
PIN 2	PIN IN
PIN 5V	PIN VCC
PIN GND	PIN GND

Sistem Penampil Data (Lcd 16x2)

Bedasarkan fungsi dari sistem penampil data ini yaitu berupa informasi volume secara kualitatif dan juga jarak permukaan air terhadap sensor secara kuantitatif pada penampung air dan hal ini merupakan bentuk tulisan dan bukanlah dalam bentuk sinyal tegangan atau arus namun telah dirubah data tegangan menjadi suatu tulisan yang tertampil dilayar LCD ukuran 16x2. Sedangkan tulisan yang tampil bedasarkan dari tulisan yang telah dibuat pada program. Dalam penelitian ini perlu diketahui bagaimana pola penginstalasian LCD 16x2 terhadap port I/O Arduino Uno agar dapat bekerja dan berfungsi sebagai LCD penampil data. Untuk lebih jelas pada

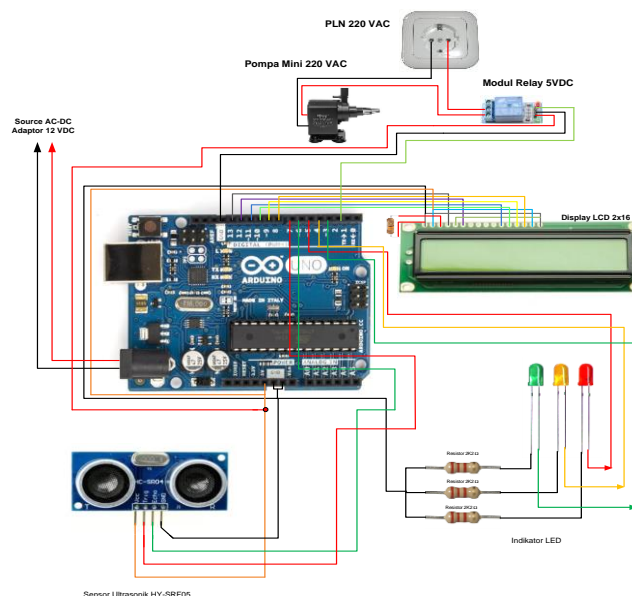
Gambar 5 merupakan pola penginstalasian LCD 16x2 terhadap Arduino Uno.



Gambar 5. Pola instalasi LCD 16x2 pada Arduino Uno

3. Hasil dan Pembahasan

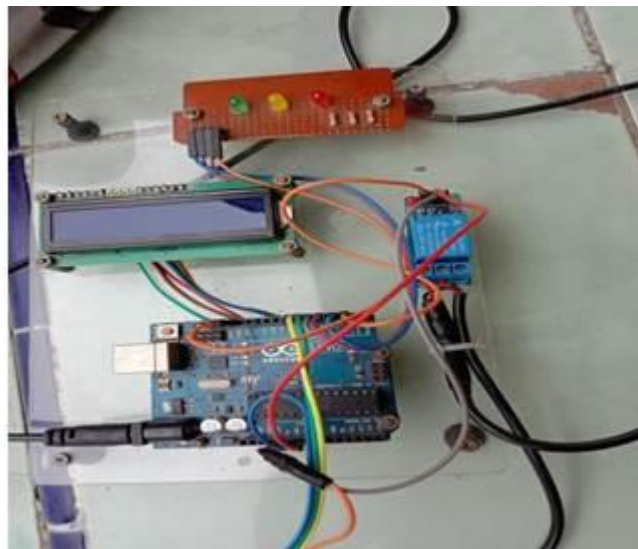
Setelah semua komponen alat dilakukan pemeriksaan satu persatu kemudian dilakukan pengujian keseluruhan alat untuk melihat kehandalan alat apakah bekerja dengan yang diharapkan dan juga untuk meninjau seluruh komponen alat dengan menampilkan skema rangkaian seluruh system pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Skema rangkaian seluruh sistem yang terhubung ke arduino uno

Setelah melakukan uji coba alat secara maka dilihat performance alat dalam mengatur volume air yang telah dirancang. Dalam sistem pengaturan volume air melalui jarak permukaan air terhadap muka sensor ultrasonik HC-SR04, dengan ketentuan antara lain Sistem kerja jarak permukaan air terhadap sensor HC-SR04 dihasilkan bahwa pada jarak 15 cm hingga 25 cm maka lampu LED merah akan hidup, pada jarak 5 cm hingga 15 cm maka lampu LED merah akan mati dan pada lampu LED hijau akan mati dan pada jarak 0 hingga 5 cm lampu LED merah akan mati dan lampu LED hijau akan akan hidup. Selain itu juga dengan memperhatikan kondisi led yang berwarna manakah yang hidup ataupun mati ketika jarak permukaan level air dalam galon berubah-ubah sesuai kebutuhan. Selain itu dengan memperhatikan penampil LCD 16x2 apakah kalimat yang muncul sesuai dengan kondisi sebenarnya yakni ketika sensor mengukur jarak permukaan level air maka semestinya yang akan muncul nanti pada penampil LCD adalah sebagai berikut yaitu volume air full disertai

dengan nilai pengukuran jarak permukaan air terhadap sensor, volume Middle disertai dengan nilai pengukuran jarak permukaan air terhadap sensor dan volume Air Low disertai dengan nilai pengukuran jarak permukaan air terhadap sensor. Selanjutnya adapun kategori lainnya yang telah diuji adalah bagaimana kinerja pengontrol alat ini dapat mengontrol volume air dalam ember. Pada saat air didalam ember sudah mulai berkurang hingga volumenya low alat secara otomatis melakukan pengisian ke dalam ember dan sebaliknya ketika air yang sedang diisi ke dalam galon sudah penuh atau volumenya penuh alat dapatkah secara otomatis mematikan kinerja pompa pengisi air sehingga proses yang berulang-ulang tersebut secara terus menerus dapat berlangsung. Selanjutnya menghidupkan alat dengan menghubungkan steker listrik dan adaptor 12VDC ke stop kontak PLN 220V kemudian membuka katub keran air agar irigasi tetes mulai melakukan penyiraman sesuai kerjanya yakni menyiram dalam mode tetes ke permukaan tanah selanjutnya memperhatikan kalimat yang muncul pada layar LCD 16x2 dan juga memperhatikan kondisi indikator LED dan terakhir mencatat setiap proses yang terbaca dan melakukan evaluasi atau analisa lebih lanjut. Untuk melihat instalasi dari sistem pengontrolan alat yang terhubung pada mikrokontroller arduino uno pada pengatur sistem irigasi tetes pada budidaya sayuran pakcoy dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Bentuk fisik hasil instalasi seluruh sistem kendali alat

Kemudian sistem integrasi keseluruhan alat yang terdapat pada sistem pemanfaatan PV sebagai sumber energi alternatif dengan rancangan kendali otomatis dalam pengatur sistem irigasi tetes pada budidaya sayuran pakcoy dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil rangkaian komponen secara keseluruhan pada budidaya pakcoy

Berdasarkan rangkaian yang telah di ujikan seluruh komponen bekerja dengan baik dimana sumber yang terdiri dari PV dapat menjadi backup apabila di rancang pengontrolan otomatis dalam budidaya sayuran pakcoy. Kemudian kondisi LED bekerja dengan baik terhadap sensor HC-SR04.

Tabel 5. Hasil pengujian seluruh komponen terhadap lampu LED

<i>Jarak Permukaan Air terhadap Sensor HC SR04</i>	<i>Kondisi LED Merah</i>	<i>Kondisi LED Hijau</i>	<i>Jarak Permukaan Air terhadap Sensor HC-SR04</i>
15 cm - 25 cm	Hidup	Mati	15 cm - 25 cm
5 cm -15 cm	Mati	Mati	5 cm -15 cm
0 - 5 cm	Mati	Hidup	0 - 5 cm

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian alat maka teknologi sistem pemanfaatan PV dengan rancangan kendali otomatis dalam pengatur sistem irigasi tetes pada budidaya sayuran pakcoy berfungsi dengan baik. Kerja *on/off* pompa berdasarkan volume air pada botol penampungan melalui pendeteksian jarak permukaan air terhadap sensor dapat diatur melalui *sketch* program Arduino yang dibuat. Kemudian sistem irigasi tetes dapat dilakukan dengan melihat kinerja alat yang dapat mengendalikan volume air dalam galon sehingga air selalu tersedia di dalam galon yang berguna untuk dialiri pada pipa dalam meneteskan air pada sayuran pakcoy. selama alat masih dialiri oleh listrik yang bersumber PV maka sensor ultrasonik HC-SR04 telah diaplikasikan sebagai alat pendeteksi volume air melalui jarak permukaan air terhadap muka sensor.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas bantuan hibah Program Kompetisi Kampus Merdeka (PKKM) dalam bentuk bantuan maupun insentif terhadap penelitian dan publikasi Artikel.

Daftar Pustaka

- [1] A. Maulana, W. Yandi, and W. Sunanda, "Analysis of Photovoltaic Cells Performance at University of Bangka Belitung," *J. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [2] H. Satria, "Pengukuran Parameter Sistem PV Power Plant Tersambung Pada Jaringan Tenaga Listrik Berdasarkan Real Time Clock," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no. 2, 2020.
- [3] R. O. Bawazir and N. S. Cetin, "Comprehensive overview of optimizing PV-DG allocation in power system and solar energy resource potential assessments," *Energy Reports*, vol. 6, 2020.
- [4] M. Mungkin, H. Satria, J. Yanti, G. B. A. Turnip, and S. Suwarno, "PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PANEL SURYA POLYCRYSTALLINE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI WEB FIREBASE BERBASIS IoT," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 319–327, 2020.
- [5] E. Vartiainen, G. Masson, C. Breyer, D. Moser, and E. Román Medina, "Impact of weighted average cost of capital, capital expenditure, and other parameters on future utility-scale PV levelised cost of electricity," *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, vol. 28, no. 6, 2020.
- [6] A. Santoso and N. Widyawati, "Pengaruh Umur Bibit terhadap Pertumbuhan dan Hasil Pakcoy (*Brassica rapa ssp. chinensis*) pada Hidroponik NFT," *Vegetalika*, vol. 9, no. 3, 2020.
- [7] M. F. Hariyadi, "Implementasi Model Fuzzy Untuk Pengaturan Irigasi Tetes Berbasis Mikrokontroler," *Digit. Repos. Repos. Univ.*, 2020.
- [8] M. Yanto, R. Sovia, and E. P. W. Mandala, "JARINGAN SYARAF TIRUAN PERCEPTRON UNTUK PENENTUAN POLA SISTEM IRIGASI LAHAN PERTANIAN DI KABUPATEN PESISIR SELATAN SUMATRA BARAT," *Sebatik*, vol. 22, no. 2, 2018.
- [9] A. W. Tama and S. Suprihati, "PERAKITAN PUPUK ALTERNATIF UNTUK BUDIDAYA SAWI PAKCOY (*Brassica rapa subsp. Chinensis*) DENGAN SISTEM HIDROPONIK RAKIT APUNG," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 9, no. 3, 2020.
- [10] N. Anika and E. P. D. Putra, "ANALISIS PENDAPATAN USAHATANI SAYURAN HIDROPONIK DENGAN SISTEM DEEP FLOW TECHNIQUE (DFT)," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 9, no. 4, 2020.