
Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi *Internet of Things* (IoT)

Syafrima Wahyu^{*}, Mohamad Syafaat, dan Agnes Yuliana

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Binawan, Jakarta

^{*}) *Corresponding author*: syafrima@binawan.ac.id

(Received: 31 Oct 2020 • Revised: 24 Nov 2020 • Accepted: 25 Nov 2020)

Abstract

The monitoring system prototype has been developed to observe the growth of Chili plant growth that is integrated with the Internet of Things (IoT) with the power source coming from solar panels. Significant variables to support plant growth were soil moisture, ambient temperature, and watering's right time and duration. The DHT11 sensor carried out the measurement of ambient temperature and environmental humidity. Meanwhile, the measurement of soil moisture was carried out by the YL-69 sensor. The two sensors' measurement results will be displayed on the LCD (Liquid Crystal Display) and can be accessed via an Android-based application. The result of testing the temperature and soil moisture monitoring tools on chili plants showed good accuracy. The measurement results have been successfully displayed on the LCD and can be accessed via an Android-based application.

Abstrak

Telah dibuat sebuah rancang bangun sistem monitoring untuk mengamati pertumbuhan tanaman cabai yang terintegrasi Internet of Things (IoT) dengan sumber daya listrik berasal dari panel surya. Variable penting untuk menunjang pertumbuhan tanaman adalah kelembababan tanah dan suhu lingkungan serta waktu dan lama penyiraman yang tepat. Pengukuran suhu dan kelembaban lingkungan dilakukan dengan menggunakan sensor DHT11. Sedangkan untuk pengukuran kelembaban tanah menggunakan sensor YL-69. Hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut kemudian akan di tampilkan pada LCD (Liquid Crystal Display) dan dapat di akses melalui aplikasi berbasis android. Hasil pengujian alat monitoring suhu dan kelembaban tanah pada tanaman cabai menunjukkan hasil pengukuran dengan akurasi yang baik. Hasil pengukuran telah berhasil di tampilkan pada LCD dan dapat diakses melalui aplikasi berbasis android.

Keywords: *IoT, LCD, monitoring system, sensor, solar panel.*

PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan di bidang teknologi mempengaruhi penggunaan alat dan mesin yang semakin meningkat khususnya dalam sistem pertanian di Indonesia [1]. Dalam era industri 4.0 saat ini, pemanfaatan teknologi tepat guna untuk meningkatkan produktivitas pertanian di Indonesia sehingga bernilai ekonomis tinggi sangat memungkinkan direalisasikan. Hal ini sejalan dengan agenda prioritas pembangunan pertanian ke depan yaitu untuk mewujudkan kedaulatan pangan.

Salah satu tanaman yang merupakan komoditi pangan utama nasional [2] dan memiliki nilai ekonomis cukup tinggi dalam pertanian adalah tanaman cabai [3]. Seiring dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan cabai di Indonesia pun semakin meningkat [4]. Pemenuhan kebutuhan yang semakin meningkat tersebut harus diiringi dengan peningkatan produktivitas pembudidayaan tanaman cabai. Pembudidayaan komoditas ini memiliki prospek yang dapat meningkatkan perekonomian, pengentasan kemiskinan, perluasan kesempatan kerja, pengurangan impor dan peningkatan ekspor non migas [5].

Saat ini sudah tersedia sumber energi alternatif yang telah diterapkan dalam sektor pertanian, yaitu sel surya (*solar cell / Photo Voltaic /PV*). Banyak diantaranya digunakan sebagai sumber energi listrik untuk menggerakkan pompa air dalam irigasi pertanian [6]. Sel surya adalah alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya termasuk ke dalam sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang ramah lingkungan. Mengingat potensi wilayah Indonesia yang terletak di daerah tropis, penggunaan sel surya memiliki suatu keuntungan yang cukup besar yaitu menerima sinar matahari yang berkesinambungan sepanjang tahun [7]. Lebih jauh, penerapan sel surya ini dapat digunakan untuk kebutuhan sumber energi listrik dalam *green house* dan otomasinya.

Selain sebagai sumber energi listrik, energi cahaya matahari merupakan hal yang sangat dibutuhkan tanaman untuk mendapatkan makanan dalam proses fotosintesis. Dalam beberapa penelitian disebutkan bahwa pemberian spektrum cahaya tampak warna tertentu pada tanaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Naomi tahun 2018 [8] yaitu tentang keefektifan spektrum cahaya terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau, menunjukkan bahwa terdapat spektrum warna yang paling efektif bagi pertumbuhan tanaman yaitu spektrum merah. Pengaturan dalam pemberian spektrum cahaya tampak warna tertentu tersebut perlu diterapkan untuk dapat meningkatkan produksi tanaman cabai itu sendiri. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan perlakuan sejenis berupa variasi cahaya tampak pada tanaman cabai. Sistem pengontrol yang dapat digunakan untuk pengkondisian lingkungan media tanam dan pemantauan pertumbuhan tanaman adalah modul mikrokontroler arduino. Arduino merupakan kit elektronika atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATMEL [9]. Dalam revolusi industri 4.0 saat ini, perangkat Arduino telah diintegrasikan dengan sistem *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan setiap barang (things) yang dimiliki dapat terhubung ke internet sehingga dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan smartphone atau bahkan dengan perintah suara [10]. Perkembangan sistem IoT ini membuat penggunaan perangkat Arduino menjadi jauh lebih maksimal karena dapat dipantau secara *real time* dari lokasi atau jarak yang jauh.

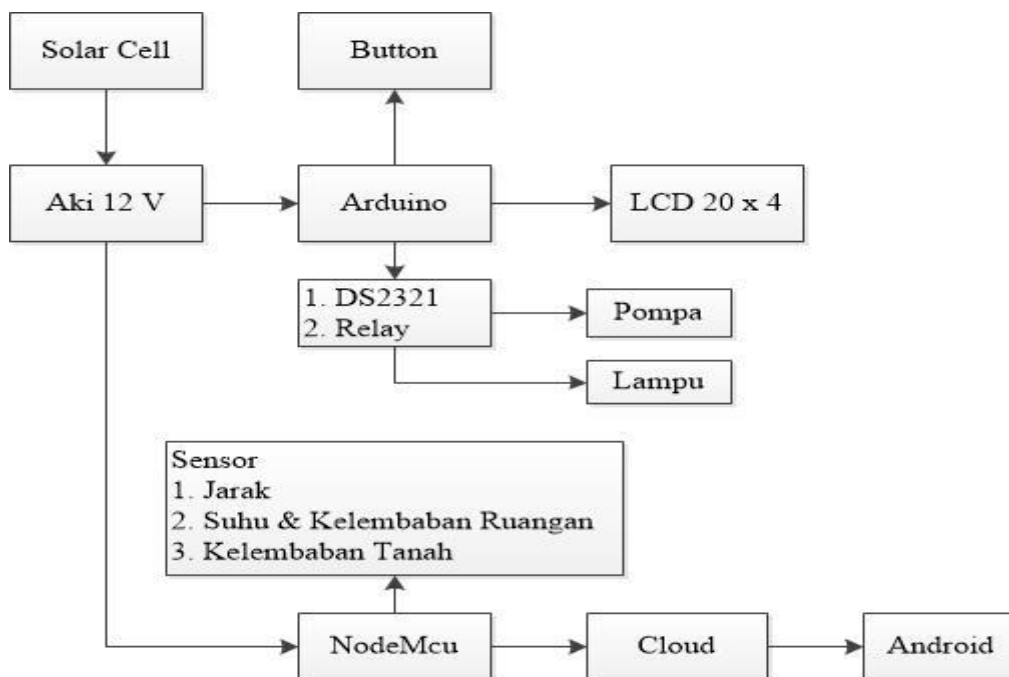
Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi berbasis revolusi industri 4.0 disektor pertanian dengan membuat rancang bangun sistem monitoring pertumbuhan tanaman cabai menggunakan Arduino bertenaga surya terintegrasi *Internet of Things* (IoT).

METODE PENELITIAN

Perancangan alat monitoring pertumbuhan tanaman cabai dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu perancangan sistem, pembuatan alat dan pengujian subsistem dan sistem secara keseluruhan.

Perancangan Sistem

Secara garis besar sistem monitoring pertumbuhan tanaman cabai dapat dilihat pada Gambar 1. pada alat ini dilengkapi beberapa sensor yaitu sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan lingkungan, dan sensor ultrasonik.



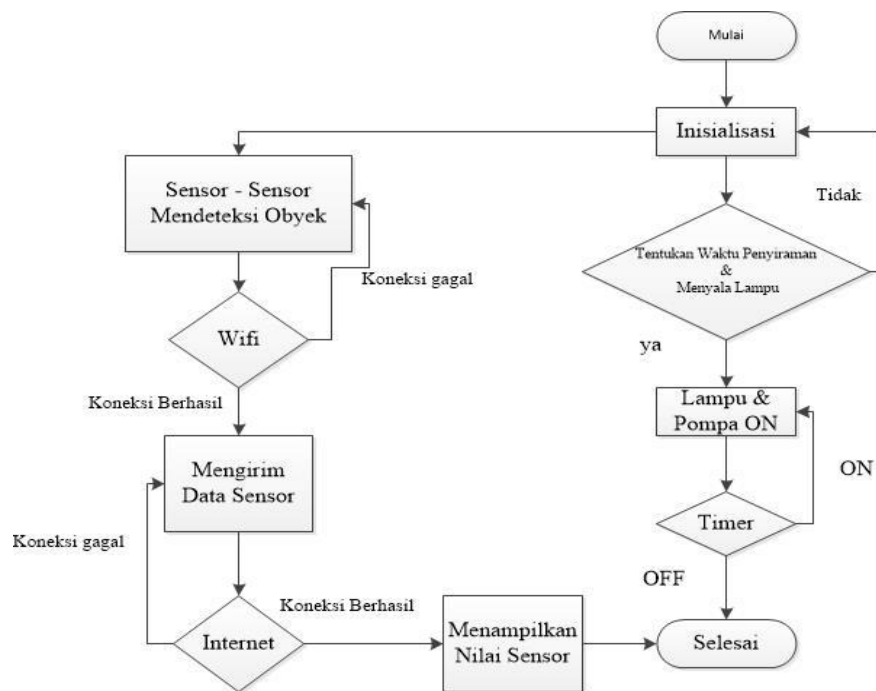
Gambar1. Blok Diagram

Perancangan alat dan monitoring pertumbuhan tanaman cabai memerlukan beberapa jenis data. Data yang diperlukan ialah data kelembapan tanah, suhu dan kelembapan udara dan tinggi tanaman. Sistem alat ukur suhu dan kelembapan lingkungan ini terdiri dari rangkaian sensor yang berfungsi mendeteksi atau mengukur besarnya perubahan suhu dan kelembapan tanah. Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu adalah sensor DHT11, sedangkan untuk mengukur kelembapan tanah digunakan sensor YL-69 dan untuk mengukur ketinggian tanaman digunakan sensor ultrasonic HC-SR04. Komponen lain yang digunakan yaitu Arduino nano sebagai mikrokontroler dan menerima data dari sensor YL-69 kemudian mengirim data dari sensor ke NodeMCU ESP8266. NodeMCU sebagai serial komunikasi untuk menghubungkan sistem dengan aplikasi android dan Liquid Crystal Display (LCD) 20x4 sebagai penampil hasil pengukuran,

Prinsip kerja dari rangkaian system ini yaitu sensor DHT11 akan mendeteksi perubahan suhu yang terjadi di lingkungan, dan sensor YL-69 akan mendeteksi kadar air dalam tanah untuk menentukan tingkat kelembapan tanah. Output dari sensor YL69 akan di terima oleh Arduino Uno, kemudian melalui komunikasi Tx dan Rx, data dari Arduino Uno akan di kirim ke NodeMCU. Sedangkan untuk output dari sensor DHT-11 dan sensor ultrasonik akan langsung di terima oleh modul WiFi NodeMCU. Data dari modul WiFi NodeMCU kemudian

akan di teruskan ke LCD melalui saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data). Modul WiFi NodeMCU akan menyimpan data, dan mengirim data dari sensor ke firebase. Smartphone android kemudian akan mengambil data dari firebase sehingga data hasil pengukuran dapat di tampilkan pada smartphone berbasis android.

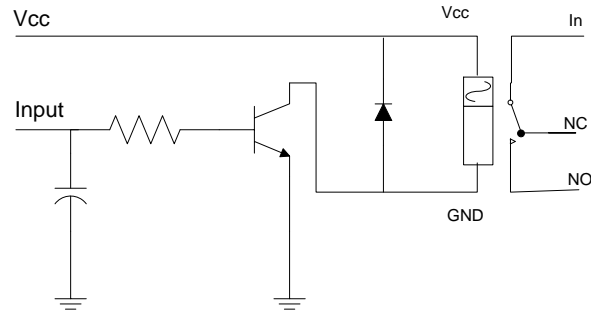
Secara garis besar sistem monitoring dan penyiraman tanaman cabai dapat dilihat pada Gambar 2. Pada system ini ditempatkan beberapa sensor yaitu sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan, dan sensor ultrasonik. Sensor tersebut akan dibaca oleh arduino sebagai parameter untuk melakukan penyiraman terhadap tanaman cabai kemudian data yang telah dibaca tersebut diupload ke API (Application Programming Interface) dengan menggunakan modul wifi NodeMCU esp8266. Kemudian data yang telah tersimpan di dalam API tersebut akan dibaca oleh smartphone android yang berfungsi untuk melakukan monitoring dan kontrol terhadap kondisi tanaman.



Gambar 2. Algoritma

Perancangan Rangkaian Driver Relay

Rangkaian Driver Relay berfungsi untuk mengendalikan relay mekanik dalam posisi On-Off, yang sesuai dengan perubahan yang diterima rangkaian pencacah, rangkaian ini menggunakan sebuah transistor BC 547A dan relay DC 12V/ 5 pole dan dioda yang digunakan IN 4002/ IN4004 seperti yang terlihat pada Gambar 3. Tahanan dalam relay jenis ini sebesar 400Ω. Sedangkan transistor switching BC 547A memiliki arus kolektor maksimal sebesar $I_c(\text{mak}) = 200\text{mA}$ dengan bati penguatan (hfe) sebesar 250.



Gambar 3. Rangkaian driver relay

Untuk membuat transistor bekerja sebagai saklar maka basis harus dicatu arus atau tegangan. Untuk mendapatkan tahanan basis maka dapat digunakan persamaan (1), (2) dan (3) berikut ini:

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad (1)$$

$$I_{C(sat)} = \frac{12}{400} = 30mA$$

$$I_{b(sat)} = \frac{I_{c(sat)}}{h_{fe}} \quad (2)$$

$$I_{b(sat)} = \frac{30mA}{250} = 0,12mA$$

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_{b(sat)}} \quad (3)$$

$$R_B = \frac{5 - 0,7}{0,12} = 35,833\Omega$$

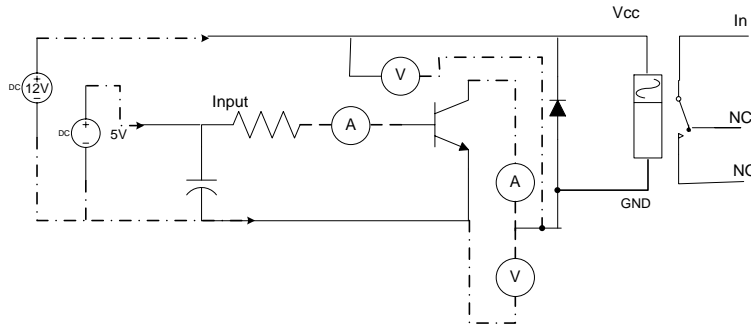
Oleh karena tidak ada resistor dengan nilai 35,833Ω maka dalam perancangan dipakai resistor dengan nilai yang mendekati 39 K Ω.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menganalisa rancangan rangkaian peralatan sistem monitoring tanamna ini dilakukan dengan menguji dari tiap-tiap unit bagian rangkaian pada pengukuran input dan output rangkaian untuk mendapatkan hasil apakah alat yang dirancang sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian rangkaian dilakukan dengan pengujian rangkaian driver relay, pengujian rangkaian sensor ultrasonik, pengujian sensor kelembaban tanah, pengujian rangkaian timer dan pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian Rangkaian Driver Relay

Pengujian driver relay dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Pengujian rangkaian driver relay

Pengujian ini menggunakan sumber tegangan DC 12 Volt dan 5 Volt, ini dilakukan untuk melihat apakah relay yang akan digunakan berkerja dengan baik. Tegangan 12 Volt diberikan pada sumber tegangan relay dan tegangan 5 Volt diberikan pada input. Saat input diberikan tegangan maka akan mengalirkan arus ke Transistor yang menyebabkan transistor bekerja seperti saklar yang menghubungkan kaki kolektor ke emitor, ini membuat kaki grond relay terhubung ke Ground, Sehingga relay bekerja dengan baik. Dari percobaan yang telah dilakukan sesuai dengan Gambar rangkaian di atas didapat hasil pengukuran seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Rangkaian Driver Relay

V _{in}	Hasil Pengukuran				Hasil Perhitungan		Relay
	A ₁ (mA)	A ₂ (ma)	V ₁ (V)	V ₂ (V)	A ₁ (mA)	A ₂ (ma)	
0	0	0	0	12,11	0	0	OFF
5,02	0,11	27,55	11,04	1,48	0,1107	27,675	ON

Secara perhitungan besar Ib (A1) dan Ic (A2) pada rangkaian percobaan dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) dan (5) sebagai berikut:

$$I_b = \frac{V_{in} - V_{be}}{R_b} \tag{1}$$

$$I_c = I_b \times h_{fe} \tag{2}$$

Untuk rangkaian percobaan pemicu 2 ampere, nilai tahanan dalam relay adalah 400Ω, hfe transistor BC 547A adalah sebesar 250. sedangkan Vin sebesar 5,02 Volt dan tahanan basis 39KΩ

$$A_1 = \frac{5,02 - 0,7}{39000} = \frac{4,32V}{39000} = \frac{4320}{39000} = 0,1107mA$$

$$A_2 = 0,1107 \times 250 = 27,675mA$$

Bila dilihat hasil pengukuran dan hasil perhitungan, besar nilai Ib dan Ic tidak mengalami perbedaan yang besar, tetapi perbedaan pada nilai Ic antara hasil pengukuran dan perhitungan

disebabkan oleh perbedaan nilai I_b yang didapat secara perhitungan dan pengukuran. Karena yang menentukan besar kecilnya arus yang lewat dikolektor transistor ditentukan oleh besar arus yang masuk ke basis transistor dikali dengan β dari transistor.

Pengujian rangkaian Sensor Ultrasonik

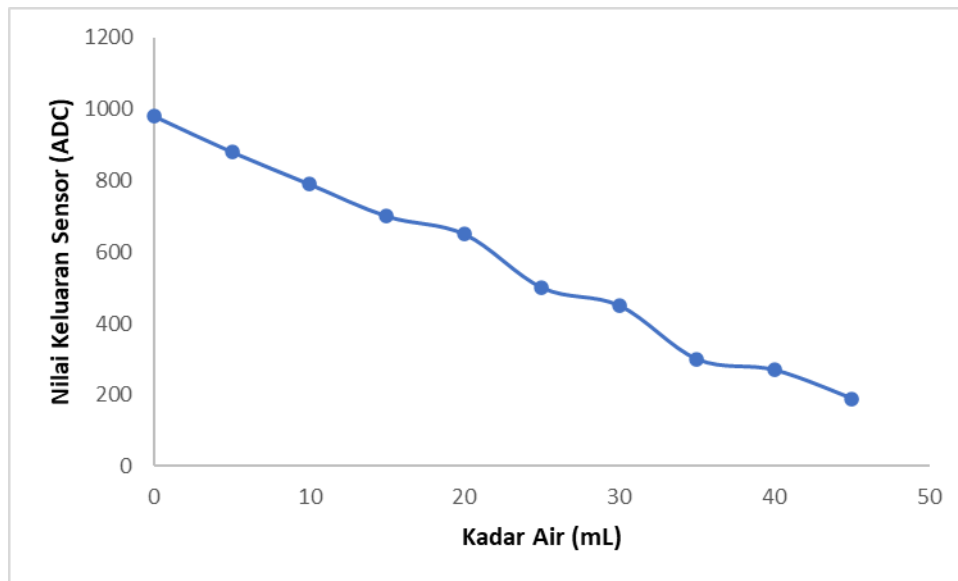
Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan penggaris. Hal ini dilakukan untuk mengkalibrasi sensor ultrasonic agar pembacaan yang di dapat oleh sensor sesuai dengan alat ukur pembandingnya. Hasil pengujian sensor ultrasonic dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Sensor Ultrasonik (Cm)	Penggaris
1	5	5
2	10	11
3	15	15
4	20	20
5	25	26
6	30	31
7	35	34
8	40	40
9	45	45
10	50	50

Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Pengujian sensor kelembaban tanah dilakukan dengan menempatkan tanah bermassa 100gr kedalam sebuah wadah, kemudian tanah dalam wadah tersebut diberi air dengan rentan 0- 45 ml. Setelah tanah dalam wadah tersebut di beri air, tanah di diamkan selama 1 menit, kemudian diukur nilai keluaran dan tegangan keluaran sensornya. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi nilai keluaran dan tegangan keluaran sensor. Selain itu, uji coba ini bertujuan untuk memastikan rangkaian sensor sudah layak digunakan untuk kegiatan monitoring. Hasil uji coba nilai keluaran sensor pada tanah bermassa 100gr dengan kadar air 0-45 ml ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pengujian Keluaran Sensor Kelembaban Tanah

Selanjutnya untuk mengetahui kondisi terbaik penempatan sensor di dalam tanah, dilakukan pengujian sensitivitas sensor. Hasil uji coba nilai keluaran sensor pada tanah bermassa 100gr dengan kadar air 0-45 ml ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Sensor

No	Kadar Air (mL)	Vout Sensor (Volt)
1	0	4.5
2	5	4
3	10	3.6
4	15	3.3
5	20	2.8
6	25	2.5
7	30	2.2
8	35	2
9	40	1.7
10	45	1.3

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 5, nilai keluaran dan tegangan keluaran sensor akan semakin kecil ketika kadar air dalam tanah semakin tinggi. Kadar air dalam tanah akan membantu menghantarkan arus, sehingga semakin besar kandungan air dalam tanah maka nilai arus nya akan semakin besar. Pengukuran nilai resistansi yang di tunjukkan oleh nilai keluaran sensor menunjukkan nilai kadar air dalam tanah. Nilai resistansi berbanding terbalik dengan nilai arus yang mengalir. Ketika nilai resistansi tinggi, maka arus akan bernilai rendah, begitu pun sebaliknya. Hal ini sesuai dengan Hukum Ohm. Dimana R merupakan resistansi tanah, V merupakan tegangan keluaran sensor, dan I merupakan arus listrik yang mengalir melalui tanah. Dalam hal ini, nilai resistansi tanah ditunjukkan oleh nilai yang terukur oleh sensor.

Pengukuran kadar air dalam tanah menggunakan sensor YL-69 dilakukan dengan cara menancapkan probe sensor ke dalam tanah. Probe sensor YL-69 memiliki tujuh segmen. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas pada masing-masing segmen. Kondisi real pengujian ini dilakukan pada saat tanah basah, sehingga nilai keluaran sensor seharusnya memiliki nilai keluaran yang rendah. Data hasil uji coba ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Sensitivitas Sensor

No	Nilai ADC (Resistansi)	Beda Potensial Antar Probe (Volt)
1	500	3,3
2	460	2,8
3	400	2,5
4	380	2
5	310	1,8
6	270	1,5
7	250	1,3

Berdasarkan data pada Tabel 4, nilai yang mendekati kondisi sesungguhnya adalah nilai yang di hasilkan pada segmen ke-7, hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam probe tertancap ke dalam tanah, maka sensitivitas sensor akan semakin baik, sehingga penempatan sensor yang paling baik di dalam tanah adalah tertancap seluruhnya.

Pengujian Rangkaian Timer

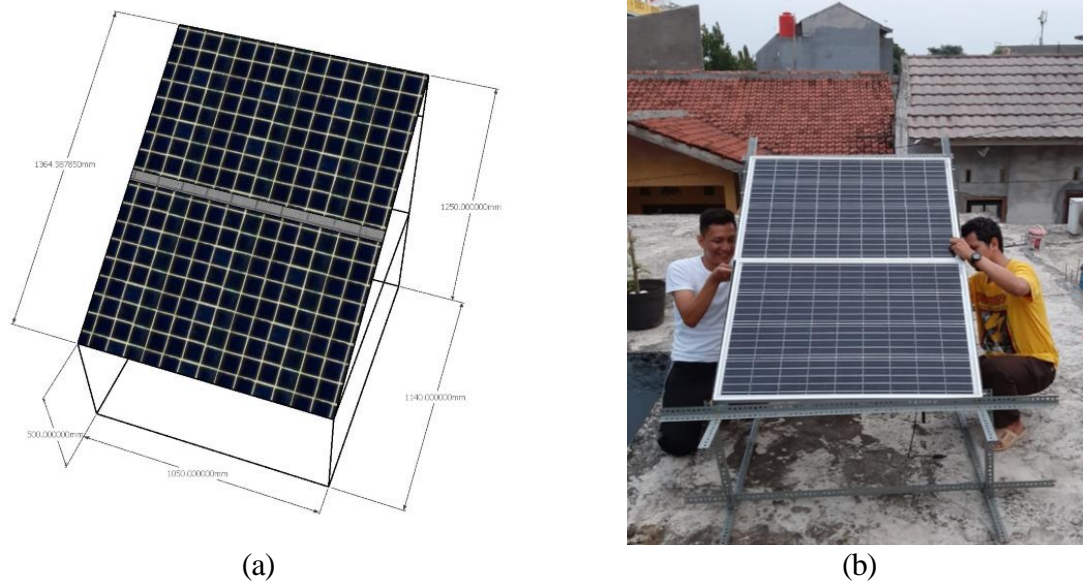
Pengujian Timer dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran timer pada sistem dengan Timer HP. Hal ini dilakukan untuk mengkalibrasi rangkaian Timer sistem agar Timer pada system sama dengan Timer pembandingnya. Hasil pengujian Rangkaian Timer dapat dilihat pada Table 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Rangkaian Timer

No	Timer Sistem	Timer HP
1	00.01.00	00.01.02
2	00.02.00	00.02.01
3	00.03.00	00.03.05
4	00.04.00	00.04.03
5	00.05.00	00.05.01
6	00.06.00	00.06.07
7	00.07.00	00.07.05
8	00.08.00	00.08.04
9	00.09.00	00.09.03
10	00.10.00	00.10.01

Panel Surya

Penelitian ini menggunakan sumber daya listrik berasal dari 2 panel surya 120WP monokristal yang dirangkai secara paralel dan dihubungkan ke *Solar Charge Controller* serta aki 12V/20Ah dan beban yang diuji. Hasil uji menunjukkan tegangan rangkaian terbuka 18 – 22 V dan arus listrik rangkaian terbuka 1,5 A. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Samsurizal, dkk., sudut kemiringan panel surya untuk menghasilkan arus keluaran yang tinggi adalah berkisar 30° – 40° [11]. Pada penelitian ini, panel surya diarahkan menghadap utara (lokasi penelitian berada diselatan garis khatulistiwa) dan membentuk sudut $\pm 33^\circ$ terhadap bidang horizontal.



Gambar 5. (a) Rancangan 3 Dimensi Panel Surya dan (b) Instalasi Panel Surya

Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian masing-masing subsistem, dilakukan pengujian system secara keseluruhan. Data yang didapat seperti pada Tabel 6. System secara keseluruhan berjalan sesuai dengan yang diharapkan. System monitoring pertumbuhan tanaman cabai yang telah dibuat dapat digunakan untuk memonitoring pertumbuhan tanaman, yaitu dengan memonitoring suhu dan kelembaban lingkungan, kelembabaan tanah, tinggi tanaman dan otomatisasi waktu dan lama penyiraman serta nyala/mati lampu.

Tabel 6. Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Suhu Lingkungan (°C)	Kelembababan Lingkungan (%)	Kelembababan Tanah (%)	Pompa	Lampu	Jam	Lama Penyiraman (Menit)
1	28	55	67	on	off	07.00	00.01.00
2	30	40	59	off	off	10.00	00.01.00
3	33	38	55	off	off	13.00	00.01.00
4	31	51	68	off	off	16.00	00.01.00
5	27	54	58	off	on	19.00	00.01.00
6	27	54	53	off	on	22.00	00.01.00
7	27	54	48	off	on	01.00	00.01.00
8	27	54	44	off	on	04.00	00.01.00
9	28	55	69	On	off	07.00	00.01.00
10	30	50	60	off	off	10.00	00.01.00

KESIMPULAN

Semakin dalam probe tertancap ke dalam tanah, maka sensitivitas sensor akan semakin baik, sehingga penempatan sensor yang paling baik di dalam tanah adalah tertancap seluruhnya. Pengujian alat monitoring suhu dan kelembaban tanah pada tanaman cabai menunjukkan hasil pengukuran dengan akurasi yang baik. Perangkat Sistem Panel surya sebagai sumber daya listrik dapat bekerja dengan baik dan memenuhi beban daya listrik yang dibutuhkan untuk sistem monitoring. Sistem monitoring berhasil diakses melalui aplikasi Android.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan salah satu luaran dari skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun anggaran 2020 KEMENRISTEK-BRIN. Penulis mengucapkan terimakasih kepada KEMENRISTEK-BRIN khususnya Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan atas dana hibah yang telah diberikan kepada kami sehingga penelitian ini dapat terealisasi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Herwanto, S. Nurjanah, M. Saukat and S. Hafidz, "Analisis Energi Pada Proses Pengolahan Teh Hitam Ortodoks (Studi Kasus PT. Perkebunan Nusantara VIII Kebun Gedeh, Desa Sukamulya, Kecamatan Cugenang, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat)," *Jurnal Teknotan*, vol. 12, no. 1, pp. 65-72, 2018.
- [2] A. N. A. Syah, T. Nuryawati and W. S. Litananda, "Pengembangan Smart Greenhouse Untuk Budidaya Hortikultura," in *Prosiding Seminar Nasional PERTETA 2018*, Yogyakarta, 2018.
- [3] G. Hapsoh, A. I. Amri and A. Diansyah, "Respons Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum annum* L.) terhadap Aplikasi Pupuk Kompos dan Pupuk

- Anorganik di Polibag," *J. Hort. Indonesia*, vol. 8, no. 3, pp. 203-208, 2017.
- [4] C. Suherman, M. A. Soleh, A. Nuraini and A. N. Fatimah, "Pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum*Sp.) yang diberi pupuk hayati pada pertanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) TBM I," *Jurnal Kultivasi*, vol. 17, no. 2, pp. 648-655, 2018.
- [5] Zulfitri, "Analisis varietas dan polybag terhadap pertumbuhan serta hasil cabai (*Capsicum annum* L.) system hidroponik," *Buletin Penelitian*, vol. 8, 2005.
- [6] Matzir, "Pemanfaatan energi surya untuk mencukupi kebutuhan air untuk irigasi di provinsi Sumatra Barat," *Jurnal Teknik Sipil ITP*, vol. 4, no. 1, pp. 34-41, 2017.
- [7] A. I. Ramadhan and E. d. S. h. M. Diniardi, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *TEKNIK*, vol. 37, no. 2, pp. 59-63, 2016.
- [8] A. Naomi, J. Pertiwi, P. A. Permatasari and S. N. Dini, "Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (*Vigna Radiata*)," *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, vol. 4, no. 2, pp. 93-102, 2018.
- [9] Z. R. Saputra, "Perancangan Smart Home Berbasis Arduino," *Jurnal Sigmata Vol 4*, vol. 4, no. 1, pp. 44-51, 2015.
- [10] G. S. Santyadiputra, I. M. Putrama and I. G. P. Sindu, "Pelatihan Internet Of Things (IOT) Untuk Pelajar Tingkat SMK Di Kecamatan Buleleng," in *Seminar Nasional Vokasi dan Teknologi (SEMNASVOKTEK)*, Denpasar, 2017.
- [11] A. M. Samsurizal and Christiono, "Analisis Pengaruh Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Muadratic Method," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 137-144, 2018.