



SISTEM HIDROPONIK PERTANIAN MODERN PEMANTAUAN DAN PENAMBAHAN PUPUK OTOMATIS BERBASIS *IOT* SERTA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Muhammad Rizki Surya Nugraha¹, Umi Fadlilah¹, Heru supriyono¹,
Muhammad Kusban¹

¹ Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo, Indonesia

 Email korespondensi: rizkiapik890@gmail.com

Abstrak. Negara agraris adalah sebutan bagi Negara Indonesia yang merupakan mayoritas penduduk bekerja sebagai petani. Pertanian di Indonesia bisa dibilang sangat merata pada setiap wilayahnya. Salah satu jenis pertanian ialah hidroponik, yaitu budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, sehingga hanya dijalankan menggunakan air sebagai media pengganti tanah. Penulis akan membuat alat untuk memantau dan mengendalikan sistem hidroponik secara otomatis berbasis IoT (*Internet of Things*) menggunakan sumber pembangkit listrik tenaga surya. Sistem hidroponik pertanian modern memiliki tujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam pemantauan dan pemberian nutrisi pada pertanian hidroponik dan pemanfaatan panel surya untuk sumber pembangkit listrik agar tetap bisa berjalan walaupun terjadi pemadaman listrik. Alat dan bahan yang digunakan untuk pemantauan nutrisi pada hidroponik antara lain sensor DS1820, sensor PH, sensor TDS, dan sensor *Water Level* Kemudian ada motor DC 5V sebagai penyalur pupuk otomatis dan motor DC 12V sebagai pompa distribusi perairan hidroponik. Sumber listrik didapatkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 50 WP. Pada penelitian ini juga menggunakan ESP 32 sebagai kontroler. Ringkasan dari hasil penelitian sistem hidroponik dapat melakukan pemantauan kandungan pada penampungan air hidroponik dari jauh. Sistem hidroponik mendapatkan nilai akurasi 98,67% dan rata – rata *error* 0,014% pada pembacaan suhu air, serta mendapatkan nilai akurasi 96,85% dan rata – rata *error* 0.031% pada pembacaan pH air. Sistem hidroponik juga dapat membaca PPM pada



penampungan air dengan nilai akurasi 98,74% dan rata – rata *error* 0,012%. Sistem hidroponik ini mampu melakukan kalibrasi sensor melalui *bot* telegram.

Kata kunci : *IoT, Pertanian Hidroponik, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Sensor DS1820, Sensor PH , Sensor TDS, Water Level.*

PENDAHULUAN

Kegiatan produksi pertanian membutuhkan sistem irigasi yang tepat, contohnya penerapan metode hidroponik yang sering diimplementasikan pada lahan dengan tingkat kesuburan tanah yang terbatas. Pendekatan ini telah menunjukkan efektivitas dalam pembudidayaan berbagai spesies tanaman, terutama pada kategori sayur-mayur dan buah seperti kangkung , pakcoy, serta selada. Sistem hidroponik menyediakan keunggulan yang nyata dalam aspek produktivitas bila dikomparasikan dengan teknik pertanian tradisional. Hidroponik merupakan sistem bercocok tanam yang menggunakan air yang diperkaya nutrisi sebagai media pertumbuhan tanaman, menggantikan fungsi tanah sebagai medium konvensional. Kata hidroponik berasal dari akar bahasa Yunani yang menggabungkan "*hydro*" berarti "air" dan "*ponos*" berarti "usaha" atau "kerja", yang secara literal dapat diartikan sebagai "berkarya dengan bantuan air dalam sistem hidroponik, tanaman diletakkan dalam bak penampung dengan akar yang mengambang dalam cairan kaya nutrisi, memungkinkan tanaman untuk tumbuh dengan cepat dan berkembang menjadi massa. (Abu Sneineh and Shabaneh, 2023). tradisional, karena memberikan kemampuan untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan dengan lebih presisi.

Hidroponik memiliki beberapa jenis atau metode dalam pengaplikasian hidroponik diantaranya *Nutrient Film Technique* (NFT) dan *Deep Flow Technique* (DFT). Menurut (Akhmad Nuryudin, Denny Irawan, Rini Puji Astutik, 2024), *Nutrient Film Technique* (NFT) adalah metode hidroponik yang mengalirkan larutan nutrisi tipis melalui akar tanaman secara terus-menerus. *Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan Sistem hidroponik dengan pemberian larutan nutrisi melalui aliran yang sangat dangkal. Air yang mengandung semua nutrisi terlarut dialirkan terus menerus selama 24 jam. Tujuan dari penanaman hidroponik NFT untuk menghemat pemakaian lahan, pemakaian air yang lebih efisien untuk sirkulasinya, tumbuhan yang ditanami dengan media hidroponik bisa berkembang dan dapat tumbuh dengan waktu singkat. Menurut (Roihatur Rohmah, 2024), *Deep Flow Technique* (DFT) merupakan salah satu Sistem hidroponik yaitu air dalam pipa irigasi tergenang dalam pipa dan juga dialirkan dalam pipa. Sehingga akar tanaman dapat selalu tergenang dalam air dan juga bisa mendapatkan nutrisi yang cukup. Kelebihan dari sistem hidroponik DFT yaitu umur

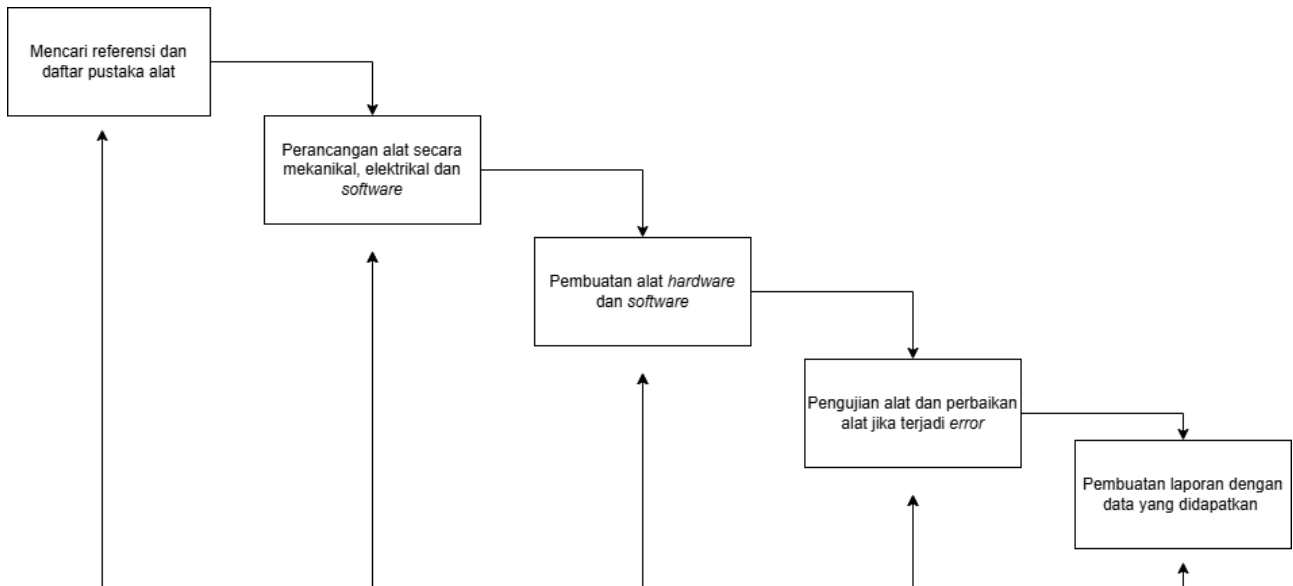


panen tanaman lebih cepat, nutrisi tanaman tercukupi, dan cocok untuk pemula yang menanam tanaman hidroponik. Beberapa model hidroponik DFT yang sudah dikembangkan diantaranya adalah model meja, model piramida, dan model anak tangga. Implementasi sistem monitoring hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) dalam sektor pertanian hidroponik merupakan suatu terobosan teknologi yang bertujuan untuk mempermudah para praktisi pertanian hidroponik. Inisiatif ini merupakan bentuk kontribusi terhadap perkembangan agrikultur modern yang dapat memberikan kemudahan bagi petani dalam mengelola dan mengawasi tanaman sayuran hidroponik mereka. Berdasarkan landasan tersebut, pengembangan inovasi dan solusi terdepan dalam format digitalisasi sistem pertanian menjadi sangat esensial untuk meningkatkan efektivitas operasional sekaligus mendorong modernisasi dalam ekosistem pertanian. Permasalahan fundamental dalam budidaya hidroponik terletak pada sistem sirkulasi air yang menjadi satu-satunya medium penyuplai nutrisi bagi tanaman dan harus mampu beroperasi secara kontinyu dari pagi hingga sore hari. Ketika terjadi gangguan aliran listrik, sistem irigasi tidak dapat berfungsi optimal sehingga berpotensi menyebabkan tanaman hidroponik mengalami dehidrasi atau bahkan kematian. Berdasarkan problematika tersebut, peneliti mengembangkan sistem pemantauan hidroponik yang terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sehingga sirkulasi air tetap dapat berlangsung meskipun terjadi pemadaman listrik. Sistem monitoring hidroponik untuk tanaman selada dirancang agar para petani hidroponik dapat melakukan pengawasan melalui perangkat mobile dan dapat diakses dari lokasi manapun. Pemantauan hidroponik menggunakan empat parameter utama yaitu temperatur lingkungan, tingkat keasaman air (pH), konsentrasi padatan terlarut (TDS), dan ketinggian permukaan air dengan memanfaatkan berbagai jenis sensor. Perangkat sensor yang diintegrasikan dalam sistem pemantauan hidroponik meliputi sensor suhu DS1820, sensor keasaman (pH), sensor Total Dissolved Solids (TDS), dan sensor ketinggian air (Water Level Sensor).

METODE

Dalam penelitian ini penulis, menggunakan metode *waterfall*, agar setiap proses dalam penelitian ini berjalan urut dan runtut serta dapat melakukan identifikasi jika terjadi kegagalan atau kesalahan selama proses pengerjaan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mengamati secara langsung keluaran dari sensor yang digunakan yaitu sensor DS1820, sensor PH, sensor TDS dan sensor *Water Level*. Beberapa parameter yang diamati yakni suhu air, PH air, kerapatan air, dan Volume air yang dapat dimonitor secara *real time* melalui *smartphone* pada aplikasi *Telegram*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Metode Pembuatan Alat

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dipaparkan sebagai berikut :

1. Mencari referensi dan memahami literatur dalam perancangan, pembuatan dan pengujian alat.
2. Melakukan perancangan alat secara *software* dan *hardware*. Tahapan ini meliputi perancangan program, perancangan konstruksi alat dan sistem kelistrikan.
3. Melakukan pembuatan alat *hardware* maupun *software*. Pada tahapan ini meliputi pembuatan alat secara mekanikal dan elektrikal.
4. Melakukan pengujian alat dan perbaikan apabila terjadi kesalahan dalam proses pengujian alat.
5. Pembuatan laporan sesuai dengan data yang didapatkan. Proses ini bertujuan untuk menganalisis hasil data yang didapatkan.

Studi Pustaka

Studi Pustaka adalah salah satu cara untuk mencari dan mengumpulkan informasi yang dapat digunakan sebagai acuan dari jurnal-jurnal terutama di bidang elektrikal dan energi terbarukan. Penelitian pustaka dapat diperoleh dari berbagai sumber yaitu jurnal dan situs web yang relevan melalui penelitian yang penulis lakukan. Dalam hal ini, penulis melakukan kajian ulang menggunakan sumber-sumber yang telah ada sebelumnya dan dijadikan acuan dalam penelitian ini.



Survei Lokasi

Survei Lokasi adalah tahap penentuan tempat yang sesuai untuk pembuatan tugas akhir ini. Oleh sebab itu, memahami keadaan sebenarnya dari lokasi yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sangat penting. Pada Gambar 2 terlihat bahwa lokasi penelitian dilakukan di pertanian hidroponik selada di Kabupaten Wonogiri.

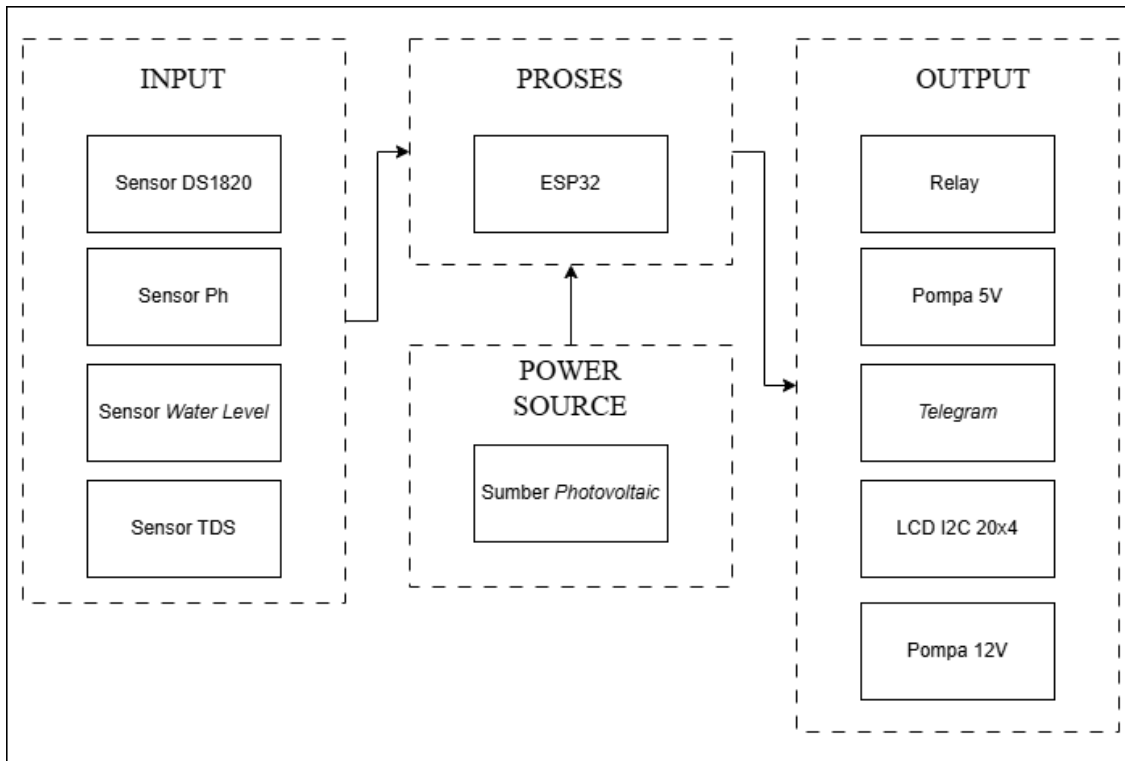


Gambar 2. Contoh Pertanian Hidroponik di Kab. Wonogiri

Perancangan

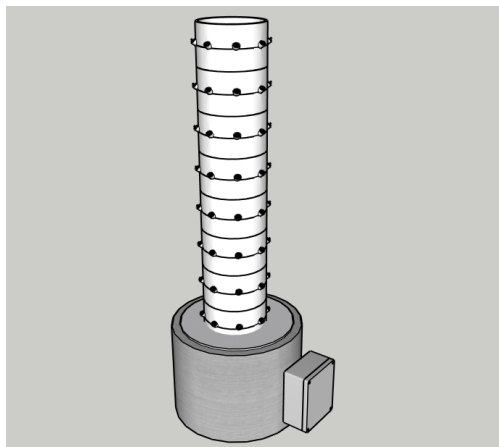
Perancangan bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif dan mengevaluasi kesesuaian sistem hidroponik yang akan dikembangkan. Pada tahapan perancangan ini akan ditampilkan diagram alir sistem untuk menggambarkan proses kerja dan mekanisme operasional dari keseluruhan sistem yang akan diimplementasikan. Tahapan ini juga akan menjelaskan blok input sensor untuk mengakuisisi data parameter seperti suhu, PH air, kerapatan nutrisi, dan volume air yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk mengontrol dari aktuator berupa relay, pompa 5v, Telegram dan LCD seperti Gambar 3.





Gambar 3. Blok Diagram sistem

Tahap selanjutnya perancangan alat hidroponik dalam bentuk 3 dimensi. Rancangan fisik ini akan memberikan gambaran mengenai bentuk fisik dari alat yang terdiri dari *box* berwarna hitam berbahan plastik, hidroponik, dan PV. *Box* berfungsi sebagai penyimpan dari mikrokontroler yang terdapat input dan output dari alat pemantauan yang akan dibuat. Desain 3 dimensi dari alat yang akan dibuat seperti Gambar 4. dan 5.



Gambar 4. Desain rangkaian hidroponik





Gambar 5. Ilustrasi *Photovoltaic*

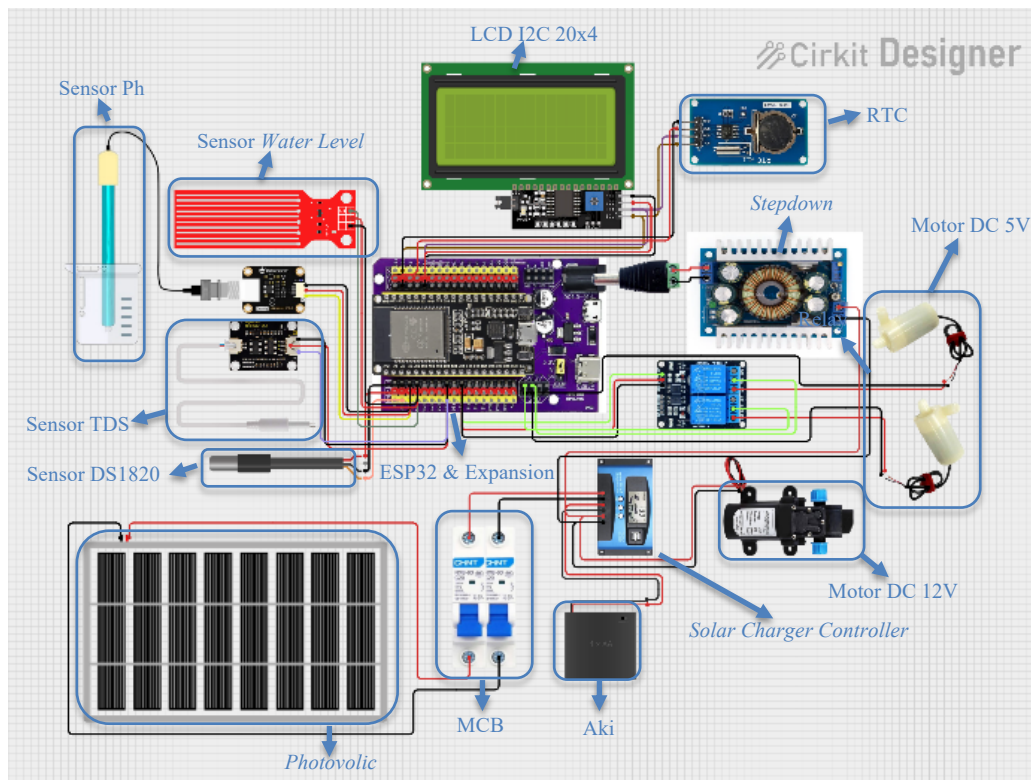
Persiapan Alat dan bahan

Pengujian perangkat dan perbaikan ini adalah salah satu langkah krusial untuk mengecek dari hasil kerja alat yang telah penulis buat, apakah sudah tepat dan memberikan keluaran yang sesuai. sesuai dengan yang diharapkan. Uji coba dilaksanakan di dalam suatu penampungan air yang diberi larutan nutrisi tanaman hidroponik berupa AB mix dan menggunakan alat pengukur berupa PH meter, TDS meter, dan suhu.

Pembuatan Sistem

Pembuatan sistem merupakan perancangan *hardware* dari yang akan digunakan. Sistem yang penulis buat bisa merupakan sistem hidroponik untuk pemantauan dan penambah pupuk secara otomatis berbasis *IOT* serta pembangkit listrik tenaga panel surya. Terdapat 4 input berupa sensor yang digunakan yaitu sensor DS1820, sensor PH, Sensor TDS dan Sensor *Water level*. Pada sistem ini menggunakan 5 output yang terdiri dari relay, pompa 5V, Telegram, LCD I2C 20x4, dan pompa DC 12V. Sumber pada sistem ini berasal dari PLTS yang disimpan pada aki 12V 10 Ah dengan menggunakan SCC (*Solar Charge Controller*) sebagai perantara dari PV ke baterai. Perancangan skema alat sistem hidroponik seperti Gambar 6.





Gambar 6. *Wiring Diagram System*

Pengujian

Tahapan evaluasi dan penyempurnaan perangkat merupakan fase krusial untuk memverifikasi performa sistem yang telah dikembangkan, guna memastikan apakah output yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Proses evaluasi dilaksanakan dalam kondisi lingkungan yang terkontrol untuk memungkinkan observasi terhadap parameter target yang akan dimonitor. Tindakan perbaikan akan diimplementasikan apabila terjadi malfungsi pada perangkat keras atau terdapat kesalahan dalam kode program selama proses pengujian berlangsung.

Pengambilan Data dan Maintenance

Fase pengambilan data merupakan tahapan penting dalam metodologi riset. Pada fase ini, informasi yang telah terkumpul melalui beragam teknik pengumpulan akan diolah dan dipresentasikan untuk menunjang solusi terhadap rumusan masalah penelitian. Aktivitas analisis data meliputi klasifikasi, komputasi, dan verifikasi data sehingga dapat dikonversi menjadi insight yang relevan dan berguna. *Maintenance* merupakan kegiatan sistematis yang dilakukan untuk mempertahankan, merawat, dan



menjaga kondisi optimal suatu sistem, peralatan, atau infrastruktur agar tetap berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

HASIL

Sistem hidroponik pemantauan dan penambahan pupuk otomatis berbasis *IOT* dapat mengetahui kebutuhan sumber pupuk pada hidroponik yang akan langsung terhubung dengan pada aplikasi telegram. Sistem ini mendeteksi kandungan - kandungan yang terdapat pada air di hidroponik yaitu suhu air, PH air, kerapatan nutrisi air dan volume penyimpanan air. Sistem hidroponik ini dapat diakses secara *realtime* melalui aplikasi telegram dan dapat mengirimkan notifikasi jika ada kandungan yang berlebihan atau kekurangan. Penelitian yang penulis lakukan dilakukan pada hari dan waktu yang sama.

REALISASI ALAT

Sistem ini menggunakan hidroponik dengan jenis NFT dengan tanaman selada sebagai objek dari penelitian yang penulis lakukan. Tanaman selada memiliki pertumbuhan 32 - 35 hari dari pasca semai dan termasuk tanaman yang dapat dibudidayakan dengan mudah menggunakan hidroponik. ESP32 sebagai mikrokontroler yang dipakai karena dapat dihubungkan dengan jaringan internet. Penambahan *extension board* ESP32 berguna untuk menaikkan tegangan yang awalnya 3,3V dari esp32 menjadi 5V dan agar port poin yang digunakan bisa banyak. Pada penambahan nutrisi otomatis menggunakan pompa DC 5V yang akan bekerja ketika kondisi air penampungan memiliki nilai kadar PH yang kurang dari 5 PH. Rangkaian hidroponik sistem pemantauan dan pengisian nutri secara otomatis seperti Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Hidroponik



Pada sistem hidroponik ini menggunakan 2 pompa DC yang memiliki fungsi yang berbeda. Pompa DC 5 V digunakan untuk penyaluran nutrisi AB ke dalam penampungan air. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari pompa DC 5V yang memiliki tekanan sebesar 5 PSI. Selanjutnya ada pompa DC 12 V yang berfungsi sebagai penyalur irigasi air terhadap tanaman hidroponik. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi dari pompa DC 12V yang memiliki tekanan sebesar 100 PSI dan bermodel *push pump*.

Tabel 1. Spesifikasi Pompa DC 5V

Parameter Spesifikasi	Keterangan
Tipe	Pompa DC
Model	MTR-0022
Rating Daya	05W-2W
Rating Arus	130-220mA
Rating Tegangan	5V
Tekanan	5 PSI

Tabel 2. Spesifikasi Pompa DC 12V

Parameter Spesifikasi	Keterangan
Tipe	Pompa DC
Model	<i>Push Pump</i>
Rating Daya	25W
Rating Arus	2,2mA
Rating Tegangan	12V
Tekanan	100 PSI

Sistem hidroponik ini menggunakan sumber dari PLTS yang disimpan pada aki. *Photovoltaic* memiliki spesifikasi 50 wp dengan arus maksimal yang dihasilkan sebesar 2,5-3 A dan tegangan maksimal sebesar 18V. Pada sistem hidroponik ini menggunakan aki 10Ah sebagai penyimpanan dari listrik yang dihasilkan dari PV. Penelitian ini menggunakan SCC (*Solar Charge Controller*) untuk mengatur listrik yang dihasilkan dari panel yang akan disalurkan ke penyimpanan atau di beban yang dipakai.



Tabel 3. Spesifikasi *PHotovoltaic*

Parameter Spesifikasi	Keterangan
<i>Voltage at Power (VMP)</i>	18,2 V
<i>Current at Power (IMP)</i>	2,75 A
<i>Open-Circuit Voltage (VOC)</i>	22,75 V
<i>Short-Circuit Current (ISC)</i>	2,98 A

SISTEM PROGRAM MONITORING

Sistem pemrograman pada penelitian ini menggunakan *software* arduino IDE dengan *microcontroller* ESP32 Nodemcu. Pada pemrograman ini menggunakan 4 sensor yaitu sensor DS1820, sensor PH, Sensor TDS dan Sensor *Water Level*. Sensor DS1820 digunakan untuk mendeteksi suhu pada air penampungan pada hidroponik. Sensor PH berfungsi untuk mendeteksi kadar PH air yang berada pada penampungan air hidroponik dengan nilai normal untuk pH air sebesar 5,5 - 7 PH. Kemudian, sensor TDS digunakan sebagai pendeteksi kerapatan air atau kekeruhan air yang biasa dipakai untuk acuan dari nutrisi pada penampungan air. Sedangkan sensor *Water Level* sebagai pengukur volume air penampungan. *Script* pemrograman *monitoring* dapat dilihat pada gambar 8 yang menunjukkan script pemrograman yang digunakan. Hasil dari pemrograman tersebut dapat dilihat di LCD I2C 20x4 yang terpasang pada *multi box* seperti Gambar 9.

```

Skrip.ino
1 #include <Arduino.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include <WiFiClientSecure.h>
4 #include <UniversalTelegramBot.h>
5 #include <Wire.h>
6 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
7 #include <OneWire.h>
8 #include <DallasTemperature.h>
9 #include <RTClib.h>
10 #include <EEPROM.h>
11 #include <WiFiUdp.h>
12 #include <NTPTClient.h>
13
14 // WiFi Credentials
15 #define ssid "KOSAYAH"
16 #define password "ekoroyabdul123"
17
18 String BOTtoken = "7020249262:AAHjncqFQ7A77kluI9a9X358mHEhk1xhDug";

```

Gambar 8. *Script Program Monitoring*





Gambar 9. Output dari sensor

HASIL PENGUKURAN

Pada proses penelitian ini dilakukan pengukuran untuk melihat hasil dari sensor DS1820, sensor PH, sensor TDS dan sensor *Waterl Level* yang digunakan pada sistem hidroponik. Pengukuran ini menggunakan alat pembanding berupa *multifunction meter* yang dapat menampilkan hasil ukur akurat. Perhitungan yang digunakan berupa rata-rata *error* dan akurasi seperti pada Persamaan 1 dan 2.

$$\text{Rata - Rata } error = \frac{(\text{pengukuran alat ukur} - \text{pengukuran penguji})}{\text{Pengukuran alat ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{rata - rata } error \quad (2)$$

A. Pengujian Sensor DS1820 Hari Pertama, Kedua, dan Ketiga

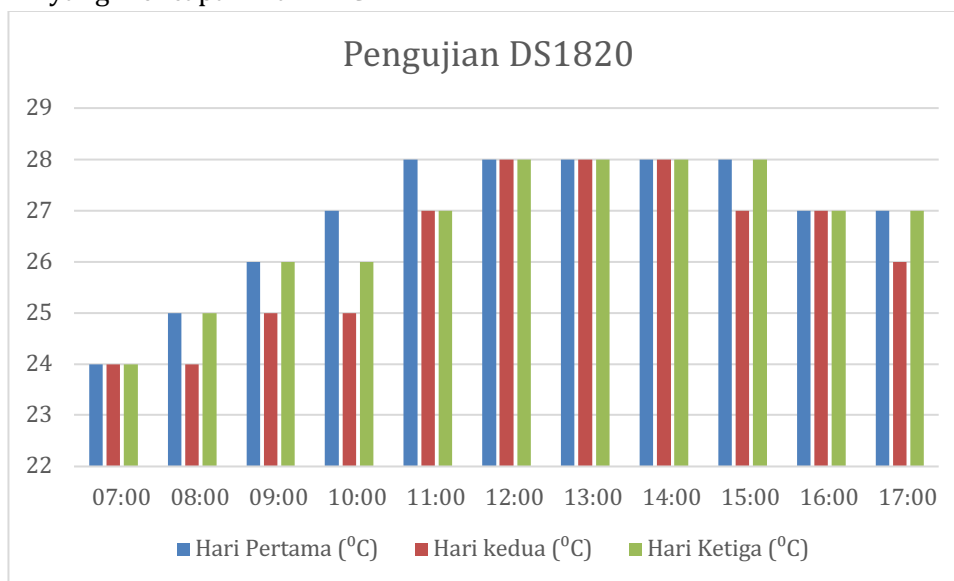
Pada pengujian ini menggunakan sensor sensor DS1820 pada sistem hidroponik. Tabel 4 hasil pengujian DS1820 dari hari pertama, kedua, dan-ketiga.

Tabel 4. Pengujian Sensor DS1820 hari pertama, kedua, dan ketiga

Pengujian Hari Pertama		Pengujian Hari Kedua		Pengujian Hari Ketiga	
Waktu	Suhu	Suhu	Suhu	Suhu	Suhu
07.00	24°C	24°C	24°C	24°C	24°C
08.00	25°C	24°C	24°C	25°C	25°C
09.00	26°C	25°C	25°C	26°C	26°C
10.00	27°C	25°C	25°C	26°C	26°C
11.00	28°C	27°C	27°C	27°C	27°C
12.00	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
13.00	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
14.00	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
15.00	28°C	27°C	27°C	28°C	28°C
16.00	27°C	27°C	27°C	27°C	27°C
17.00	27°C	26°C	26°C	27°C	27°C



Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengukuran suhu air dari sistem hidroponik menggunakan sensor DS1820 hari pertama, hari kedua dan hari ketiga. Hari pertama suhu air tertinggi terdapat pada pukul 11.00 – 15.00 WIB mencapai 28°C dan pada pukul 16.00 suhu air pada penampungan mulai turun. Pada hari kedua suhu air tertinggi mencapai 28°C pada pukul 12.00 – 14.00 WIB dan suhu kembali normal pada pukul 15.00 WIB sebesar 27°C. Hari ketiga nilai suhu yang didapatkan dari pengujian mencapai 28°C pada pukul 12.00 – 15.00 WIB dan kembali normal pada pukul 16.00 WIB. Dari hasil pengujian 3 hari suhu pada pukul 07.00 WIB menunjukkan suhu terendah yang didapatkan pada penampungan air hidroponik yang mencapai nilai 24°C.



Gambar 10. Grafik pengujian sensor DS1820

Gambar 10 menyajikan grafik pengujian suhu menggunakan sensor DS1820 selama 3 hari. Pada grafik yang dihasilkan terdapat kenaikan suhu air dari pukul 10.00 WIB sampai pukul 12.00 WIB dari sensor DS1820. Dari grafik pada Gambar 10, nilai suhu yang didapatkan pada siang hari akan menurun pada sore hari.

B. Pengujian Sensor PH Pertama, Kedua, dan Ketiga

Pada pengujian ini menggunakan sensor sensor pH pada sistem hidroponik . Tabel 5 hasil pengujian dari sensor pH hari pertama, kedua, dan ketiga

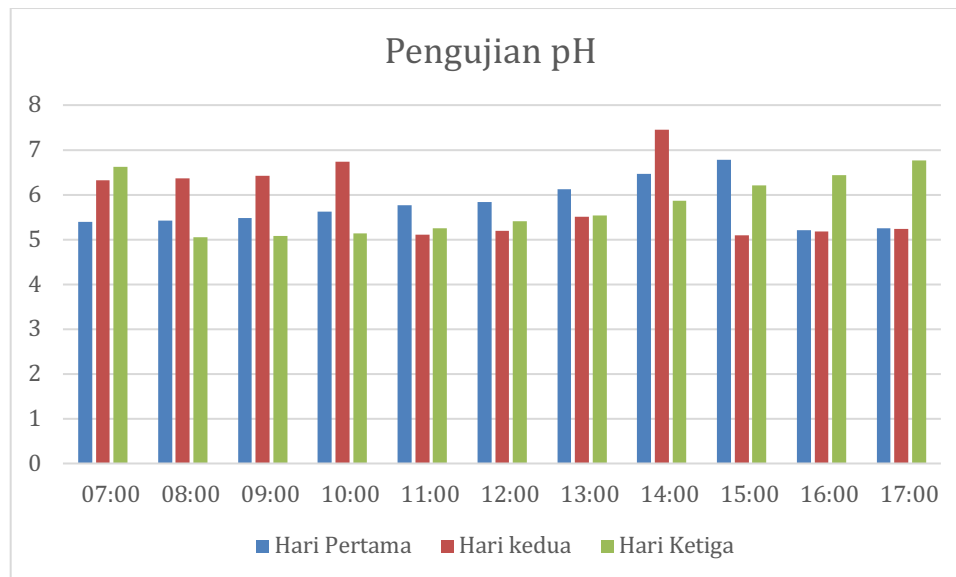
Tabel 5. Pengujian Sensor pH hari pertama, kedua, dan ketiga

Pengujian Hari Pertama		Pengujian Hari Kedua		Pengujian Hari Ketiga	
Waktu	PH	PH	PH	PH	PH
07.00	5,39	6,32	6,62		
08.00	5,42	6,36	5,05		
09.00	5,48	6,42	5,08		
10.00	5,62	6,73	5,13		
11.00	5,77	5,11	5,25		



12.00	5,83	5,20	5,41
13.00	6,12	5,51	5,53
14.00	6,46	7,45	5,87
15.00	6,78	5,09	6,21
16.00	5,21	5,18	6,44
17.00	5,25	5,23	6,76

Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran pH air dari sistem hidroponik menggunakan sensor pH hari pertama, kedua, dan ketiga. Hari pertama kondisi pH air pada sistem hidroponik menunjukkan nilai tertinggi 6,78 pH dan nilai terendah 5,25 pH. Hari kedua hasil dari pengukuran pH menunjukkan nilai tertinggi 7,95 pH karena terdapat penambahan air penampungan yang menyebabkan nilai dari pH air menjadi lebih tinggi. Hari Ketiga menampilkan hasil pengukuran pH air dimana terdapat nilai tertinggi sebesar 6,76 pH dan nilai terendah 5,05 pH. Pada sensor ini, penulis menggunakan sensor pH yang di optimalkan dari skala 5 – 7,5 pH.



Gambar 11. Grafik pengujian sensor pH

Gambar 11 menunjukkan grafik pengujian sensor pH selama 3 hari. Pada grafik yang dihasilkan nilai dari sensor pH selama 3 hari memiliki selisih yang lumayan banyak sebesar 1 pH. Dari grafik pada gambar 11, nilai yang didapatkan dari sensor pH akan naik secara perlahan selama beberapa jam selanjutnya.

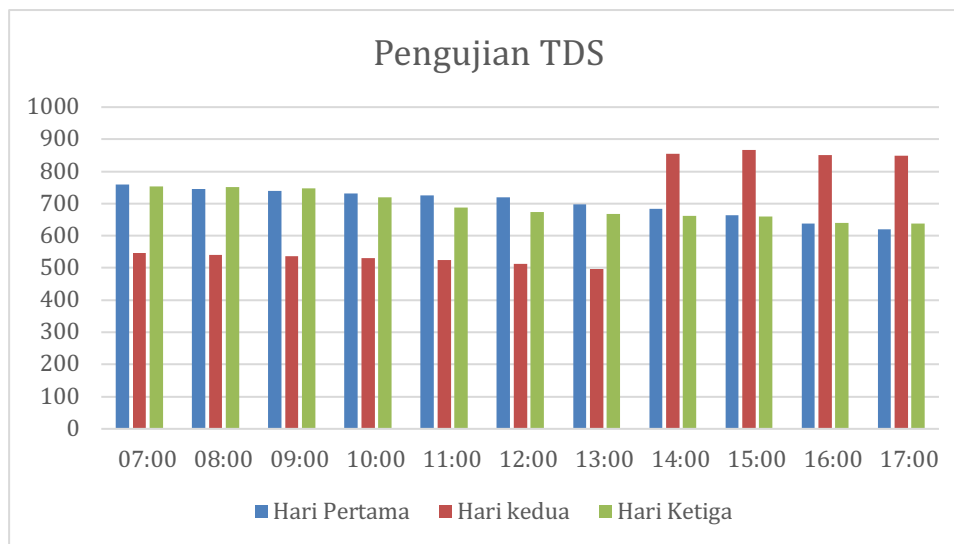
C. Pengujian Sensor TDS Pertama, Hari Kedua, dan Hari Ketiga
Pengujian ini menggunakan sensor TDS pada sistem hidroponik.



Tabel 6. Pengujian Sensor TDS hari pertama, kedua, dan ketiga

Pengujian Hari Pertama		Pengujian Hari Kedua		Pengujian Hari Ketiga	
Waktu	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM
07.00	760	546	754		
08.00	745	541	751		
09.00	739	536	747		
10.00	731	530	720		
11.00	725	524	687		
12.00	719	512	673		
13.00	698	496	668		
14.00	683	856	663		
15.00	664	867	660		
16.00	638	852	641		
17.00	621	850	639		

Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran dari sensor TDS dalam sistem hidroponik hari pertama, kedua, dan ketiga. Pada hari pertama menunjukkan nilai PPM tertinggi pada pukul 07.00 WIB sebesar 760 PPM dan nilai terendah 621 PPM pada pukul 17.00 WIB. Hari kedua terdapat nilai tertinggi 856 PPM pada pukul 14.00 WIB karena terdapat penambahan pupuk pada penampungan air. Hari ketiga menampilkan nilai tertinggi pengukuran PPM 754 PPM dan nilai terendah 639 PPM pada 17.00 WIB.



Gambar 12. Grafik pengujian sensor TDS



Gambar 12 menunjukkan grafik pengujian sensor TDS selama 3 hari. Pada grafik yang dihasilkan nilai dari PPM air akan selalu menurun selama beberapa waktu. Dari grafik -pada Gambar 12, nilai PPM air meningkat karena ada penambahan nutrisi yang dilakukan secara otomatis.

D. Pengujian Sensor *Water Level* Pertama, -Kedua, dan Ketiga

Pengujian ini menggunakan sensor sensor *Water Level* pada sistem hidroponik. Tabel 7 hasil pengujian dari sensor *water level* hari pertama, kedua, dan ketiga.

Tabel 7. Pengujian Sensor *Water Level* hari pertama, kedua, dan ketiga

Pengujian Hari Pertama		Pengujian Hari Kedua		Pengujian Hari Ketiga	
Waktu	<i>Water Level</i>	<i>Water Level</i>	<i>Water Level</i>	<i>Water Level</i>	<i>Water Level</i>
07.00	ON	ON	ON	ON	ON
08.00	ON	ON	ON	ON	ON
09.00	ON	ON	ON	ON	ON
10.00	ON	ON	ON	ON	ON
11.00	ON	ON	ON	ON	ON
12.00	ON	ON	ON	ON	ON
13.00	ON	ON	ON	ON	ON
14.00	ON	ON	ON	ON	ON
15.00	ON	ON	ON	OFF	OFF
16.00	ON	ON	ON	ON	ON
17.00	ON	ON	ON	ON	ON

Tabel 7 merupakan pengujian dari sensor *Water Level* pada penampungan air sistem hidroponik. Pengujian dilakukan 3 hari untuk mengukur volume air pada sistem hidroponik. Kalimat ON menunjukkan bahwa air masih tersedia untuk sistem pengairan hidroponik dan OFF menunjukkan volume air pada penampungan hidroponik tinggal sedikit dan harus melakukan pengisian dengan air. Pada pengujian hari pertama dan kedua, kondisi air pada penampungan masih stabil untuk sistem perairan hidroponik. Hari ketiga pada pukul 15.00 WIB menunjukkan kalimat OFF yang berarti air pada penampungan tinggal sedikit dan perlu diisi ulang dengan air.

E. Perbandingan pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur dan secara otomatis menggunakan sensor



Tabel 8. Pengujian akurasi antara alat ukur dan sensor DS1820

DATA KE	ALAT UKUR	SENSOR	SELISIH
	SUHU	SUHU	
1	28,5	28,1	0,4
2	27,8	27,6	0,2
3	27,6	27,1	0,5
4	28,1	27,8	0,3
5	24,8	24,3	0,5
Rata – rata <i>error</i> (%)			0,014
Akurasi (%)			98,67

Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian akurasi dari alat ukur dengan sensor DS1820 pada penampungan air dari sistem hidroponik dengan rata – rata *error* 0.142% dan tingkat akurasi dari sensor sebesar 98.67%.

Tabel 9. Pengujian akurasi antara alat ukur dan sensor PH

DATA KE	ALAT UKUR	SENSOR	SELISIH
	PH	PH	
1	4,01	3,85	0,16
2	6,86	6,79	0,34
3	7,00	7,02	0,17
4	9,18	9,22	0,25
5	10,01	10,11	0,11
Rata – rata <i>error</i> (%)			0,031
Akurasi (%)			96,85

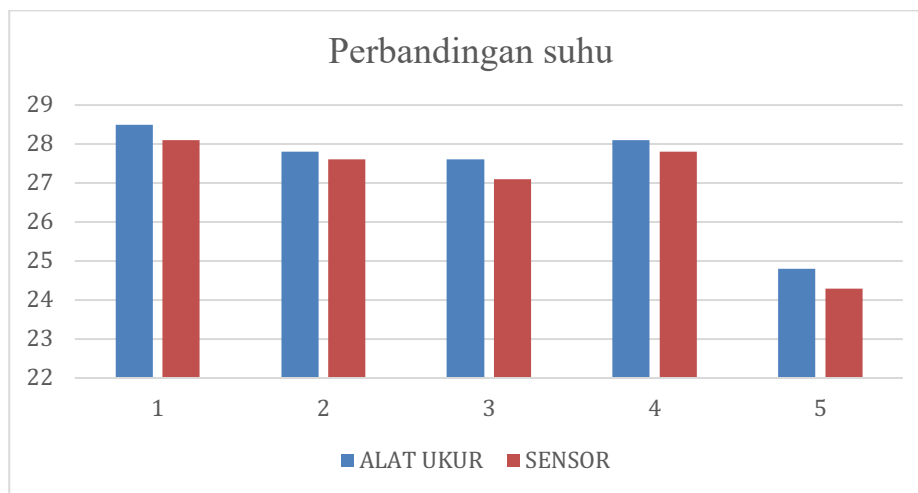
Tabel 9 menunjukkan hasil pengujian akurasi dari alat ukur dengan sensor PH pada penampungan air dari sistem hidroponik dengan rata – rata *error* 0,031% dan tingkat akurasi dari sensor sebesar 96,85%



Tabel 10. Pengujian akurasi antara alat ukur dan sensor TDS

DATA KE	ALAT UKUR PPM	SENSOR PPM	SELISIH
1	256	251	14
2	503	499	4
3	757	755	2
4	1023	1021	2
5	1261	1270	-9
	Rata – rata error (%)		0,012
	Akurasi (%)		98,74

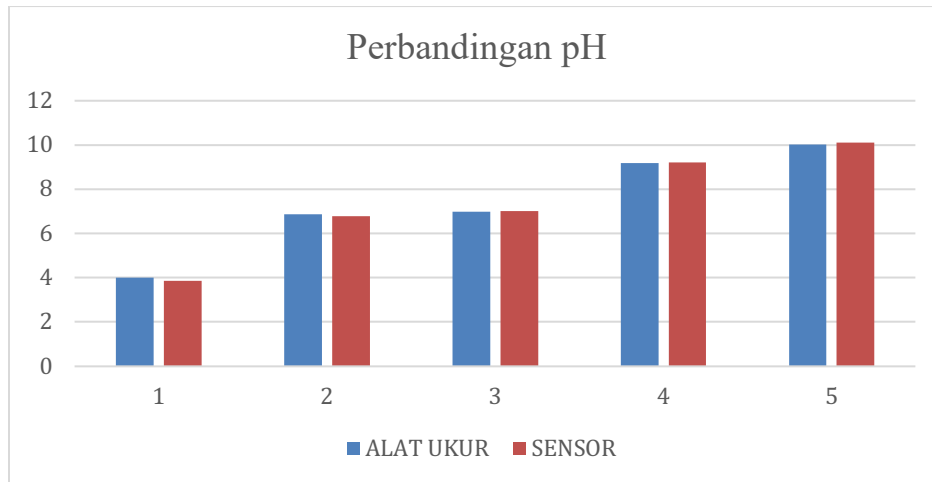
Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian akurasi dari alat ukur dengan sensor PH pada penampungan air dari sistem hidroponik dengan rata – rata *error* 0,012% dan tingkat akurasi dari sensor sebesar 1,26%.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Suhu

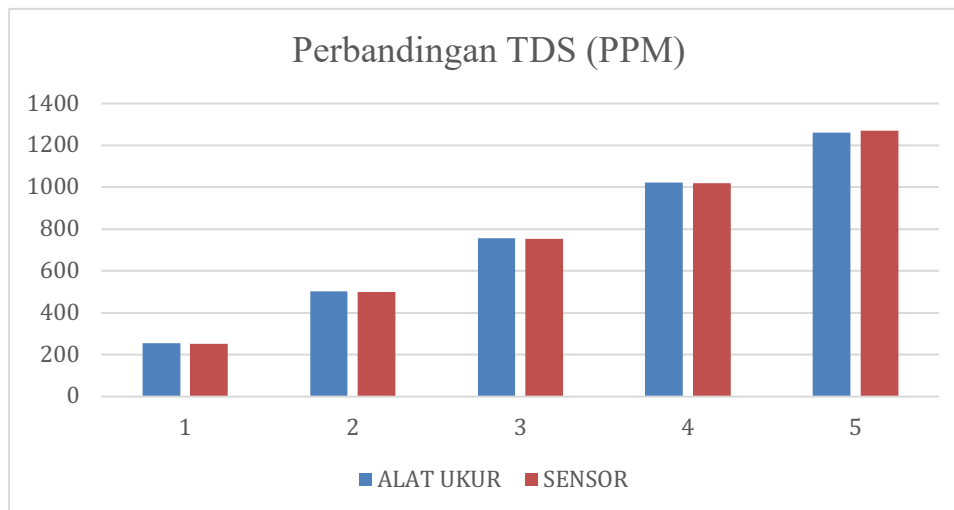
Gambar 13 menyajikan grafik perbandingan suhu menggunakan alat ukur dan sensor DS1820. Pada grafik yang dihasilkan terdapat 5 uji coba yang dilakukan terhadap sensor DS1820 dengan alat ukur suhu temperatur air. Dari grafik pada Gambar 13, nilai yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan hasil alat ukur yang digunakan untuk selisih rata – rata *error* dapat dilihat pada Tabel 8





Gambar 14. Grafik Perbandingan pH

Gambar 14 menunjukkan grafik perbandingan pH menggunakan alat ukur dan sensor pH. Pada grafik yang dihasilkan terdapat 5 uji coba yang dilakukan terhadap sensor pH dengan alat ukur pH air. Dari grafik pada gambar 14, nilai yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan hasil alat ukur yang digunakan untuk selisih rata – rata *error* dapat dilihat pada Tabel 9.



Gambar 15. Grafik Perbandingan TDS

Gambar 15 menunjukkan grafik perbandingan PPM menggunakan alat ukur dan sensor TDS. Pada grafik yang dihasilkan terdapat 5 uji coba yang dilakukan terhadap sensor TDS dengan alat ukur TDS air. Dari grafik -pada Gambar 15, nilai yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan hasil alat ukur yang digunakan untuk selisih rata – rata *error* dapat dilihat pada Tabel 10.



F. Pengujian Pemberian Pupuk Otomatis

Tabel 11. Pengujian Pupuk Otomatis

DATA KE	NILAI NUTRISI PADA AIR (PPM)	KONDISI POMPA A	KONDISI POMPA B
1	257	ON	ON
2	350	ON	ON
3	383	ON	ON
4	446	ON	ON
5	557	OFF	OFF

Tabel 11 menunjukkan hasil uji dari penggunaan pemberian pupuk otomatis pada sistem hidroponik. Pompa A berfungsi untuk menyalurkan pupuk A dan pompa B berfungsi untuk menyalurkan pupuk B ke dalam penampungan air. Pada pemberian pupuk ketika kondisi PPM air dibawah 500, maka pompa A dan pompa B akan menyala selama 2 detik. Selama 2 detik pompa menyala akan menyalurkan pupuk masing – masing sekitar 10ml ke dalam penampungan air.

G. Pengujian PLTS Hari Pertama, Kedua, dan Ketiga

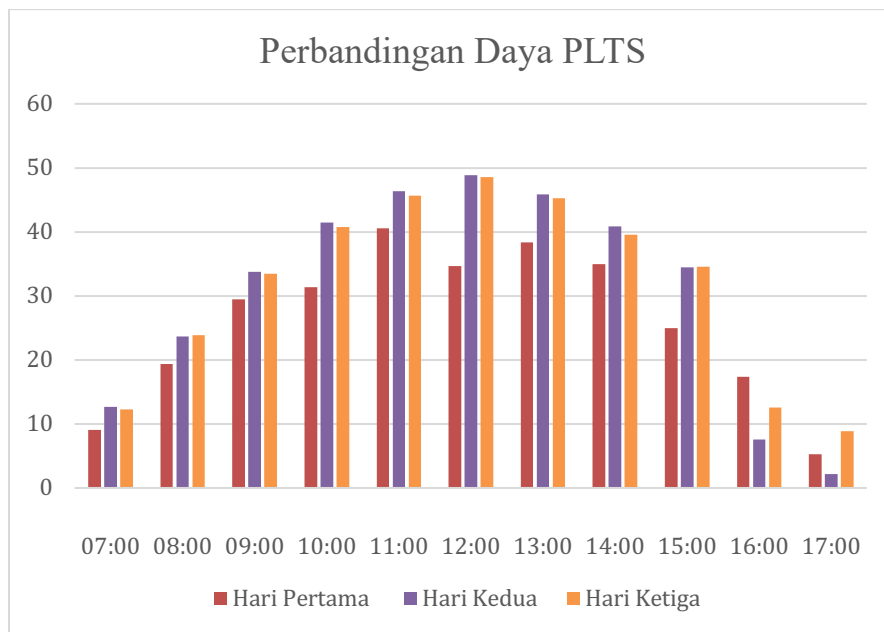
Tabel 12. Pengujian PLTS

Waktu	Pengujian Hari Pertama			Pengujian Hari Kedua			Pengujian Hari Ketiga		
	V (volt)	A (ampere)	W (watt)	V (volt)	A (ampere)	W (watt)	V (volt)	A (ampere)	W (watt)
07.00	13,00	0,651	9,11	13,72	0,922	12,65	13,34	0,92	12,29
08.00	13,86	1,39	19,35	14,07	1,68	23,66	13,86	1,71	23,83
09.00	12,95	2,27	29,41	13,88	2,43	33,79	12,89	2,59	33,41
10.00	13,75	2,28	31,39	12,90	3,21	41,42	13,84	2,94	40,73
11.00	13,74	2,95	40,60	13,41	3,45	46,34	12,91	3,53	45,69
12.00	14,00	2,47	34,62	13,70	3,56	48,85	13,92	3,48	48,52
13.00	12,87	2,98	38,31	13,82	3,32	45,90	13,81	3,27	45,27
14.00	13,43	2,6	34,97	14,20	2,87	40,82	12,96	3,05	39,57
15.00	13,50	1,84	24,96	13,82	2,49	34,43	13,58	2,543	34,52
16.00	13,19	1,31	17,36	8,21	0,92	7,55	9,77	1,29	12,6
17.00	7,12	0,74	5,26	4,11	0,54	2,21	8,13	1,09	8,86

Tada Tabel 12 menunjukkan hasil pengujian PLTS hari pertama, kedua, dan ketiga. Pengukuran menggunakan *Clamp meter* untuk mengukur tegangan dan arus yang



dihasilkan oleh PV. Hari pertama, nilai tegangan maksimal yang dihasilkan PV sebesar 14 V dan nilai arus terbesar yang dihasilkan sebesar 2,98 A pada pukul 12.00 WIB. Hari kedua menghasilkan tegangan maksimal sebesar 14,2 V pada pukul 14.00 WIB dan arus maksimal yang dihasilkan sebesar 3,56 A pada pukul 12.00 WIB. Hari ketiga, pengukuran PLTS menghasilkan tegangan maksimal sebesar 13,92 V pada pukul 12.00 WIB dan arus maksimal yang dihasilkan sebesar 3,53 A pada pukul 11.00 WIB. Kondisi cuaca saat dilakukan pengujian selama 3 hari cerah berawan dan tidak terjadi hujan.

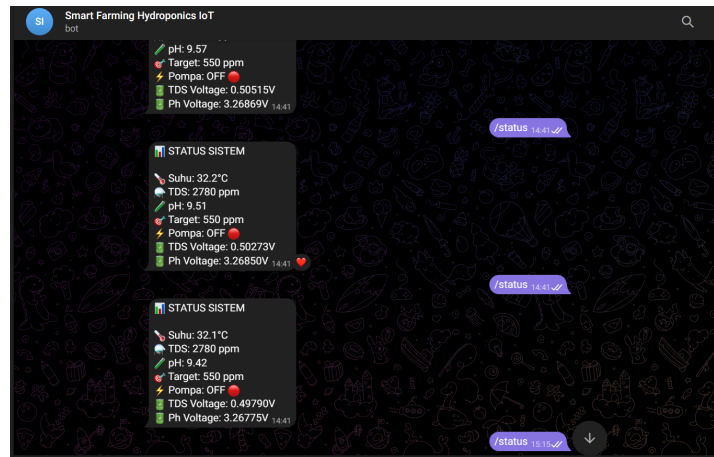


Gambar 13. Perbandingan Daya PLTS

Gambar 13 merupakan perbandingan nilai daya PLTS yang dihasilkan selama tiga hari berturut-turut. Grafik tersebut menunjukkan daya tertinggi berada pada hari kedua dengan waktu 12.00 WIB dan dapat dilihat nilai daya tercantum pada Tabel 11 yaitu 48,85 Watt. Tinggi dan rendahnya daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh cahaya matahari yang dihasilkan setiap harinya. Pada tabel 13 menunjukkan hasil pertumbuhan tanaman selada selama 3 hari berturut – turut. Hasil pertumbuhan tanaman selada mengalami pertumbuhan tetapi sangat sedikit. Hal ini dikarenakan pertumbuhan tanaman selada dari pasca semai sampai siap panen membutuhkan waktu 32 – 35 hari.



H. Pengujian Bot Telegram



Gambar 14. Bot Telegram

Gambar 14 menunjukkan penggunaan bot telegram sebagai alat monitoring jarak jauh yang bisa disambungkan dengan ponsel. Pada bot telegram ini dapat mengetahui status dari sistem hidroponik yang digunakan secara *realtime* berupa suhu, PPM, pH volume air dan status pompa nutrisi. Bot telegram dapat melakukan kalibrasi sensor TDS dan sensor pH secara manual dengan cara mengetikkan `/calltds` dan `/callph`.

PEMBAHASAN

A. Kinerja dan Akurasi Sensor

Hasil pengujian menunjukkan kinerja dari sensor sensor yang digunakan dalam penelitian ini dapat bekerja secara optimal. Sensor DS1820 yang digunakan untuk mendeteksi suhu pada air yang menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98,67%. Sensor pH berfungsi untuk mendeteksi tingkat keasaman pada air penampungan air hidroponik dengan nilai akurasi sebesar 96,85%. Sensor TDS digunakan dalam penelitian ini untuk mendeteksi tingkat kerapatan air sebagai tolak ukur pada PPM nutrisi dengan nilai akurasi sebesar 98,74%. Terakhir sensor water level yang digunakan untuk mendeteksi volume penampungan air hidroponik.

B. Sistem *Monitoring* Berbasis *IoT*

Hasil penelitian ini dapat di *monitoring* dari jarak jauh melalui *Bot* Telegram yang terdapat pada *smartphone*. Pada *Bot* telegram terdapat beberapa opsi menu pilihan diantaranya status dan `/callph`. Status berfungsi untuk menampilkan status sistem hidroponik berupa nilai dari suhu, TDS, pH, status pompa nutrisi dll. `/callph` digunakan untuk mengkalibrasi dari sensor pH yang ada pada hidroponik.



C. Sistem Penambahan Pupuk Otomatis

Salah satu fitur unggulan dari sistem ini adalah penambahan pupuk otomatis berdasarkan pembacaan sensor pH dan TDS. Ketika nilai pH turun di bawah batas yang ditentukan (misalnya <5), pompa 5V akan menyala selama 2 detik untuk menyalurkan pupuk ke dalam penampungan air. Sistem ini mampu meminimalkan intervensi manual petani dan menjaga kestabilan nutrisi pada larutan hidroponik.

D. Produktifitas Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem menggunakan panel surya berdaya 50 WP yang mampu menghasilkan daya hingga 48,85 Watt pada kondisi optimal. Energi disimpan dalam aki 12V 10Ah dan diatur oleh Solar Charge Controller. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan cukup untuk menjalankan seluruh komponen sistem hidroponik secara mandiri bahkan saat terjadi pemadaman listrik.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem hidroponik otomatis berbasis IoT yang terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 50 WP. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan 4 sensor utama (DS1820 untuk suhu, sensor pH, TDS, dan Water Level) untuk memantau kondisi nutrisi secara real-time melalui aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor yang tinggi dengan DS1820 mencapai 98,67%, sensor pH 96,85%, dan sensor TDS 98,74%. Meskipun sensor pH dan TDS memerlukan tegangan input yang stabil dan sistem kalibrasi yang tepat, penggunaan ADS membantu mengoptimalkan kinerja sensor tersebut. PLTS mampu menghasilkan daya maksimal 48,85 Watt dengan dukungan aki 12V 10Ah dan Solar Charge Controller, memastikan sistem beroperasi kontinyu tanpa ketergantungan pada listrik PLN. Sistem ini berhasil menciptakan solusi pertanian hidroponik modern yang menghemat lahan, mengurangi intervensi manual, dan mendukung modernisasi pertanian Indonesia melalui teknologi IoT.



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, atas karunia dan bimbingan Allah SWT, penulis mendapat Rahmat Kesehatan dan kesempatan untuk menyelesaikan penelitian ini. Semoga yang dilakukan saat ini dapat berguna dan bermanfaat. Tak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah mendukung kelancaran penelitian ini, antara lain :

1. Allah SWT yang telah memberi Rahmat dan hidayah-Nya untuk menyelesaikan penelitian dan naskah publikasi .
2. Keluarga, saudara dan kerabat yang telah memberikan motivasi, doa, bantuan serta dukungan untuk dilancarkan dalam penelitian tugas akhir saya.
3. Ibu Umi Fadlilah, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.
4. Rijal, Ilham, Ridho, Eko, Roy, Abdul, Tegar, Okky dan Suci yang memberikan ilmu dalam penelitian tugas akhir ini dan memberikan hiburan untuk saya.
5. Manchester United yang telah menemani saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abu Sneineh, A. and Shabaneh, A.A.A. (2023) 'Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things', *MethodsX*, 11(June), p. 102401. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102401>.
- [2] Afifa, N.I., Hasnunidah, N. and Maulina, D. (2021) 'Jurnal Pendidikan Biologi', *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(3), pp. 146–157.
- [3] Biswas, S. and Kim, H. (2020) 'Solar cells for indoor applications: Progress and development', *Polymers*, 12(6), p. 1338. Available at: <https://doi.org/10.3390/POLYM12061338>.
- [4] Farel, F.A. (2021) 'Perancangan Peringatan Banjir Dengan Sensor Water Level Sensor', *Jurnal Portal Data*, 14(2), pp. 1–9. Available at: <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/36%0Ahttp://portaldata.org/index.php/portaldata/article/download/36/35>.
- [5] Juliansyah, R. *et al.* (2024) 'Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor Feeder dan Monitoring Pakan Ikan Nila Berbasis Smart Relay Zelio', *Jurnal Pendidikan ...*, 8, pp. 11157–11167. Available at: <https://www.jptam.org/index.php/jptam/article/view/14054%0Ahttps://www.jptam.org/index.php/jptam/article/download/14054/10820>.
- [6] Miftah Syahfiqui, M. *et al.* (2023) 'Rangkaian Pengkondisi Sinyal dan Regresi Linier sebagai Metode Peningkatan Akurasi Pembacaan Sensor TDS pada Sistem Hidroponik', *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 1(1), pp. 130–138. Available at: <https://doi.org/10.33504/jitt.v1i1.83>.
- [7] Nandika, R. and Amrina, E. (2021) 'Sistem Hidroponik Berbasis Internet Of Things (IoT)', *Sigma Teknika*, 4(1), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v4i1.3253>.
- [8] Pamungkas, L., Rahardjo, P. and Raka Agung, I.G.A.P. (2021) 'Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Hidroponik Nft (Nurtient Film Tehcnique) Berbasis Iot', *Jurnal SPEKTRUM*, 8(2), p. 9. Available at: <https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p2>.
- [9] A. Holik, M. H. Khirzin, and T. A. Laksanawati, "Implementasi Teknologi Hidroponik Metode Nutrient Film Technique dengan Sistem Monitoring Internet of Things untuk Pemberdayaan Masyarakat Desa Kaligung Banyuwangi," *Jurnal ABDINUS : Jurnal Pengabdian Nusantara*, vol. 8, no. 3, pp. 711-721, 2024. <https://doi.org/10.29407/ja.v8i3.23604>
- [10] C. N. Harsela, "Sistem Hidroponik Menggunakan Nutrient Film Technique Untuk Produksi dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*)," *Syntax Literate : Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 7, no. 11, pp. 17137-17144, Nov. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i11.11983>

