

Sistem Kontrol dan Monitoring Ph Air serta Kepekatan Nutrisi pada Budidaya Hidroponik Jenis Sayur dengan Teknik Deep Flow Technique

Moses Gregorayan

Program Studi Informatika

Fakultas Teknik Industri, UK Petra
Jln. Siwalankerto 121-131 Surabaya
60236

Telp. (031) 2983455, Fax (031)
8417658

loopys27@gmail.com

Justinus Andjarwirawan

Program Studi Informatika

Fakultas Teknik Industri, UK Petra
Jln. Siwalankerto 121-131 Surabaya
60236

Telp. (031) 2983455, Fax (031)
8417658

justin@petra.ac.id

Resmana Lim

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Industri, UK Petra
Jln. Siwalankerto 121-131 Surabaya
60236

Telp. (031) 2983455, Fax (031)
8417658

resmana@petra.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi semakin maju dan cepat. Banyak teknologi masuk kedalam bidang yang lain contohnya bidang pertanian. Teknologi yang sering digunakan yaitu *IoT*. Segala bentuk teknologi *IoT* akan berhubungan dengan internet. Teknologi ini dapat memudahkan orang dalam bidang pertanian seperti membuat nutrisi hidroponik secara otomatis dengan aplikasi *website*. Tentunya teknologi ini membutuhkan alat mikrokontroler, sensor dan alat robotik lainnya.

Untuk berhubungan dengan alat sensor dan aplikasi *website*, diperlukan mikrokontroler sebagai pusat pengendalian. Pembuatan aplikasi *website* menggunakan bahasa pemrograman PHP. Sedangkan untuk mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman C++. Pada *website* akan ditampilkan data dalam bentuk grafik. Proses pengiriman data sensor ke *website* melalui server lokal. Mikrokontroler yang digunakan adalah Wemos D1R1 yang memiliki modul *wifi*.

Hasil dari penelitian ini adalah mikrokontroler berhasil berjalan dengan baik dengan aplikasi *website*. Sistem kontrol dan monitoring pH, kepekatan dan volume air berjalan sesuai dengan setpoint yang ditentukan oleh *user*. *User interface* yang digunakan sederhana dan mudah dimengerti.

Kata kunci: *Internet of Things*, Mikrokontroler, Hidroponik, Nutrisi, dan *Website*.

ABSTRACT

The development of information technology is increasingly advanced and fast. Many technologies go into other fields such as agriculture. The most frequently used technology is IoT. All forms of IoT Technology will relate to the internet. This technology can facilitate people in the field of agriculture such as making hydroponic nutrients automatically with the website application. Obviously this technology requires microcontroller tools, sensors and other robotic tools.

To connect with censorship tools and website applications, microcontrollers are required as a control center. Creating a website application using the PHP programming language. As for microcontrollers use the C++ programming language. On the website will be displayed data in graphic form. The process of sending sensor data to a website via a local server. The microcontroller used is Wemos D1R1 which has a wifi module.

The result of this research is the microcontroller managed to run well with the website application. PH control and monitoring system, the concentration and volume of water running according to the setpoint specified by user. User Interface which is simple and easy to understand.

Keywords: *Internet of Things, Microcontrollers, Hydroponics, Nutrients, and Website.*

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Teknologi semakin lama semakin berkembang dengan cepat dan modern. Semua alat yang digunakan oleh semua orang hamper seluruhnya teknologi. Sehingga teknologi menjadi alat bantu manusia dalam pekerjaan. Salah satu perkembangan teknologi pada bidang pertanian adalah hidroponik. Karena tidak membutuhkan lahan yang besar dan hasil yang didapatkan meningkat, petani kini beralih ke sistem hidroponik.

Budidaya hidroponik saat ini sangat terkenal, sehingga banyak cara ataupun teknik yang digunakan dalam budidaya hidroponik, mulai dari teknik wick, DFT (Deep Flow Technique), NFT (Nutrient Film Technique), aeroponics, drip system, fertigasi, bubbleponics dan bioponik [1] merupakan teknik yang paling sering dipakai oleh petani.

Teknik DFT memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari teknik DFT lebih menghemat daya listrik karena air nutrisi dapat disimpan sementara. Kelemahan dari teknik DFT adalah lebih banyak membutuhkan nutrisi dibanding teknik NFT karena nutrisi tersimpan dalam pipa pengairan. Untuk teknik NFT sendiri memiliki kelebihan pada sistem pengairan yang teratur dan terstruktur. Karena pengairan yang terstruktur tersebut menggunakan pompa air dan memakan biaya listrik yang sangat besar. Jika pompa air tidak dinyalakan dalam jangka waktu yang cukup lama, maka tanaman akan terserang penyakit [2]. Pada teknik wick biaya yang dikeluarkan cukup murah karena hanya menggunakan botol bekas ataupun *sterofom*. Teknik wick sedikit lebih boros dalam penggunaan air dan nutrisinya karena hanya dipakai sekali lalu buang.

Sistem otomatisasi nutrisi sudah pernah dilakukan sebelumnya. Salah satunya adalah penelitian Tommy, dkk. [3] yang melakukan rancang bangun sistem otomatis pemberian nutrisi dan pencahayaan untuk tahap penyemaian benih selada dengan tingkat

kesalahan pada alat ukur EC sebesar 0.1678% dan pemberian nutrisi pada hari ke 8 sampai 14. Proses pengiriman data EC melalui modul sim 900 dengan waktu 60 detik.

Pengembangan sistem kontrol dan monitoring hidroponik dengan basis android juga sudah pernah dilakukan Ibadarrohman [4]. Pengiriman data informasi mengenai ph air, volume air, EC meter, suhu dan kelembaban akan melalui aplikasi android menggunakan protocol MQTT. Penelitian yang sudah dilakukan hanya sebatas pemantauan saja. Pada penelitian ini teknik DFT akan digunakan dalam penerapan kontrol dan monitoring ph air serta nutrisi pada budidaya hidroponik jenis sayuran. Meskipun membutuhkan banyak nutrisi, bibit yang dihasilkan berkualitas, tidak membutuhkan biaya yang cukup besar dan mengurangi sistem yang dilakukan secara manual.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Hidroponik

Hidroponik merupakan budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah. Kebutuhan air yang diperlukan hidroponik tidak banyak dan lebih membutuhkan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman. Karena tidak terlalu bergantung pada media tanah, budidaya hidroponik tidak terlalu membutuhkan lahan yang sangat besar.

Dalam keberhasilan penerapan sistem hidroponik harus memperhatikan beberapa faktor penting [5]. Faktor – faktor yang perlu diperhatikan adalah:

- Unsur hara
- Media tanam
- Oksigen
- Air

Dalam penelitian Tallei, dkk [6] budidaya hidroponik terdapat beberapa macam metode atau teknik yang ada, antara lain:

- *Wick system* (sistem sumbu)
- *NFT (Nutrient Film Technique)*
- *Ebb dan Flow* (pasang surut)
- *Floating system* (rakit apung)
- *Aeroponic*
- *Drip irrigation* (sistem irigasi)
- *Aquaponic*

2.2 Larutan Nutrisi

Dalam nutrisi hidroponik terdapat senyawa yang dibutuhkan oleh tanaman, antara lain:

- Nitrogen (N)

Unsur ini adalah komponen utama pembentukan klorofil, mendorong pertumbuhan tanaman cepat, merangsang pertumbuhan vegetatif, dan meningkatkan kualitas sayuran dan buah meningkatkan kandungan protein.

- Fosfor (P)

Berguna untuk merangsang pembentukan dan perkembangan akar dan bunga, berkontribusi pada pematangan biji, mendorong pewarnaan buah, membantu pembentukan biji dan vigor tanaman.

- Kalium (K)

Unsur K memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap penyakit, meningkatkan ukuran biji, meningkatkan kualitas buah.

- Kalsium (Ca)

Berguna untuk merangsang pembentukan dan perkembangan akar lateral, meningkatkan vigor tanaman dan merangsang pembentukan biji.

- Magnesium (Mg)

Merupakan komponen utama dari klorofil yang diperlukan untuk biosintesis gula.

- Sulfur (S)

Berguna mempertahankan warna hijau, merangsang produksi benih dan membantu perkembangan tanaman.

Adapun pupuk yang sering digunakan dalam pencampuran nutrisi hidroponik, antara lain:

- AB-Mix
- Veggie-Mix
- Royal Hidroponik

2.3 DFT (*Deep Flow Technique*)

Deep Flow Technique merupakan salah satu teknik dalam budidaya hidroponik. Teknik ini mengandalkan media air untuk menyediakan nutrisi bagi tanaman dalam bentuk genangan. Tanaman dibudidayakan diatas saluran air yang dialiri larutan nutrisi setinggi 4-6 sentimeter secara kontinyu, dimana akar tanaman akan selalu terendam dalam larutan nutrisi [7]. Kemudian larutan akan kembali menuju wadah nutrisi dan akan dipompa kembali ke tanaman.

2.4 Sayur

2.4.1 Sayur Kangkung

Tanaman kangkung darat (*Ipomoea repstan Poir*) termasuk suku convovulaceae dan berumur lebih dari setahun. Menurut Sunarjono [8], tanaman kangkung termasuk kedalam klasifikasi sebagai berikut:

Divisio: Spermatophyte

Sub-divisio: Angiospermae

Kelas: Dicotyledoneae

Famili: Convolvulaceae

Genus: *Ipomoea*

Spesies: *Ipomoea repstan Poir.*

2.4.2 Sayur Bayam

Bayam merupakan jenis sayuran dari keluarga amaranthaceae yang memiliki sekitar 60 genera dan terbagi kedalam 800 spesies bayam [8]. Klasifikasi tanaman bayam sebagai berikut.

Kingdom: Plantae

Divisio: Spermatophyta

Kelas: Angiospermae

Subclass: Dicotyledone

Ordo: Caryophyllales

Famili: Amaranthaceae

Genus: *Amaranthus*

Spesies: *Amaranthus spp.*

2.5 Sensor PH (SEN0161)

Sensor pH air (SEN0161) merupakan sensor pendeteksi kadar keasaman suatu cairan [9]. Sistem kerja dari sensor pH (SEN0161) terletak pada probe pH yang terbuat dari kaca. Reaksi kimia pada ujung probe pH menyebabkan tegangan dan dari tegangan tersebut diukur menjadi satuan pH. Prinsip kerja dari pH yaitu semakin banyak elektron pada sampel makan akan semakin bernilai asam begitu pula sebaliknya, karena batang pada pH meter berisi elektrolit lemah.

2.6 Sensor Ultrasonik (SR04)

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek yang berada didepannya. Ultrasonik

berjalan pada frekuensi gelombang suara dari 40 KHz sampai 400KHz [10].

2.7 Sensor Flowmeter

Water flow meter digunakan untuk mengetahui aliran air yang sedang berjalan. Cara kerja sensor flow meter, ketika air melewati sensor flow meter, kipas pada sensor akan berputar sesuai dengan kekuatan air yang sedang mengalir [11]. Dan pada saat itu juga sensor akan mengirim sinyal ke arduino.

2.8 Sensor Total Dissolved Solids (SEN0244)

Sensor TDS merupakan sensor pengukur tingkat kepadatan dalam larutan air [12]. Semakin tinggi nilai TDS maka semakin tinggi tingkat kepadatan dalam larutan tersebut. Sebaliknya, semakin rendah nilai TDS maka tingkat kepadatan dalam larutan tersebut rendah atau tidak ada sama sekali.

2.9 Pompa Submersible Mini

Pompa submersible merupakan pompa air yang sering digunakan untuk aquarium, hidroponik, kolam ikan dan proyek lainnya. Pompa submersible menghemat listrik karena hanya membutuhkan daya listrik 12 volt. Tenaga yang dihasilkan pompa berkisar 240 liter/jam dengan daya 4.2 watts.

2.10 Arduino Wemos D1R1

Wemos merupakan salah satu arduino compatible development board yang dirancang khusus untuk keperluan IoT (Internet of Thing). Wemos menggunakan chip wifi yang cukup terkenal yaitu ESP8266. Cukup banyak modul wifi yang menggunakan SoC ESP8266. Namun Wemos memiliki beberapa kelebihan tersendiri yang menurut saya sangat cocok digunakan untuk Aplikasi IoT.

2.11 Modul Relay

Relay modul merupakan sebuah saklar yang dijalankan menggunakan listrik dan mempunyai komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian, yaitu elektromagnet (coil) dan mekanikal (saklar/switch). Elektromagnetik dalam relay berfungsi sebagai penggerak kontak saklar sehingga arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Modul relay digunakan dalam peralatan elektronik (lampu, pompa dan peralatan elektronik lainnya).

2.12 ADS1115

ADS1115 merupakan modul yang digunakan untuk membaca Analog to Digital Converter (ADC) dengan komunikasi I2C yang mempunyai resolusi 16bit yang ada pada 4 channel.

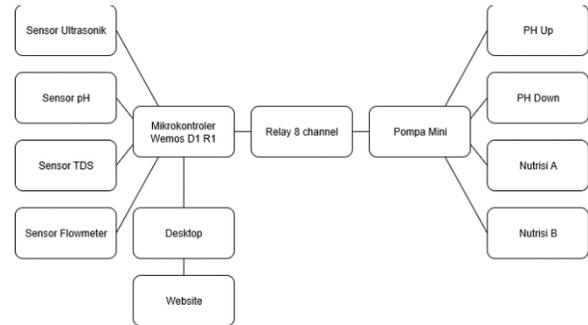
Pembacaan resolusi menggunakan Programmable Gain Amplifier (PGA). PGA dapat memperkuat sinyal data yang akan dikontrol secara digital dan diakses oleh I2C. ADS1115 memiliki empat saluran tunggal dan dua saluran diferensial. Selain itu ADS1115 memiliki socket address yang digunakan untuk mengetahui alamat perangkat pada bus I2C.

3. ANALISA DAN DESAIN

3.1 Arsitektur Sistem

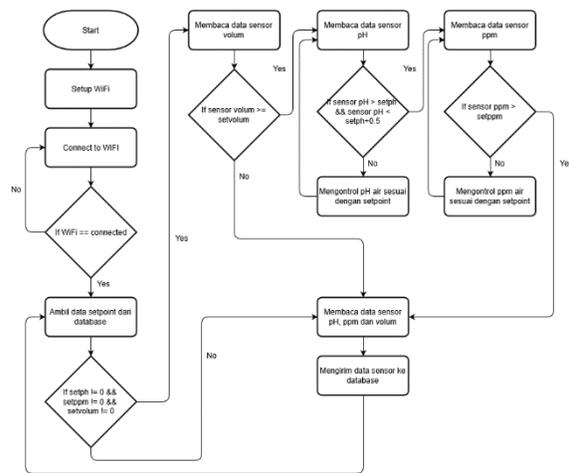
Pada desain arsitektur terdapat mikrokontroler yang terhubung dengan sensor pH, sensor flowmeter, sensor ultrasonik, sensor TDS dan relay yang menghubungkan antara pompa air dengan mikrokontroler. Keseluruhan aktivitas mikrokontroler akan diatur dari website melalui desktop. Pada mikrokontroler sudah terdapat

wifi modul yang akan menjadi penyambung website dengan mikrokontroler. Wifi modul akan terhubung secara local sesuai dengan setpoint yang sudah diatur. Desain arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur sistem

3.2 Flowchart

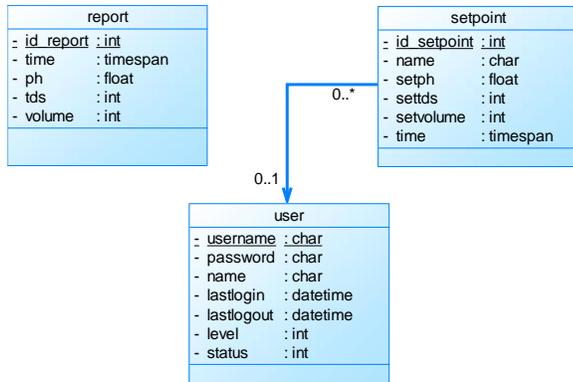


Gambar 2. Flowchart

Pada Gambar 2. desain flowchart dimulai dari proses setup wifi. Wifi akan dikonfigurasi sesuai dengan ssid, password dan ip jaringan yang ada. Setelah proses konfigurasi wifi, arduino melakukan proses menyambungkan jaringan wifi. Jika wifi terhubung maka akan lanjut pada proses selanjutnya. Jika jaringan wifi tidak terhubung maka akan kembali pada proses menyambungkan jaringan wifi. Proses selanjutnya yaitu pengambilan data setpoint ph, ppm dan volum dari database. Dari data setpoint yang telah diambil akan dilakukan pengecekan apakah data setpoint ph, ppm dan volum kosong atau terisi. Jika data setpoint sama dengan null maka akan melakukan proses pembacaan data sensor ph, ppm dan volum. Jika data setpoint terisi atau tidak sama dengan null maka akan lanjut ke proses pembacaan sensor volum. Data sensor volum akan dicek dengan data setpoint volum. Jika data sensor volum lebih dari data setpoint volum maka akan lanjut ke proses pembacaan ph. Jika tidak maka akan lanjut ke proses pembacaan sensor ph, ppm dan volum. Pada proses pembacaan sensor ph, data sensor ph akan dibandingkan dengan data setpoint ph. Jika sensor ph lebih dari setpoint ph dan sensor ph kurang dari setpoint ph ditambah 0.5 maka lanjut ke proses pembacaan sensor ppm. Jika tidak maka sistem akan bekerja untuk menyesuaikan sensor ph dengan setpoint ph menggunakan larutan

ph up dan ph down. Proses selanjutnya akan dilakukan pembacaan sensor ppm. Jika data sensor ppm lebih dari setpoint ppm maka akan lanjut ke proses pembacaan sensor ph, ppm dan volum. Jika tidak maka akan lanjut ke proses penyesuaian data sensor ppm dengan setpoint ppm menggunakan larutan nutrisi A dan nutrisi B. Dari proses pembacaan sensor ph, ppm dan volum akan dilanjutkan ke proses pengiriman data sensor ph, ppm dan volum ke database dan kembali pada proses pengambilan data setpoint ph, ppm dan volum dari database.

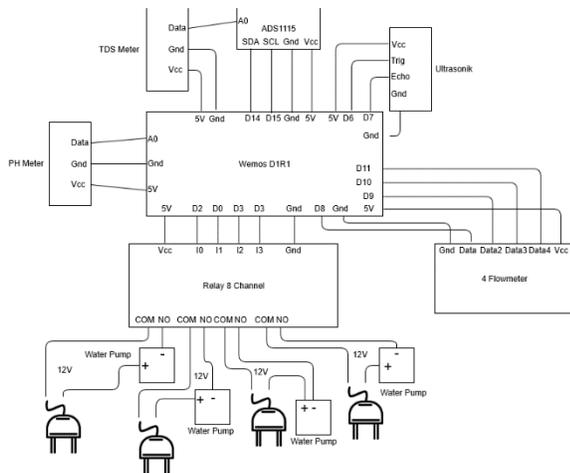
3.3 Entity Relationship Diagram



Gambar 3. Entity Relationship Diagram

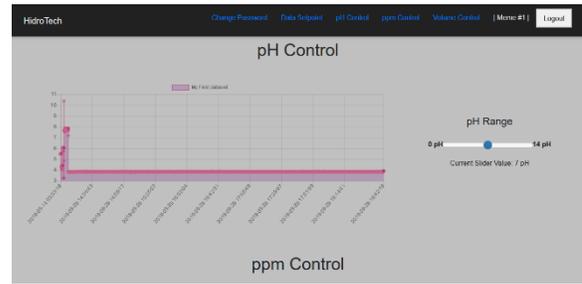
Pada desain Entity Relationship Diagram yang telah dibuat seperti Gambar 3. terdapat tabel user, setpoint dan report. Tabel user dan tabel setpoint mempunyai relasi yaitu one to many. Sedangkan pada tabel report tidak memiliki hubungan atau relasi dengan tabel manapun.

3.4 Desain Sistem



Gambar 4. Skema sistem

Desain sistem yang ada menggunakan Arduino dan Website. Pada Arduino desain rangkaian terbagi menjadi lima bagian yaitu desain perangkat sensor pH air, desain perangkat sensor tds, desain perangkat sensor waterflow, desain perangkat sensor ultrasonik dan desain perangkat relay dapat dilihat pada Gambar 4.

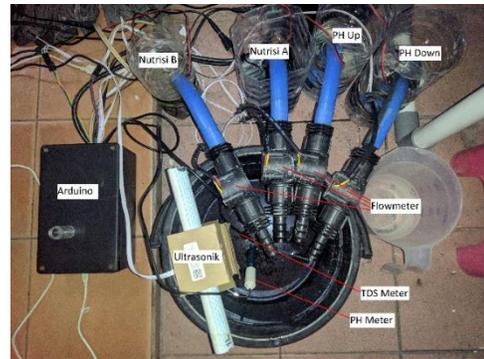


Gambar 5. Halaman utama website

Pada Gambar 5. website akan digunakan oleh pengguna untuk melakukan pengecekan pH air, tds air, volume air dan mengatur setpoint pada sensor pH, tds, waterflow dan ultrasonik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Alat Arduino



Gambar 6. Implementasi alat

Pada Gambar 6. implementasi alat yang telah dibuat sesuai dengan desain yang ada pada bab 3 desain sistem arduino. Terdapat 4 buah wadah botol yang akan digunakan untuk proses pencampuran nutrisi. Dimulai dari wadah botol paling kiri merupakan larutan nutrisi B, di sebelah kanan nutrisi B terdapat larutan nutrisi A, di sebelah kanan nutrisi A terdapat larutan pH Up dan wadah botol paling kanan merupakan larutan pH Down. Larutan akan menyemprot sesuai dengan kebutuhan pengguna. Posisi sensor ultrasonik berada di atas ember, posisi sensor pH dan sensor TDS berada di dalam ember. Semua alat sensor dan relay akan dikontrol melalui mikrokontroler yang ada di dalam kotak hitam.

4.2 Pengujian Nutrisi Kontrol

Pengujian dilakukan dengan setpoint yang telah diberikan oleh pengguna. Data setpoint yang akan diuji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data setpoint yang diuji

| Data Setpoint ke- | PH | Ppm | Volume Air |
|-------------------|-----|------|------------|
| 1 | 6 | 1200 | 5 |
| 2 | 6.5 | 1400 | 5 |

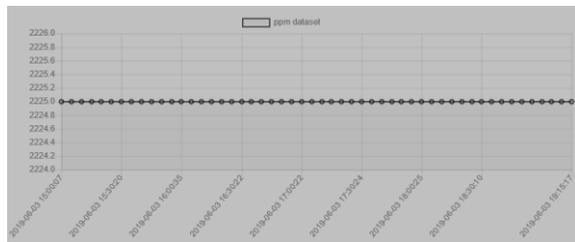
Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi pH tanaman kangkung hari pertama dengan jangka waktu yang berlangsung selama 4 jam. Pada titik awal pH air menunjukkan nilai 5.80pH dan sistem bekerja untuk mengontrol pH air. Selama 4 jam berlangsung grafik pH air dapat menunjukkan nilai 6.15pH pada titik terakhir. Grafik

nutrisi pH tanaman kangkung pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik nutrisi pH tanaman kangkung pada hari pertama

Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi ppm tanaman kangkung hari pertama dengan jangka waktu yang dimulai dari jam 3 sore hingga 7 malam. Pada titik awal hingga akhir grafik ppm nilai yang ditunjukkan tetap dan tidak berubah yaitu dengan nilai 2225ppm. Grafik nutrisi ppm tanaman kangkung pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik nutrisi ppm tanaman kangkung pada hari pertama

Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi volume air tanaman kangkung hari pertama dengan jangka waktu selama 4 jam. Pada grafik volume air di titik awal menunjukkan nilai 5L dan berubah pada saat jam 15:30 karena nutrisi dialirkan ke seluruh pipa dan tanaman. Pada jam 18 volume air berubah kembali menjadi 3L karena irigasi tanaman berhenti. Grafik nutrisi volume air tanaman kangkung pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik nutrisi volume air tanaman kangkung pada hari pertama

Hasil pengujian tanaman kangkung hari pertama mempunyai 4 daun pada 1 batang, daun lonjong dengan ujungnya yang runcing, batang dan daun berwarna hijau. Berdasarkan ciri-ciri kangkung yang ada pada bab 2 dapat dikatakan tanaman tumbuh dengan baik dan belum sempurna karena tanaman kangkung masih di hari pertama. Tanaman kangkung hari pertama dapat dilihat pada Gambar 10.



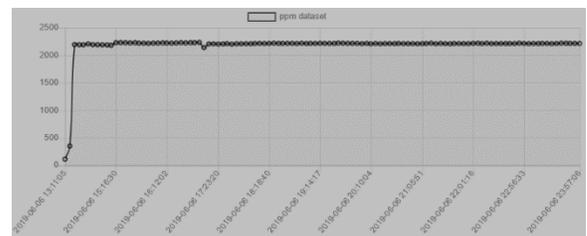
Gambar 10. Hasil tanaman tangkung hidroponik pada hari pertama

Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi pH tanaman bayam hari pertama yang berlangsung selama 10 jam. Pada grafik pH air titik pertama sebelum pencampuran nutrisi pH air dengan nilai 8pH. Setelah sistem kontrol berjalan pH air mulai menurun hingga 6.6pH. Pada titik selanjutnya pH stabil dengan nilai 6.6-6.8pH. Grafik nutrisi pH tanaman bayam pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik nutrisi pH tanaman bayam pada hari pertama

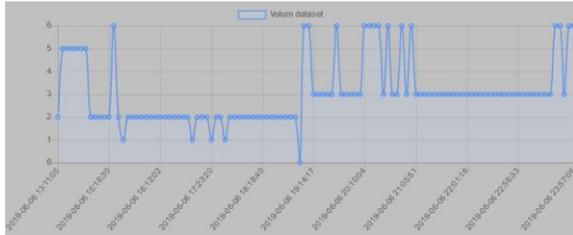
Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi ppm tanaman bayam hari pertama dilakukan selama 10 jam. Titik pertama pada grafik ppm air dengan nilai 0ppm. Sistem kontrol ppm dengan setpoint 1400ppm dan dapat dilihat titik kedua pada grafik ppm air dengan nilai sekitar 300ppm dan semakin bertambah hingga ppm sekitar 2000ppm. Ppm air mulai stabil pada titik sekitar 2200ppm. Grafik nutrisi ppm tanaman bayam pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik nutrisi ppm tanaman bayam pada hari pertama

Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi volume air tanaman bayam hari pertama dengan jangka waktu selama 10 jam. Pada grafik volume air saat jam 13:11 hingga 14:00 menunjukkan nilai 5L. Pada jam 14:00-15:16 volume air menurun dengan nilai 2L karena pompa irigasi ke tanaman menyala hingga waktu pukul

19:14. Pada saat jam 19:19 hingga 21:05 grafik volume air menunjukkan ketidak stabilan karena posisi sensor bergeser dan kembali stabil pada nilai 3L. Grafik nutrisi volume air tanaman bayam pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik nutrisi volume air tanaman bayam pada hari pertama

Hasil pengujian tanaman bayam hari pertama mempunyai helai daun 3 tiap batangnya, daun berbentuk lonjong lebar dengan ukuran kecil, tinggi batang sekitar 2-3cm. Berdasarkan ciri-ciri bayam yang ada pada bab 2 hasil pengujian bayam pada hari pertama tidak sesuai dengan ciri-ciri bayam yang baik. Hasil tanaman bayam pada hari pertama dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil tanaman bayam hidroponik pada hari pertama

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari sistem kontrol dan monitoring pH serta kecepatan nutrisi hidroponik dapat disimpulkan:

- Sistem kontrol dan monitoring pH berjalan sesuai dengan kebutuhan *user*.
- Sistem kontrol dan monitoring ppm berjalan dengan baik ketika nilai ppm kurang dari 1000.
- Aplikasi *website* dan mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan baik.
- *User interface* yang digunakan pada aplikasi *website* sederhana dan mudah dimengerti.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BertaniOrganik, "10 Macam Sistem Hidroponik Yang Sering Digunakan," 28 Juli 2018. [Online]. Available: <http://www.bertaniorganik.com/2018/07/28/10-macam-sistem-hidroponik-yang-sering-digunakan/>.
- [2] OmahHidroponik, "E-BOOK HIDROPONIK," [Online]. Available: <http://hidroponiksurabaya.com/ebook-hidroponik/>. [Accessed 10 Juli 2019].
- [3] T. Putranto dan B. Rochman, Rancang Bangun Sistem Otomasi Pemberian Nutrisi Dan Pencahayaan Untuk Tahap Penyemaian Benih Selada Pada Perkebunan Surabaya Hidroponik, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [4] N. S. d. A. K. Ibadarrohman, "Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik berbasis Android," *Konferensi Nasional Sistem Informasi 2018*, pp. 177-182, 2018.
- [5] E. Rahmawati, Pengaruh Berbagai Jenis Media Tanam Dan Konsentrasi Nutrisi Larutan Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Mentimun Jepang (*Cucumis sativus* L.), Makassar: Uin Alauddin, 2018.
- [6] T. E. Tallei, Inneke dan Ahmad, "Hidroponik untuk Pemula," Januari 2018. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/322308428_Hidroponik_untuk_Pemula.
- [7] Y. Chadirin, Teknologi Greenhouse dan Hidroponik, Bogor: Diktat Kuliah. IPB, 2007.
- [8] H. Sunarjono, "Bertanam 36 Jenis Sayuran," Jakarta, Penebar Swadaya, 2014, p. 204.
- [9] DFRobot, "PH meter V1.1 SKU:SEN0161," 2017. [Online]. Available: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter_V1.1_SKU:SEN0161.
- [10] Component101, "HC-SR04 Ultrasonic Sensor," 18 September 2017. [Online]. Available: <https://components101.com/ultrasonic-sensor-working-pinout-datasheet>.
- [11] Chris, "Using A Flow Sensor With Arduino," 28 Juni 2015. [Online]. Available: <https://www.bc-robotics.com/tutorials/using-a-flow-sensor-with-arduino/>.
- [12] DFRobot, "Gravity Analog TDS Sensor Meter For Arduino SKU SEN0244," 2018. [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_TDS_Sensor_Meter_For_Arduino_SKU_SEN0244.