

Prototype of Automatic Monitoring and Control System for Water Supply, Acidity, and Nutrition in Internet of Things Based DFT Hydroponics

Prototipe Sistem Pemantauan dan Pengendalian Otomatis Pasokan Air, Keasaman, dan Nutrisi pada Hidroponik DFT Berbasis *Internet of Things*

Andre Heri Bakriansyah¹, Muhammad Daud^{1*}, Taufiq¹, Asran¹

Abstract

In the hydroponic deep flow technique (DFT) system, in general, the measurement of water quality parameters is still done manually and because of this it often results in delays in adding nutrients, causing yellowing of plants. This study aims to design and realize a prototype system for automatic monitoring and replenishment of water supply, pH (acidity), and nutrients in DFT hydroponics based on Arduino UNO and the internet of things. The system is built with Arduino UNO, pH sensor, TDS sensor, HC-SR04 sensor, DC water pump, NodeMCU, ThingSpeak and Blynk applications. The results showed that the system prototype was able to work well. The difference in the measurement results by the sensor compared to the reference measuring instrument is relatively small, namely the difference in pH 2.058%, TDS 0.835%, distance 0.255% and pH control 0.43%, TDS 0.404%, and volume 0.69%. The system prototype has succeeded in maintaining the pH level of the solution, the TDS of the solution, and the quality of the water in the system.

Keywords

Hydroponics, deep flow technique (DFT), monitoring, automatic control, internet of things

Abstrak

Pada system hidroponik *deep flow technique* (DFT), secara umum pengukuran parameter-paramter kualitas air masih dilakukan secara manual dan karenanya sering mengakibatkan keterlambatan penambahan nutrisi sehingga membuat tanaman menguning. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan prototipe sistem pemantauan otomatis dan pengisian pasokan air, pH (keasaman), dan nutrisi pada hidroponik DFT berbasis Arduino UNO dan internet of things. Sistem dibangun dengan Arduino UNO, sensor pH, sensor TDS, sensor HC-SR04, pompa air DC, NodeMCU, aplikasi ThingSpeak dan Blynk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe sistem mampu bekerja dengan baik. Selisih hasil pengukuran oleh sensor dibandingkan alat ukur referensi relatif kecil yaitu selisih pH 2.058%, TDS 0.835%, jarak 0.255% dan pengendalian pH 0,43%, TDS 0,404%, dan volume 0,69%. Prototipe sistem telah berhasil mempertahankan kadar pH larutan, TDS larutan, dan kualitas air dalam sistem.

Kata Kunci

Hidroponik, deep flow technique (DFT), pemantauan, kontrol otomatis, internet of things.

¹ Department of Electrical Engineering, Universitas Malikussaleh

Jl. Batam, Kampus Bukit Indah, Blang Pulo, Lhokseumawe, Aceh 24355, Indonesia

* mdaud@unimal.ac.id

Submitted : April 11, 2023. Accepted : May 09, 2023. Published : May 11, 2023.

PENDAHULUAN

Berkurangnya lahan dalam perkotaan memungkinkan sedikitnya petani melakukan aktivitas serta yang memiliki hobi dibidang pertanian juga akan memiliki kendala. Dengan kata lain, meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan ketersediaan lahan pertanian karena digunakan untuk perumahan dan perluasan perkotaan [1]. Alternatif yang diberikan ialah mengenalkan hidroponik terhadap masyarakat petani setempat. Agrowisata yang telah menerapkan sistem hidroponik juga memiliki kekurangan dalam pengawasan yang harus berskala sehingga memakan waktu dan tenaga yang besar dalam pengelolaan sistem. Di antara sistem hidroponik yang dapat dipakai adalah hidroponik *deep flow technique (DFT)* yang digunakan pada penelitian ini.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh [2] menunjukkan penggunaan sensor DHT11 dan sensor kelembapan tanah sebagai parameter input dan logika fuzzy digunakan sebagai paramet output. Pengendalian yang dilakukan serta realisasi berhasil dilakukan terhadap objek tanaman dengan sistem pasang surut [3]. Dalam penelitian tersebut memiliki kekurangan dalam pengolahan sistem yang lebih optimasi secara jarak jauh.

Implementasi penggunaan *internet of things (IoT)* serta kendali otomatis pada tanaman hidroponik DFT sangat dibutuhkan. Sistem ini juga dapat digunakan sebagai rekayasa kultur habitat sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan tanaman hidroponik. Sensor akan difungsikan sebagai input data yang akan diproses oleh platform yang kemudian akan dikirim keserver serta data yang telah diproses akan dijadikan sebuah eksekusi yang sesuai dengan kebutuhan pada tanaman hidroponik [1].

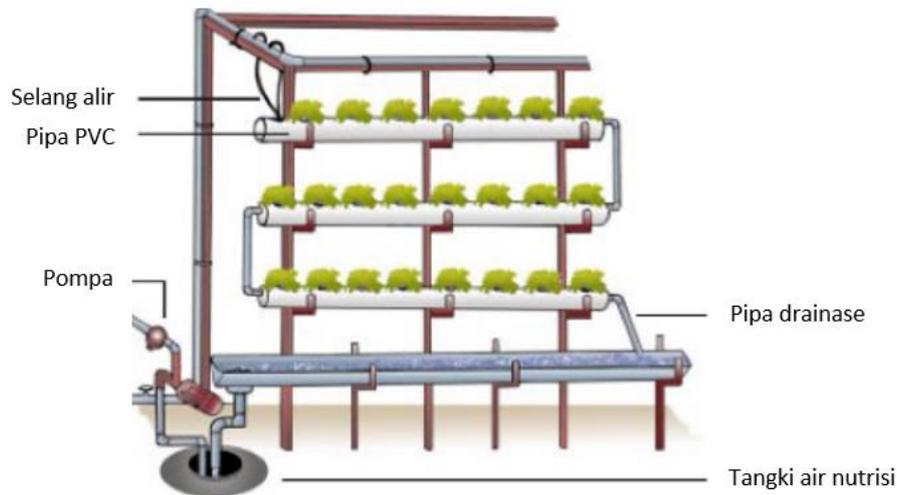
Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan menerapkan sistem otomatis dan pemantauan pasokan, nutrisi, serta keasaman pada tanaman hidroponik dengan tujuan merancang serta membangun sistem pemantauan dan pengisian secara otomatis pasokan air, power of Hidrogen (pH), dan nutrisi pada hidroponik berbasis *internet of things*.

Hidroponik

Secara bahasa hidroponik di ambil dari bahasa Yunani yaitu hydro yang artinya air dan ponos yang artinya daya. Hidroponik dikenal juga dengan *soiless culture* yang artinya budidaya tanaman tanpa tanah. Teknologi budidaya pertanian dengan sistem hidroponik diharapkan menjadi peran alternatif bagi masyarakat yang mempunyai lahan terbatas atau pekarangan, sehingga dapat dijadikan sebagai sesuatu yang berguna. Salah satu teknologi hidroponik yaitu *deep flow technique (DFT)* [3],[4].

Prinsip kerja teknologi DFT hampir sama dengan sistem hidroponik lain yaitu mensirkulasi larutan nutrisi dan aerasi secara kontinu selama 24 jam pada rangkaian aliran tertutup. Teknik hidroponik DFT bekerja dengan cara memenuhi media pertumbuhan dengan larutan nutrisi di mana larutan nutrisi yang tidak terserap akan dikembalikan ke bak penampung. Keuntungan dari sistem DFT adalah penanaman dengan kebutuhan nutrisi yang cukup sedikit dan memiliki sistem aerasi yang baik dengan air setinggi dua centimeter serta adanya rongga udara yang menyediakan oksigen bagi tanaman dengan pengairan yang dibantu oleh mesin pompa air.

Sistem pipa DFT, aliran nutrisi dengan kedalaman dua sampai tiga centimeter mengalir pada pipa PVC berdiameter 10 cm dan pada pipa tersebut diletakkan tanaman dalam pot plastik, sehingga tanaman akan menerima nutrisi yang mengalir tersebut. Pot plastik tersebut mengandung material seperti arang sekam sebagai tumpuan akar dan bagian bawah dari material tersebut menyentuh larutan nutrisi yang mengalir. Pipa PVC dapat dirangkai dalam satu bidang atau zig-zag, tergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan [5] seperti yang terlihat pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Ilustrasi sistem hidroponik DFT

Internet of Things

Internet of things (IoT) merupakan konsep yang memperluas manfaat komunikasi koneksi jaringan internet. Peran *internet of things* saat ini penting di kehidupan masyarakat, misalnya *smart room* dan *smart city*. *IoT* dapat menghubungkan berbagai perangkat agar dapat dikendalikan dari mana saja dengan bantuan koneksi internet sehingga terciptalah peluang untuk menghubungkan serta menggabungkan dunia nyata ke dunia komputer dengan integrasi antara jaringan internet serta sensor [5]. *IoT* dapat menghasilkan proses yang bersifat otomatis disemua hal, memungkinkan digunakan sebagai terapan di tingkat lanjut dan serta dapat membuahakan akurasi yang meningkat dengan pemetaan konsep *IoT* [5].

Perangkat keras Node MCU merupakan sebuah platform internet of things yang memiliki sistem *open source*. Platform ini merupakan *firmware* yang berjalan dengan ESP8266 Wi-Fi Soc dari Espressif System dan perangkat yang memiliki basis modul ESP-12 atau chip ESP8266-12E. NodeMCU juga merupakan perangkat keras dari pengembangan ESP8266 dengan basis e-Lua. ESP8266 adalah Smart on Chip (SoC) Wi-Fi yang memiliki ukuran minimalis dengan sedikit rangkaian eksternal [6]. NodeMCU sebagai komponen pokok *insternet of things* saat ini banyak digunakan pada perangkat elektronika untuk berbagai keperluan di antaranya untuk monitoring air PDAM [7], sistem monitoring gas berbahaya dan deteksi api dalam gedung [8], pengendalian kualitas air tambak pada budidaya ikan [9], dan berbagai aplikasi lainnya.

Mikrokontroler dan Arduino

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer dimana elemennya dikemas dalam satu *chip* atau *integrated circuit (IC)* sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler juga merupakan sebuah sistem komputer yang memiliki tugas yang spesifik dengan PC yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan yang lain ialah perbandingan antara RAM dengan ROM. Didalam mikrokontroler ROM jauh lebih besar dibanding RAM, sedangkan dalam Personal Computer (PC), RAM jauh lebih besar dibandingkan ROM [10].

Arduino adalah papan mikrokontroler yang awalnya dibuat oleh perusahaan Smart Project. Pencipta Arduino ialah Massimo Banzi, dimana papan ini merupakan perangkat keras yang bersifat *open source*. Tujuan pembuatan Arduino ialah memudahkan pengguna melakukan eksperimen atau sebagai perwujudan dari peralatan yang basisnya mikrokontroler. Papan ukuran kecil ini mengandung mikrokontroler dan sejumlah input/output (I/O) yang memudahkan pengguna untuk membuat proyek elektronika yang dikhususkan untuk menangani tujuan sesuai keinginan pengguna [11]. Jenis Arduino yang

digunakan dalam penelitian ini Arduino UNO. Arduino UNO saat ini banyak digunakan pada perangkat elektronika untuk berbagai keperluan di antaranya untuk sistem diagnosa stress [12], alat ukur tinggi dan berat badan [13], sistem kontrol otomatis lampu sein dan lampu rem sepeda motor [14], sistem kontrol keasaman air kolam ikan [15], dan berbagai aplikasi lainnya.

Keasaman dan *Power of Hidrogen (pH)*

Derajat keasaman tanah dinyatakan oleh nilai *power of Hidrogen (pH)*. pH merupakan istilah menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan dan juga suatu cara untuk menyatakan konsentrasi ion H⁺. Dalam penyediaan air, pH merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas pengolahan yang akan dilakukan. Istilah pH didefinisikan sebagai logaritma dari siklus bolak-baliknya konsentrasi ion hidrogen dalam mol per liter [16].

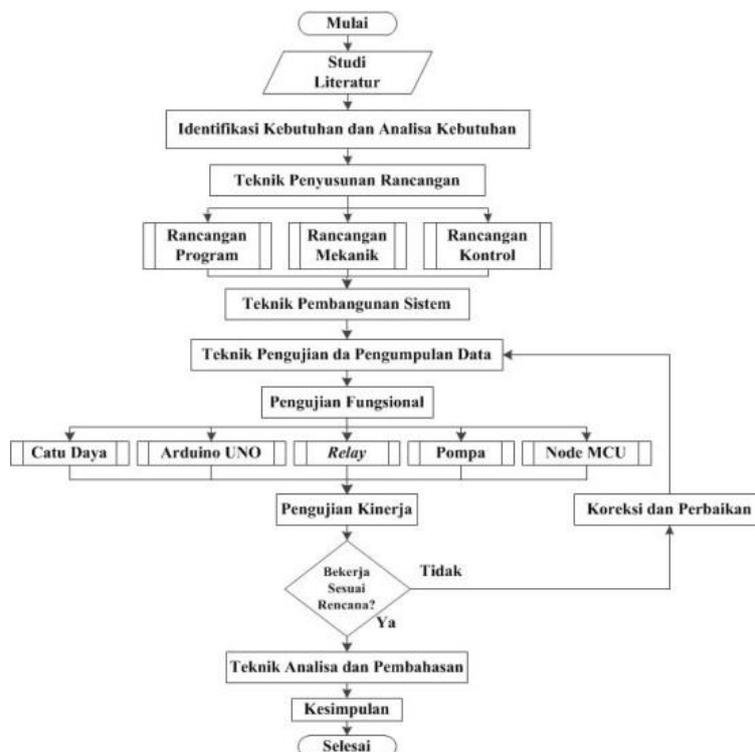
Total Dissolved Solids (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) ialah jumlah total larutan padat yang terkandung di dalam air. Dalam air selalu mengandung partikel yang terlarut yang tidak tampak oleh mata, bisa berupa partikel padat, maupun partikel bukan padatan seperti mikroorganisme [17]. Zat padat merupakan materi residu setelah pemanasan dan pengeringan pada suhu 103°C-105°C. Residu atau zat padat yang tertinggal selama proses pemanasan pada temperatur tersebut adalah materi yang ada dalam contoh air dan tidak hilang atau menguap pada 105°C. Dimensi zat padat dinyatakan dalam mg/l atau g/l, persentase berat (kg zat padat/kg larutan), atau persentase volume (dm³ zat padat/liter larutan) TDS [17].

METODE PENELITIAN

Tahap-Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang telah dilakukan dapat disajikan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

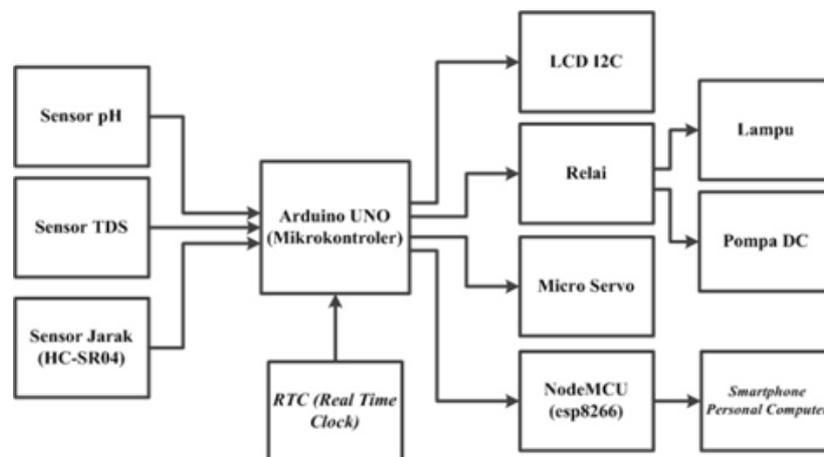
Identifikasi dan Analisa Kebutuhan

Langkah awal dalam rancang bangun sistem otomatis dan pemantauan pasokan, keasaman, dan nutrisi air pada hidroponik berbasis mikrikontroler dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan. Tujuan dari identifikasi kebutuhan ialah untuk mengetahui kebutuhan yang digunakan pada penelitian serta dilakukan analisa untuk mengetahui alasan penggunaan dari kebutuhan. Kebutuhan pada sistem ini ialah kebutuhan mekanik, kontrol dan program yang akan dijelaskan pada poin-poin di bawah ini:

- Kebutuhan mekanis berdasarkan fungsional yang akan dibuat yaitu instalasi hidropnik, kerangka hidroponik, kotak kontrol, penampung (tangki) dan wadah pembersih sensor.
- Kebutuhan kontrol atau elektronik merupakan bahan pokok terciptanya penelitian. Adapun kebutuhan kontrol pada penelitian ini terdiri dari Arduino UNO, NodeMCU, relay, power suply 12V, RTC, LCD I2C, pompa air DC12V, papan sensor pH, probe sensor pH, sensor TDS, sensor HC-SR04, dan micro servo.
- Kebutuhan program merupakan perintah untuk menjalankan sistem agar bekerja semestinya. Program menggunakan pustaka dasar dan juga menggunakan pustaka yang berdasarkan rangkaian elektronik bawaan. Pustaka rangkaian elektronik terdiri dari RTC, software serial, liquid crystal display I2C, ThingSpeak, Wi-Fi, dan Blynk.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem dimulai dengan merencanakan diagram blok yang merepresentasikan komponen dan cara kerja sistem, kemudian diikuti penyusunan rancangan mekanis, kontrol, dan program seperti yang terlihat pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Diagram blok sistem

Prinsip kerja sistem yang disajikan dalam diagram blok pada [Gambar 3](#) tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Data yang diterima oleh Arduino UNO terdiri dari sensor pH, sensor TDS, sensor HC-SR04 dan RTC. Sensor pH mendeteksi nilai keasaman larutan, sensor TDS sebagai pendeteksi nilai kadar garam larutan, sensor HC-SR04 sebagai pendeteksi kapasitas pasokan air pada penampung utama dan RTC sebagai input yang mengatur jadwal. Data yang diterima oleh Arduino UNO berfungsi untuk mendapatkan nilai parameter keasaman, ppm, volume dan volume.
- Data diproses oleh Arduino UNO yang merupakan bagian utama dari sistem. Fungsi proses ini sebagai pengolah data masukan yang akan mengatur kerja sistem output dengan menggunakan bahasa pemrograman C yang sudah dimodifikasi.
- Proses selesai dilakukan maka akan dilakukan eksekusi yang terdiri dari Relay terhubung dengan pompa air dan lampu. NodeMCU dihubungkan dengan Smartphone

dan Personal Computer melalui akses Wi-Fi. LCD I2C berfungsi menampilkan karakter dari setiap tindakan pada Arduino Uno. Kemudian komponen yang terakhir ialah micro servo.

Perancangan sistem meliputi tiga aspek yaitu aspek mekanis, aspek elektronis, dan aspek program aplikasi. Ketiga aspek tersebut masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Rancangan mekanis dibagi menjadi empat bagian yaitu perancangan kerangka alat, instalasi pengairan hidroponik, wadah sensor dan kotak elektronik sistem monitoring hidroponik.
- Rangkaian elektronik merupakan rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen, diantaranya adalah catu daya, regulator, pompa air, modul IoT, sensor level air, sensor TDS. Kemudian pompa air yang digunakan sebagai pengkondisi nilai ppm, hand phone sebagai informasi tentang nilai ppm air dan ketinggian air.
- Program aplikasi yang terdiri listing program beserta lampiran pustaka (*library*) terkait yang akan diunggah ke dalam Arduino UNO dan NodeMCU. Arduino sebagai pengendali sistem akan melakukan pengolahan data parameter yang terdiri dari pH, TDS, dan volume larutan hidroponik. Sedangkan NodeMCU berfungsi sebagai perangkat komunikasi internet melalui Wi-Fi agar terhubung dengan *smartphone* dan dapat dilakukan pemantauan jarak jauh. Aplikasi yang digunakan pemantauan jarak jauh adalah aplikasi Blynk dan server ThingSpeak.

Pembangunan Prototipe

Pembangunan prototipe merupakan proses untuk merealisasikan rancangan menjadi perwujudan yang nyata. Definisi realisasi adalah tindakan untuk mencapai sesuatu yang direncanakan atau diharapkan. Konsep tahapan realisasi rancangan ini dapat diilustrasikan dalam bentuk diagram alir seperti terlihat pada [Gambar 4](#).



[Gambar 4](#). Diagram alir pembangunan prototipe

Pengujian Sistem

Pengujian prototipe sistem dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pengujian subsistem dan tahap pengujian sistem keseluruhan. Pengujian subsistem dimaksudkan untuk menguji kinerja sensor pH, sensor TDS, sensor HC-SR04, dan rangkaian penggerak (*driver*) relay. Sedangkan pengujian sistem keseluruhan dimaksudkan untuk menguji kinerja sistem secara utuh yang diuji coba untuk tanaman kangkung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi Prototipe Sistem

Realisasi prototipe sistem dalam penelitian ini berupa instalasi hidroponik dengan sistem kontrol otomatis dan pemantauan pasokan, keasaman dan nutrisi air berbasis mikrokontroler. Realisasi sistem penelitian terdiri dari realisasi mekanis, kontrol dan program seperti terlihat pada [Gambar 5](#).



[Gambar 5](#). Realisasi prototipe sistem

Hasil Pengujian Subsystem

Hasil pengujian subsystem meliputi subsystem-subsystem sensor pH, sensor TDS, sensor HC-SR04, dan rangkaian penggerak (*driver*) *relay*. Pengujian-pengujian tersebut dapat dijelaskan pada uraian di bawah ini.

a. Pengujian sensor pH

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran yang didapat oleh sensor pH dengan nilai yang diperoleh oleh pH meter yang digunakan sebagai pembanding. Hasil pengujiannya disajikan dalam [Tabel 1](#). Hasil pengujian yang didapat sensor pH masih memiliki selisih nilai presentasi rata-rata sebesar 2,058% dan memiliki perubahan nilai sensor eror yang berbeda. Perubahan nilai dari sensor pH terjadi dikarenakan respon yang diterima oleh Arduino UNO dari sensor pH terjadi delay.

[Tabel 1](#). Hasil pengujian sensor pH

No.	Sensor pH	pH meter	Selisih (%)
1	6,7	6,67	3,87
2	3,18	3,36	5,36
3	3,03	3,05	0,66
4	10,05	10,07	0,2
5	10,22	10,24	0,2
Rata-rata			2,058

b. *Pengujian sensor TDS*

Pengujian sensor TDS bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi yang dimiliki oleh sensor TDS setelah sensor dilakukan kalibrasi dengan metode regresi linear. Hasil pengujian sensor TDS dapat dilihat [Tabel 2](#). Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa sensor TDS masih memiliki selisih nilai presentasi rata-rata sebesar 0,835%. Pada saat pengujian sensor TDS, terdapat fluktuasi nilai eror, hal ini dikarenakan respon sensor yang tergolong lambat.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor pH

No.	Sensor TDS (ppm)	TDS meter	Selisih (%)
1	578,9	502	2,19
2	600	554	1,29
3	610,5	612	0,04
4	647,3	658	0,2
5	668,4	685	0,45
6	681,5	713	0,84
Rata-rata			0,835

c. *Pengujian sensor HC-SR04*

Data hasil pengujian sensor HC-SR04 dapat dilihat pada [Tabel 3](#). Berbeda dengan sensor pH dan TDS, sensor HC-SR04 memiliki respon yang cepat sehingga nilai yang didapatkan tidak memakai delay. Untuk mencari jarak sudah ada ketentuan umum dari sensor HC-SR04 ini sendiri yaitu durasi sinyal yang dikirimkan dari trigger ke echo dikalikan dengan kecepatan sinyal yakni 340.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor HC-SR04

No.	Sensor HC-SR04 (ppm)	Mistar (cm)	Selisih (%)
1	2,98	3	0,0006
2	5,03	5	0,0015
3	8,06	8	0,0048
4	10	10	0
5	13,02	13	0,0026
6	15,08	15	0,012
7	17,97	17	0,1649
8	20,09	20	0,018
Rata-rata			0,025

d. *Pengujian rangkaian penggerak relay*

Pengujian rangkaian penggerak (*driver*) relay berjalan dengan baik pada pompa DC dan lampu grow light. Pengujian yang dilakukan pada 10 relay dimana 9 relay terkoneksi dengan pompa 12V DC dan 1 relay terkoneksi dengan lampu grow light. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa relay dapat berfungsi dengan baik sebagaimana ditunjukkan pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Pengujian rangkaian penggerak relay

Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan dalam tiga tahapan yang masing-masing merupakan hari pertama pada tiap minggu umur tanaman kangkung yang diujicoba pada sistem hidroponik. Dengan demikian pengujian pertama dilakukan pada hari ke-1, pengujian kedua pada hari ke-8, dan pengujian ketiga pada hari ke-14. Pada setiap tahapan, terdapat penjadwalan waktu lampu grow light yang menyala seperti terlihat pada Gambar 7.



(a)



(b)

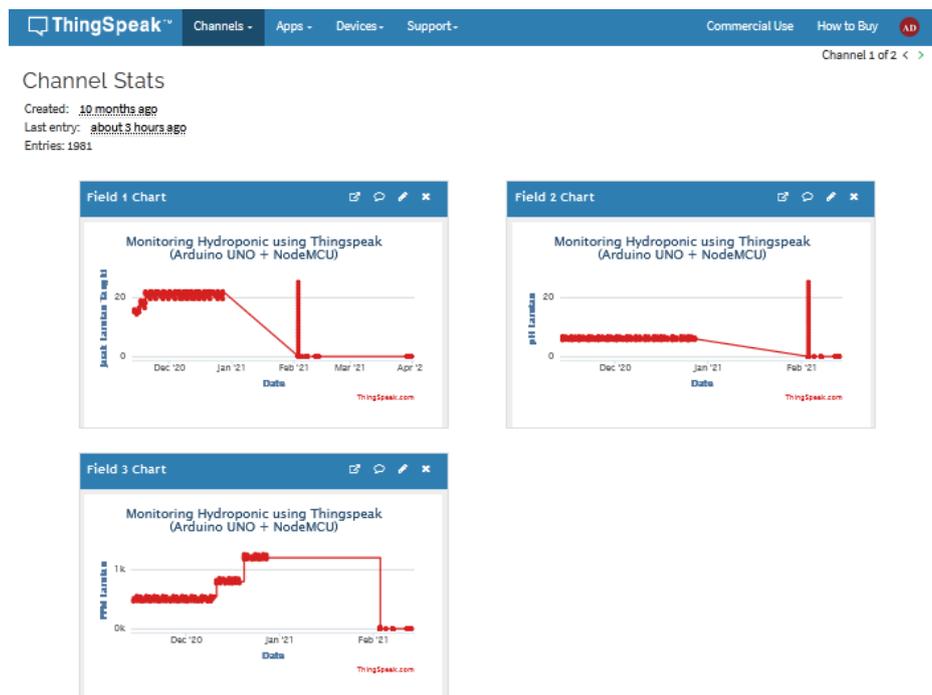
Gambar 7. Pengujian sistem keseluruhan (a) instalasi sistem hidroponik (b) tampilan aplikasi Blink pada smartphone

Pompa utama bekerja sesuai jadwal yang telah ditentukan yaitu 10 menit akan hidup yang kemudian disusul dengan pengukuran pH dan TDS. Setelah pompa utama menyala 10 menit, maka akan redup dalam 5 menit yang disusul dengan pengukuran volume penampung utama. Setelah dilakukan pengukuran pH, TDS, dan volume penampung maka sistem akan mengirim data melalui internet (Wi-Fi) lalu melakukan evaluasi dengan delay 2 detik. Evaluasi yang dilakukan sistem berjalan lancar yang dibuktikan dengan eksekusi yang dilakukan oleh Arduino UNO. Eksekusi yang dilakukan ialah hidupnya pompa untuk menambahi atau mengurangi nilai. Eksekusi yang pertama dilakukan ialah hidupnya pompa asam yang menandakan kurangnya larutan bersifat basa.

Eksekusi volume penampung utama sama dengan eksekusi pH larutan. Sedangkan eksekusi yang dilakukan oleh TDS larutan dilakukan dengan memperhatikan jadwal

penambahan nilai TDS. Minggu pertama saat bibit tanaman kangkung dimasukkan kedalam instalasi hidroponik, nilai TDS berada diantara 450 ppm dengan 550 ppm. Minggu kedua TDS pada larutan memiliki nilai diantara 750 ppm dengan 850 ppm. Sedangkan pada minggu ketiga sampai masa panen nilai TDS diantara 1150 ppm sampai 1250 ppm.

Hasil yang didapat pada pengujian keseluruhan sistem berjalan sesuai dengan penelitian. Hal ini dibuktikan dengan data yang diterima oleh server ThingSpeak selama pengujian berlangsung. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dalam 30 hari dan data yang masuk selama pengujian 1981 record data seperti terlihat pada Gambar 8. Gambar tersebut menyajikan tiga grafik yang terdiri dari grafik jarak, pH larutan, dan TDS larutan. Grafik jarak dan pH larutan pada pengujian memiliki grafik yang konstan, sedangkan grafik TDS larutan naik pada setiap minggunya. Perbedaan grafik TDS dengan yang lainnya dikarenakan tanaman pada kangkung membutuhkan konsumsi pupuk yang meningkat setiap minggunya.



Gambar 8. Tampilan kinerja sistem pada aplikasi server ThingSpeak

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Prototipe sistem otomatis pasokan, pH (keasaman), dan nutrisi air pada hidroponik berbasis mikrokontroler sudah dirancang dan direalisasikan serta dapat beroperasi dengan baik. Beberapa hasil pengujian penting ialah sebagai berikut. Nilai rata-rata persentase eror pada sensor dengan alat ukur pH sebesar 2,058%, dan TDS sebesar 0,835%. Pada saat pengujian pengendalian pH memiliki rata-rata persentasi eror 0,43 %, TDS sebesar 0,404 %, dan volume sebesar 0,69 %. Kemudian tegangan catu daya sistem secara keseluruhan adalah 224,9 volt AC dengan arus 0,139 ampere sehingga penggunaan daya masih tergolong rendah. Sistem pemantauan pasokan, ph (keasaman), dan nutrisi air pada hidroponik berbasis mikrokontroler telah direalisasikan dengan baik dengan menggunakan aplikasi server Blynk dan ThingSpeak. Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan nilai yang sama pada panel kontrol dengan aplikasi server.

Saran

Penulis menyarankan agar dapat digunakan alat ukur digital dengan kelas yang standar sebagai pembanding hasil pengukuran kinerja sistem. Untuk pengembangan penelitian ini ke depan dapat dipertimbangkan penggunaan kecerdasan buatan untuk pengolahan data hasil pengukuran yang dijadikan sebagai dasar pengendalian sistem.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Y. E. Nugraha, B. Irawan, and R. E. Saputra, "Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi pada Hidroponik Menggunakan Sistem Pakar dengan Metode Forward Chaining," in *e-Proceeding of Engineering*, 2017, vol. 4, no. 2, pp. 2199–2206. [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/746/0>
- [2] M. Daud, V. Handika, and A. Bintoro, "Design and Realization of Fuzzy Logic Control for Ebb and Flow Hydroponic System," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 7, no. 9, 2018.
- [3] A. Izzuddin, "Wirausaha Santri Berbasis Budidaya Tanaman Hidroponik," *Dimas J. Pemikir. Agama untuk Pemberdaya.*, vol. 16, no. 2, pp. 351–366, 2016, doi: 10.21580/dms.2016.162.1097.
- [4] S. A. Mulasari, "Penerapan Teknologi Tepat Guna (Penanam Hidroponik Menggunakan Media Tanam) Bagi Masyarakat Sosrowijayan Yogyakarta," *J. Pemberdaya. Publ. Has. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 3, pp. 425–430, 2018, doi: 10.12928/jp.v2i3.418.
- [5] M. N. A. Raihan, "Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Pakchoy (*Brassica chinensis* L.) pada Berbagai Konsentrasi Pupuk ABmix dan Pupuk Organik Cair (POC) dengan Teknik Hidroponik," 2017.
- [6] Y. H. Putra, D. Triyanto, and Suhardi, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Nutrisi, Suhu, dan Tinggi Air Pada Pertanian Hidroponik," *CODING J. Komput. dan Apl.*, vol. 6, no. 3, 2018.
- [7] F. Faisal and H. Hambali, "Design and Construction of PDAM Water Use Monitoring Based on Internet of Things (IoT)," *Andalas J. Electr. Electron. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 31–34, 2022, doi: 10.25077/ajeet.v2i2.25.
- [8] Z. Zaini and T. H. Alvy, "Design of Monitoring System for Hazardous Gas and Fire Detection In Building Based On Internet of Things," *Andalas J. Electr. Electron. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–20, 2022, doi: 10.25077/ajeet.v2i1.20.
- [9] R. Fachroji, A. Hasibuan, M. Daud, R. Putri, and I. M. A. Nratha, "Design of Automatic Pond Water Quality Control in Koi Fish Farm," *J. Renew. Energy, Electr. Comput. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2023.
- [10] O. Nurdiawan and N. Salim, "Penerapan Data Mining pada Penjualan Barang Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier untuk Optimasi Strategi Pemasaran," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 11, no. 1, pp. 84–95, 2018.
- [11] G. Pamungkas, A. Z. Purwalaksana, M. Djamal, and N. S. Amina, "Rancang Bangun Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique Otomatis Berbasis Arduino," in *Prosiding SNIPS 2017*, 2017, pp. 45–51.
- [12] R. Rosdiana, A. Hasibuan, A. Chairani, M. Daud, and M. Sayuti, "Stress Diagnosis System Using Fuzzy Logic Method," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 355–366, 2022, [Online]. Available: <http://motivection.imeirs.org/index.php/motivection/article/view/162>
- [13] M. Afdali, M. Daud, and R. Putri, "Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO," *Elkomika*, vol. 5, no. 1, pp. 106–118, 2017.

-
- [14] Warsono, W. Purwanto, and F. R. A. Nasution, "Design an Automatic of Turn Sygnal Lamp and Brake Lamp Motorcycle Control System Based Arduino Microcontroller Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Lampu Sein Dan Lampu Rem Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–55, 2020.
- [15] Gunadi and M. Daud, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Keasaman Air Kolam Ikan Menggunakan Sensor pH Berbasis Arduino," *J. Fokus Elektroda (Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali)*, vol. 7, no. 4, pp. 248–254, 2022.
- [16] N. F. Andini, "Uji Kualitas Fisik Air Bersih pada Sarana Air Bersih Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) Nagari Cupak Kabupaten Solok," *J. Kepemimp. dan Pengur. Sekol.*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [17] M. Martani and E. Endarko, "Perancangan dan Pembuatan Sensor Level Untuk Sistem Kontrol pada Proses Pengendapan CaCO₃ dalam Air dengan Metode Medan Magnet," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 3, no. 2, 2014.