

Sistem Pengendali pH Air dan Pemantauan Lingkungan Tanaman Hidroponik menggunakan Fuzzy Logic Controller berbasis IoT

Rahib Lentera Alam¹, Aris Nasuha¹

¹Program Studi Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: rahiblentera.2017@student.uny.ac.id

ABSTRACT

Hydroponics is a farming solution for agricultural land that is getting smaller. However, manual pH control and environmental monitoring make crop yields less than optimal. This final project aims to create hardware and software to control water pH and monitor the environment of hydroponic plants based on the Internet of things (IoT). The system uses a fuzzy logic control system to control the pH of the hydroponic growing media and there is the development of a cloud server to make it easier for farmers to control planting media and the hydroponic plant environment. The making of this tool refers to a quantitative method consisting of the analysis, design / design, assembly and testing stages. The results of the tests that have been carried out are the accuracy of the pH meter sensor of 98.38%, the accuracy of the DHT22 sensor for measuring temperature of 97.91% and humidity of 95.89%, the accuracy of the DS18B20 sensor of 96.16%, the accuracy of the HCSR-04 sensor. of 97.65%, the average stabilization time of pH 64s with an error of 2.05%. All the features in the Blynk app worked fine, average server ping time was 18ms and tool response time averaged 83s. It is hoped that the use of this system will benefit the common people in gardening without worrying about the need for large areas of land and the complexity of maintenance. This has an impact on food self-sufficiency at the household level, which can be realized through the provision of food crops for family consumption.

Keywords: Hydroponics, pH, fuzzy logic, Blynk, Internet of things (IoT)

ABSTRAK

Hidroponik merupakan solusi bercocok tanam untuk lahan pertanian yang semakin menyempit. Namun, pengendalian pH serta monitoring lingkungan yang masih manual membuat hasil tanam menjadi kurang optimal. Proyek akhir ini bertujuan untuk menciptakan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengontrol pH air dan memonitor lingkungan tanaman hidroponik berbasis Internet of things (IoT). Sistem tersebut menggunakan sistem kontrol logika fuzzy untuk mengendalikan pH media tanam hidroponik dan terdapat pengembangan *cloud server* guna mempermudah petani dalam mengontrol media tanam serta lingkungan tanaman hidroponik. Pembuatan alat ini mengacu pada metode kuantitatif yang terdiri dari tahap analisis, desain/perancangan, perakitan serta pengujian. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan adalah ketelitian sensor pH meter sebesar 98,38%, ketelitian sensor DHT22 untuk mengukur suhu sebesar 97,91% dan kelembaban sebesar 95,89%, ketelitian sensor DS18B20 sebesar 96,16%, ketelitian sensor HCSR-04 sebesar 97,65%, Rata-rata waktu penstabilan pH 64s dengan error 2.05%. Semua fitur dalam aplikasi Blynk bekerja dengan baik, waktu ping server rata-rata 18ms dan waktu respons alat rata-rata 83s. Penggunaan sistem ini diharapkan bermanfaat bagi masyarakat awam untuk berkebun tanpa mencemaskan kebutuhan lahan luas dan kerumitan perawatan. Hal tersebut berdampak pada kemandirian pangan pada level rumah tangga dapat diwujudkan melalui penyediaan tanaman pangan untuk konsumsi keluarga.

Kata kunci: Hidroponik, pH, logika fuzzy, Blynk, Internet of things (IoT)

PENDAHULUAN

Pada masa pandemi covid-19, berbagai wilayah menerapkan *lockdown*, yaitu penutupan akses masuk dan keluar wilayah. Akses pemerolehan konsumsi pangan menjadi salah satu keterbatasan dari penerapan tersebut. Rantai distribusi makanan menjadi terganggu [1], [2]. Masyarakat harus melakukan upaya mandiri

untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Bercocok tanam menjadi pilihan yang sangat strategis karena bermanfaat untuk rekreasi, kesehatan, ekonomi, dan lingkungan di masa pandemi [3]. Masyarakat dapat menanam sayuran untuk kebutuhan konsumsi pangan di rumah. Salah satu upaya implementasi PP Nomor 12 tahun 2009 tentang kebijakan percepatan

penganekaragaman konsumsi pangan berbasis sumberdaya lokal adalah pemanfaatan pekarangan dan potensi pangan di sekitar lingkungan [4]. Lahan pekarangan atau halaman sebagai kebun gizi dengan penanaman sayuran dan buah adalah sara yang efektif untuk mencukupi kebutuhan gizi keluarga sebagai bentuk ketahanan pangan keluarga [5], [6]. Berbagai variasi kelompok tanaman pangan, seperti padi-padian, umbi-umbian, kacang-kacangan, sayuran dan buah merupakan potensi sumber daya hayati spesifik lokasi yang sangat kaya di Indonesia [6]. Masyarakat perlu memanfaatkan lahan yang dimiliki untuk berkebun tanaman pangan agar mandiri dalam penyediaan pangan.

Di wilayah dengan tingkat kepadatan yang tinggi, berkebun dengan halaman rumah yang luas merupakan hal yang tidak mudah. Lebih lanjut, pada tahun 2019, dari 22 komoditas sayuran terdapat 12 sayuran yang pertumbuhan luas panennya bernilai negatif, misalnya bawang daun (-4.59), sawi (-0.29), dan bayam (-0.81) [7]. Hal tersebut mendorong upaya bercocok tanam untuk konsumsi keluarga di lahan yang terbatas dengan teknik tertentu. Hidroponik merupakan pilihan bagi masyarakat yang ingin berkebun dengan lahan yang terbatas.

Beberapa keunggulan hidropinik, diantaranya: (1) dapat dipakai di lahan yang terbatas, dikarenakan metode hidroponik menggunakan larutan hara mineral di dalam air, tanpa tanah [8], [9]; (2) sayuran lebih aman, dikarenakan tanaman bebas residu pestisida dan bebas mikroorganisme berbahaya; (3) lebih tahan terhadap penyakit; (4) pertumbuhan yang relatif cepat serta kuantitas yang relatif lebih berat [10]; dan (5) mampu memperkaya tanaman dengan rasa yang lengkap dan rasa yang enak dengan nilai nutrisi yang lebih tinggi [11], [12]. Meskipun memiliki banyak keunggulan, akan tetapi metode hidroponik membutuhkan perawatan yang intensif. Pengendalian kondisi media tanam dan lingkungan tanaman hidroponik merupakan salah satu faktor utama dalam budidaya tanaman hidroponik.

Parameter yang perlu dikendalikan, diantaranya adalah pH air, kelembapan udara, suhu, tinggi air dan kepekatan nutrisi [13]. *Potential of hydrogen* (pH) merupakan parameter yang menentukan keasaman atau alkalinitas suatu larutan. Nilai pH mempengaruhi proses fotosintesis pada tumbuhan, sehingga kadar pH dalam larutan air perlu dikontrol untuk melindungi kerusakan tumbuhan [9]. Jika akar tanaman terkena pH rendah misalnya kisaran pH 2 atau 3 hanya dalam beberapa detik maka langsung dapat merusak akar [14], [15]. Variasi pada nilai pH dikarenakan asupan hara oleh tanaman. Pada sistem hidroponik, nilai ideal pH yang perlu dijaga antara 5,8 dan 6,5 [16]. Kontrol pH menjadi hal yang penting untuk menghasilkan tanaman yang berkualitas. Pemantauan berkelanjutan dan tindakan korektif diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat dan sesuai [8]. Otomasi sangat mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan stabilitas dan akurasi sistem [11].

Sistem kendali terstruktur dan fleksibel sangat diperlukan untuk menambah efisiensi pembudidayaan tanaman hidroponik. Beberapa sistem pengendalian variabel pada hidroponik telah dikembangkan sebelumnya. Metode kendali PID digunakan pada penelitian sebelumnya, yaitu: pengendalian pH berbasis mikrokontroler dengan kendali PID [17]; dan pengendalian kontrol *Electrical Conductivity* (EC) dan pH secara *real time* menggunakan LabVIEW berbasis mikrokontroler dengan kendali PID [11]. Teknik kendali lainnya adalah *fuzzy logic controller* (FLC) yang dilakukan pada pengendalian pH pada hidroponik teknik NFT berbasis mikrokontroler [18]. Selain kendali PID dan FLC, juga terdapat penggunaan logika *if else*, yaitu pengendalian ketinggian air dan suhu berbasis mikrokontroler dengan logika *if else* serta pengiriman informasi pada ponsel pintar [19].

Selain teknik kendali, beberapa penelitian terkait sistem pengendalian variabel pada tanaman hidroponik memperhatikan aspek pemantauan secara *realtime*, beberapa

diantaranya adalah: pengendalian pH, suhu, kelembaban, kadar CO₂, intensitas cahaya, dan konfigurasi LED yang berbeda berbasis mikrokontroler dengan penggunaan RTOS [20] dan pengendalian pH dan ketinggian air berbasis mikrokontroler secara *real time* [21]. Penggunaan ponsel pintar sebagai perangkat untuk memantau sistem pengendalian digunakan pada penelitian tentang pengendalian suhu, kelembaban, ketinggian air dan pH berbasis mikrokontroler dan ponsel pintar (IoT) [22]. Rujukan lain terkait sistem pengendalian variabel pada tanaman hidroponik yaitu pengendalian pH, level ketinggian air dan suhu berbasis mikrokontroler [9] dan pengendalian volume dan pH berbasis mikrokontroler [23]. Hal penting yang menjadi pertimbangan lebih oleh penulis adalah bahwa pengendalian menjadi hal yang penting, lebih dari sekedar pemantauan.

Segala sesuatu memiliki nilai derajat menjadi dasar dari gagasan logika fuzzy. Konsep kebenaran sebagian dikenalkan pada logika fuzzy sebagai peningkatan dari logika Boolean. Sistem berbasis aturan fuzzy adalah salah satu area terpenting dari aplikasi himpunan fuzzy dan logika fuzzy. Dalam sistem berbasis aturan fuzzy, himpunan fuzzy dan logika fuzzy digunakan sebagai alat untuk merepresentasikan berbagai bentuk pengetahuan tentang masalah yang dihadapi, serta untuk memodelkan interaksi dan hubungan yang ada antar variabelnya [24]. Teknik *fuzzy logic controller* (FLC) diprakarsai oleh Zadeh dan Mamdani ketika menangani ketidakpastian dalam proses kendali [25]. Meskipun pemodelan matematis tidak dimodelkan dalam FLC, tetapi performansi sistem kendali yang dihasilkan FLC sangat baik [26]. Tujuan dari konsep *Internet of Things* (IoT) adalah semakin berkembang dan meluasnya penggunaan internet untuk kemudahan akses dan interaksi dengan berbagai perangkat. Penerapan IoT mengharuskan berbagai perangkat yang terpasang sensor pada suatu sistem memiliki alamat *Internet Protocol* (IP) yang dikoneksikan ke jaringan internet yang sama agar dapat melakukan komunikasi untuk menjalankan suatu kinerja sistem [27].

Berpijak dari pengembangan sistem pengendalian variabel tanaman hidropnik sebelumnya, keunggulan FLC dan dukungan IoT, maka mikrokontroler dengan metode fuzzy logic berbasis IoT merupakan metode yang digunakan. Artikel ini mendeskripsikan sistem pengendali pH air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things* yang berfokus pada otomatisasi dan sistem kendali berbasis internet. Sistem pengendali tersebut dapat memudahkan pengguna untuk bercocok tanam menggunakan metode hidroponik. Penerapan sistem pengendali tersebut untuk pengguna rumah tangga mampu mendukung ketahanan pangan dengan menghasilkan tanaman konsumsi pangan sendiri.

METODE



Gambar 1. Tahapan pengembangan sistem pengendali pH Air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things*

Gambar 1 memperlihatkan tahapan-tahapan pengembangan sistem pengendalian variabel pada hidroponik yang dilakukan. Pengembangan

sistem pengendali pH Air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things* menggunakan metode yang terdiri atas beberapa tahapan. Tahapan tersebut meliputi analisis kebutuhan, identifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan dan pengujian. Pada tiap tahapan tersebut apabila ditemukan permasalahan, maka segera dilakukan perbaikan.

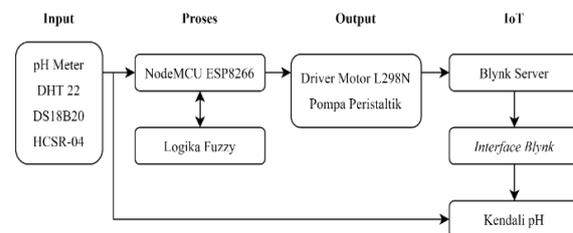
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang dikembangkan memberi kemudahan bagi pengguna dalam mengendalikan kondisi media tanam dan lingkungan tanaman hidroponik. Konektivitas dari internet akan memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk mengendalikan alat ini dari manapun dan kapanpun. Algoritma yang ditanamkan pada alat ini menjadikannya mampu menyesuaikan dengan berbagai jenis tanaman hidroponik. Program akan otomatis menyesuaikan kondisi media tanam hidroponik sehingga pengguna tidak harus lagi memantau kondisi tanaman secara intensif. Dari hasil analisis kebutuhan kinerja tersebut, selanjutnya dilakukan identifikasi kebutuhan. Tabel 1 merupakan identifikasi kebutuhan komponen yang digunakan dalam pengembangan sistem.

Tabel 1. Identifikasi kebutuhan komponen

Komponen	Keterangan
NodeMCU ESP8266	Pengolah data dari sensor
Modul pH	Pengukur pH air
DHT22	Pengukur suhu dan kelembaban udara
DS18B20	Pengukur suhu air
HCSR – 04	Pengukur ketinggian air
Pompa Peristaltik	Pemberi larutan pH <i>up</i> dan pH <i>down</i>
L298N	Pengendali kecepatan pompa air
Lampu LED 220V	Penyinaran tambahan tanaman hidroponik
PCB	Memudahkan pemasangan komponen
Kabel Jumper	Penghubung komponen
Kabel Power	Penghubung sumber daya
Adaptor 5-12 VDC	<i>Input</i> tegangan 5 – 15 vdc
Arduino IDE	Memprogram mikrokontroler
Blynk	Tampilan antar muka dan penyimpanan data pembacaan sensor

Perancangan terbagi menjadi tiga tahap yaitu perancangan sistem, perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan sistem berupa perancangan sistem kerja alat yang akan dibuat dan perancangan sistem kendali *fuzzy logic* yang akan disematkan ke dalam alat. Perancangan *hardware* meliputi perancangan perangkat *input*, *output* dan desain boks. Perancangan *software* dilakukan dengan merancang algoritma alat serta pembuatan *flowchart*. Gambar 2 merupakan blok diagram bagian kerja dari sistem pengendali pH air dan pemantau lingkungan tanaman hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Internet of things*.

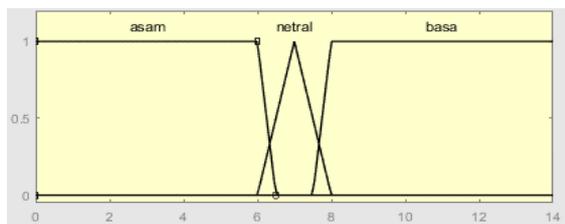


Gambar 2. Blok Diagram Kerja Alat

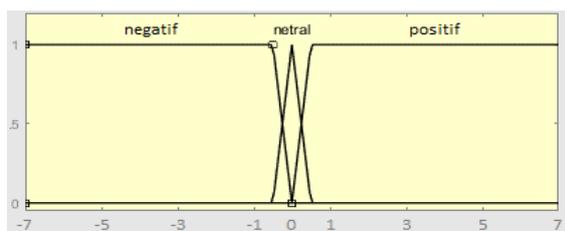
Terdapat empat bagian utama pada sistem, yaitu input, proses, output dan IoT. Bagian *input* terdiri dari berbagai macam sensor guna mendeteksi kondisi lingkungan. Sensor yang digunakan yaitu DHT 22 sebagai sensor suhu dan kelembaban udara dan HCSR-04 sebagai sensor ketinggian air. Di bagian media tanam hidroponik terdapat sensor pH dan suhu air menggunakan modul pH meter dan DS18B20. Semua sensor, mikrokontroler dan aktuator di-*supply* dengan catu daya *switching* bertegangan 12V DC 5A. Tegangan dan arus akan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing komponen.

Bagian proses akan menggunakan mikrokontroler Node MCU ESP8266. Mikrokontroler ini akan menjadi pusat pengolahan data sensor. Algoritma sistem kontrol cerdas *fuzzy* digunakan untuk menyesuaikan pH air dengan pH yang telah ditentukan. Sistem kontrol *fuzzy* ini diharapkan mampu mengendalikan kadar pH dengan cepat dan presisi. Bagian *output* terdapat pompa

peristaltik sebagai pengatur pH. Aktuator ini memiliki *interface* dengan mikrokontroler yaitu Driver motor L298N. Driver motor ini akan mengatur kecepatan putaran pompa peristaltik. Bagian IoT menggunakan *user interface* aplikasi Blynk. Aplikasi ini akan menjadi sarana kontrol pengguna untuk mengendalikan sistem. Di dalam aplikasi ini juga ditampilkan pembacaan kondisi lingkungan secara *real time* dan rekaman data selama 3 bulan. Sistem kendali yang digunakan adalah logika *fuzzy* dengan dua *input* parameter yaitu pH dan Δ pH. Parameter pH merupakan hasil pembacaan sensor pH meter sedangkan Δ pH merupakan selisih data pembacaan pH sekarang dan sebelumnya. Gambar 3 merupakan rancangan *input* pH dengan tiga himpunan yaitu asam, netral dan basa dan Gambar 4 merupakan rancangan *input* Δ pH dengan tiga himpunan yaitu negatif, netral dan positif.

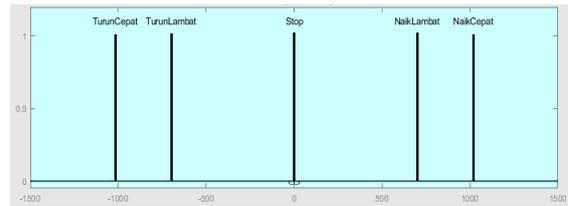


Gambar 3. Rancangan Input pH



Gambar 4. Rancangan Input Δ pH

Ketiga himpunan pada Gambar 2 memiliki anggota sebagai berikut: (1) Trapmf, asam = [0 0 6 6,5]; (2) Trimf, netral = [6 7 8]; dan (3) Trampf, basa = [7,5 8 14 14]. Ketiga himpunan pada Gambar 3 memiliki anggota sebagai berikut: (1) Trapmf, negatif = [-14 -14 -0.5 0]; (2) Trimf, netral = [-0,5 0 0,5]; dan (3) Trampf, positif = [0 0.5 14 14]. Gambar 5 merupakan rancangan *output* dengan himpunan berbentuk batang.

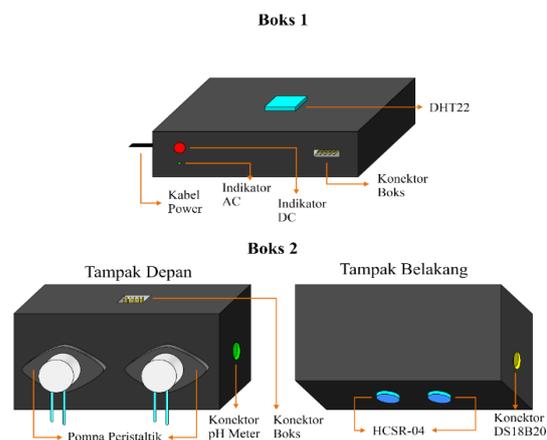


Gambar 5. Rancangan Output

Tabel 2. Rancangan *Fuzzy Rule*

Δ pH \ pH	Asam	Netral	Basa
Positif	NaikCepat	NaikLambat	TurunCepat
Netral	NaikCepat	Stop	TurunCepat
Negatif	NaikCepat	TurunLambat	TurunCepat

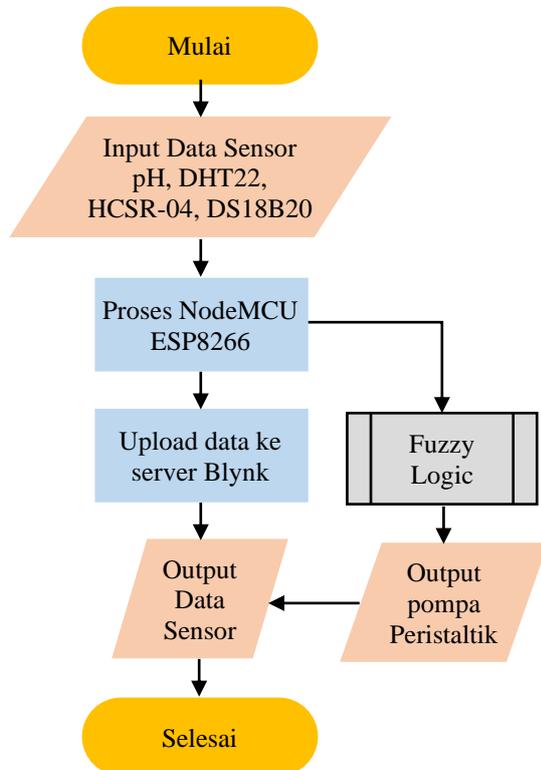
Tabel 3 menunjukkan perancangan fuzzy rule pada sistem yang dikembangkan. Nilai dari *output* merepresentasikan nilai PWM pada pompa peristaltik. Jika nilai *output* > 0, pompa pH *up* akan menyala. Jika nilai *output* < 0, pompa pH *down* akan menyala. Rancangan *output* terdiri dari 5 himpunan yaitu TurunCepat, TurunLambat, Stop, NaikLambat dan NaikCepat. Kelima himpunan tersebut memiliki anggota sebagai berikut: (1) TurunCepat = [-1023]; (2) TurunLambat = [-700]; (3) Stop = [0]; (4) NaikLambat = [700]; dan (5) NaikCepat = [1023].



Gambar 6. Desain Boks Kontrol

Gambar 6 merupakan rancangan boks untuk pengemasan perangkat. Perangkat *input* terdiri dari empat sensor yaitu modul pH meter sebagai sensor pH air, DS18B20 sebagai sensor suhu air, DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembaban udara serta HCSR-04 sebagai sensor ketinggian air. Perangkat *output* memiliki aktuatur berupa

dua buah pompa peristaltik. Kedua pompa ini memiliki *interface* agar dapat dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266. *Interface* yang digunakan berupa driver motor L298N.



Gambar 7. Diagram alir cara kerja sistem

Gambar 7 menunjukkan diagram alir dari sistem kendali yang dikembangkan. Perancangan perangkat lunak pada sistem pengendali pH Air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things* ini menggunakan *software* Arduino IDE dengan bahasa C. Program yang ditanamkan pada NodeMCU ESP8266 akan disesuaikan dengan kondisi proyek akhir yang diharapkan. Sensor pH, DHT22, HCSR-04 dan DS18B20 akan mengambil data sesuai dengan fungsinya masing-masing. Data tersebut akan diproses oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Mikrokontroler akan memproses data melalui dua bagian. Pertama, semua data yang telah diambil oleh sensor akan diunggah ke *server* Blynk. Data yang sudah terunggah akan ditampilkan pada aplikasi Blynk. Kedua, data pH yang telah ditentukan dalam aplikasi akan

menjadi acuan untuk mengaktifkan pompa peristaltik. Sistem kontrol logika *fuzzy* akan mengkalkulasi nilai pH untuk menjalankan pompa peristaltik dengan kecepatan yang sesuai.

Pembuatan perangkat keras dimulai dengan membuat desain rangkaian elektronik yang digunakan sebagai penghubung mikrokontroler ke perangkat *input* ataupun *output*. Rangkaian elektronik boks 1 terdiri dari komponen mikrokontroler, *power supply*, DHT22, driver motor, lampu indikator, sakelar serta *port* penghubung antar boks. Rangkaian elektronik boks 2 terdiri dari komponen HCSR-04, pH sensor, sensor suhu air, dua buah pompa peristaltik dan *port* penghubung antar boks. Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan realisasi boks yang digunakan untuk pengemasan perangkat. Semua piranti yang terdapat pada alat ini tersusun dalam 2 boks yang masing masing berukuran 18,5 x 11,5 x 6,5 cm. Kedua boks ini dihubungkan dengan sebuah konektor berjumlah 10 pin.

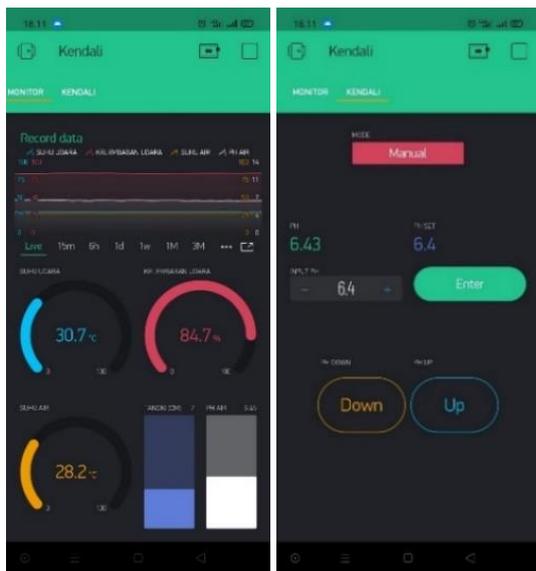


Gambar 8. Boks 1



Gambar 9. Boks 2

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan membuat program pada Arduino IDE yang kemudian ditanamkan pada NodeMCU ESP8266. Pembuatan tampilan pada Blynk juga dilakukan sebagai sarana berkomunikasi antara pengguna dan alat. Gambar 10 menunjukkan layout Blynk.

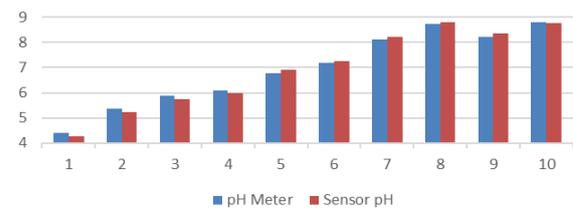


Gambar 10. Layout Blynk

Gambar 10 menunjukkan layout Blynk. Bagian kiri merupakan tampilan pada tab monitor. Di dalamnya terdapat grafik yang menunjukkan perubahan parameter ukur setiap detik selama 3 bulan. Parameter ukur juga ditampilkan pada grafik terpisah secara *real time* agar memudahkan pembacaan data. Bagian kanan merupakan tampilan pada tab kendali. Di bagian atas terdapat tombol untuk mengubah settingan mode manual atau otomatis. Pada mode manual, tombol *up* dan *down* dapat digunakan untuk menaikkan pH secara manual, sedangkan pada mode otomatis alat akan menyesuaikan pH sesuai dengan nilai pH yang di *input* kan pada kolom input. Setelah pengguna menekan tombol *enter* angka yang di *input* kan akan masuk ke kolom pH set. Angka pH set menjadi acuan alat dalam mengatur pH.

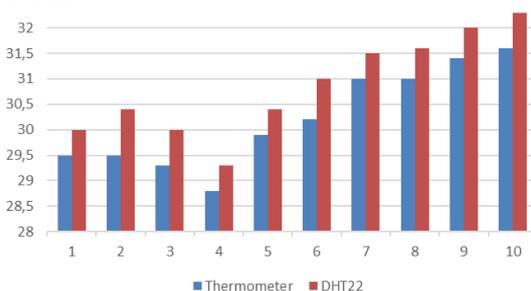
Setelah realisasi perancangan selesai dibangun, selanjutnya dilakukan langkah pengujian. Pengujian pertama adalah pengujian sensor pH. Gambar 11 menunjukkan hasil

pembacaan sensor pH. Selisih pembacaan sensor pH dengan pH meter antara 0,03 – 0,14. Selisih data pembacaan sensor menunjukkan bahwa akurasi sensor pH masih dalam batas *datasheet* yaitu $\pm 0,1$ dengan rata-rata *error* 1,62%. Ketelitian sensor dalam membaca pH sebesar 98,38%.

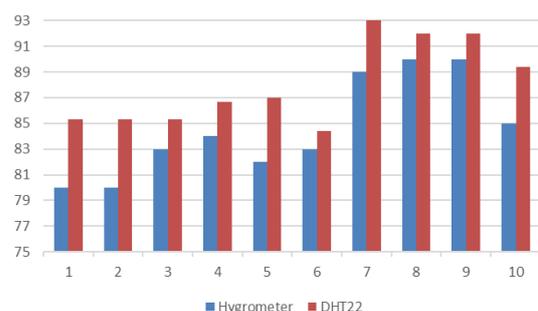


Gambar 11. Grafik Pembacaan Sensor pH

Selisih pembacaan sensor DHT22 dengan thermometer dan hygrometer adalah 0,5 – 0,9°C untuk pembacaan suhu dan 2 – 5,3% untuk pembacaan kelembaban. Akurasi pembacaan suhu sedikit menurun dibandingkan dengan *datasheet* dimana akurasi bernilai $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Akurasi pembacaan kelembaban juga sedikit menurun di mana menurut *datasheet* bernilai $\pm 2\%$. Ketelitian sensor DHT22 sebesar 97,91% untuk pembacaan suhu dan 95,89% untuk pembacaan kelembaban. Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan pembacaan pengukuran suhu dan kelembaban sensor DHT22.

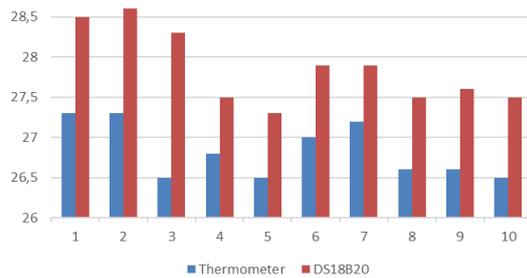


Gambar 12. Grafik Pembacaan Suhu DHT22

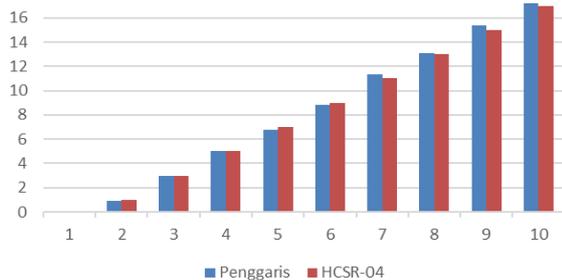


Gambar 13. Grafik Pembacaan Kelembaban DHT22

Selisih pembacaan sensor DS18B20 dengan thermometer bernilai 0,7 – 1,8 °C. Perbedaan pembacaan ini menunjukkan bahwa akurasi pembacaan sensor DS18B20 lebih rendah dibandingkan *datasheet* dengan nilai ± 0,5 °C. Keaslian serta riwayat perawatan sensor menjadikan faktor utama penyebab turunnya nilai akurasi sensor mengingat banyaknya barang tiruan yang beredar di pasaran. Gambar 14 menunjukkan pembacaan sensor DS18B20.

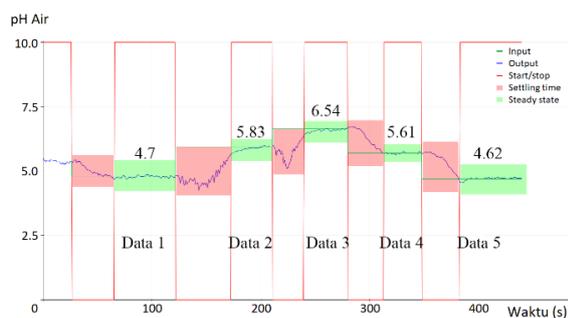


Gambar 14. Grafik Pembacaan Sensor DS18B20



Gambar 15. Grafik Pembacaan Sensor HCSR-04

Gambar 15 menunjukkan pembacaan sensor HCSR-04. Selisih pembacaan sensor HCSR-04 dengan penggaris sebesar 0 – 0,4 cm dengan nilai *error* 2,35%. Dengan ketelitian sensor HCSR-04 sebesar 97,65%, menjadikan pembacaan tinggi air sudah cukup merepresentasikan nilai sebenarnya. Gambar 16 menunjukkan pengujian kendali pH.



Gambar 16. Grafik Pengujian Kendali pH

Data hasil uji kontrol pH pada Gambar 16 menunjukkan hasil rata-rata waktu yang diperlukan untuk menyesuaikan pH selama 64s. Terdapat *error* atau selisih pH dengan *input* sebesar 2,05%. Grafik dengan tanda merah merupakan proses penstabilan (*Settling time*) sedangkan tanda hijau merupakan nilai hasil proses penstabilan pH (*Steady state*). Saat proses menurunkan pH berlangsung pada data 1, data 4 dan data 5 grafik penurunan nilai pH berbentuk *critically damped*. Bentuk grafik seperti ini sangat bagus untuk sebuah sistem kendali. Saat proses menaikkan nilai pH pada data 2 dan data 3 terdapat *overshoot* pada grafik. *Overshoot* yang terdapat pada grafik di atas masih dalam batas normal karena sistem kendali berhasil menyesuaikan kondisi seperti yang di-*input*-kan.

Secara umum, semua hasil pengujian menunjukkan fungsi dan kinerja yang sesuai. Sistem yang dikembangkan dapat menstabilkan pH secara otomatis ataupun manual. Pengguna dapat memilih metode pengendalian pada tab kendali. Selain dapat menampilkan hasil pembacaan sensor, alat ini juga dapat menyimpan data tersebut dengan fitur *Record Data*. Fitur *Record Data* yang terdapat dalam aplikasi Blynk dapat merekam data selama 3 bulan. Data ini dapat di-*export* dalam format .CSV ke *email* yang terdaftar pada akun Blynk.

Sistem yang dikembangkan ini diharapkan dapat diimplementasikan pada kegiatan berkebun dengan metode hidroponik. Variabel-variabel media tanam nilai dapat diatur secara fleksibel sesuai dengan karakteristik tanaman yang di tanam. Diharapkan melalui sistem ini, maka masyarakat awam dapat segera berkebun tanpa mencemaskan kepemilikan lahan yang luas, kerumitan perawatan dan memperoleh tanaman pangan untuk konsumsi keluarga. Dengan demikian kemandirian pangan dapat dimulai dari level rumah tangga.

Penelitian ke depan, diharapkan mampu mengetahui karakteristik penggunaan sistem ini terhadap berbagai jenis sayuran. Penambahan kamera untuk melihat kondisi tanaman dapat diimplementasikan untuk pengembangan selanjutnya. Hal tersebut seperti yang telah

diimplementasikan untuk memantau pertumbuhan tanaman [28]. Untuk penyempurnaan sistem, penambahan komponen input untuk memantau intensitas cahaya, kadar nutrisi dan sirkulasi udara dapat ditambahkan. Penyempurnaan lain terkait desain kemasan yang lebih ringkas dan penggantian sensor DS18B20 dan sensor pH yang lebih teliti dan stabil. Pengembangan sistem selanjutnya perlu ditinjau kembali untuk jangkauan yang lebih luas dengan menerapkan sistem cerdas pada pertanian (*smart farming*). Terdapat beberapa variabel yang perlu dikaji pada penerapan *Smart Farming 4.0* yang tidak sekedar menerapkan teknologi, tapi mengenai karakteristik data pertanian yang diukur. Berbagai permasalahan di sektor pertanian perlu dikaji agar dapat diperoleh solusi melalui *Smart Farming 4.0*. Pertanian cerdas berbasis teknologi merupakan masa depan pertanian Indonesia [29].

SIMPULAN

Pemanfaatan lahan sempit untuk bercocok tanam dapat dilakukan dengan hidroponik. Pemantauan berkelanjutan dan tindakan korektif diperlukan pada penerapan metode hidroponik agar tanaman tumbuh dengan baik. Melalui sistem otomatisasi pengendalian komponen-komponen yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik dapat menekan adanya unsur *human error*, bahkan menunjukkan performa yang stabil dan akurat. Perancangan sistem pengendali pH Air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things* yang menggabungkan *hardware control*, *software*, dan Blynk server. Terdapat 3 proses utama pada alat ini yaitu *input*, proses dan *output*. Sensor DHT22, DS18B20, pH meter dan HCSR-04 digunakan pada proses *input*. Logika *fuzzy* ditanamkan pada NodeMCU ESP8266 sebagai kontrol pada pemrosesan. Pompa peristaltik digunakan sebagai *output*.

Pengujian alat dilakukan dengan cara pengujian teknis yang meliputi pengujian *hardware* dan *software*. Hasil pengujian *hardware* menunjukkan bahwa semua sensor dan

aktuator dapat berfungsi dengan normal namun terdapat penurunan akurasi pada sensor DS18B20. Sistem kendali *fuzzy* yang ditanamkan dapat berjalan dengan baik walaupun terdapat *overshoot* saat menaikkan kadar pH. Hasil pengujian *software* menunjukkan bahwa semua fitur yang terdapat pada aplikasi Blynk dapat berfungsi normal. Kecepatan alat dalam merespons perintah dipengaruhi oleh kecepatan koneksi internet. Beberapa saran perbaikan untuk penyempurnaan perangkat, yaitu: (1) penambahan komponen parameter pengendalian pada metode hidroponik; (2) perbaikan rancangan kemasan perangkat agar lebih ringkas dan mudah untuk diaplikasikan; dan (3) penggantian sensor yang lebih teliti dan stabil untuk meningkatkan akurasi. Penerapan sistem pengendali pada artikel ini diharapkan membantu masyarakat awam untuk segera berkecukupan tanpa mencemaskan kepemilikan lahan yang luas, kerumitan perawatan dan memperoleh tanaman pangan untuk konsumsi keluarga. Dengan demikian kemandirian pangan dapat dimulai dari level rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Petetin, "The COVID-19 Crisis: An Opportunity to Integrate Food Democracy into Post-Pandemic Food Systems," *Eur. J. Risk Regul.*, vol. 11, no. 2, pp. 326–336, Jun. 2020.
- [2] R. Siche, "What is the impact of COVID-19 disease on agriculture?," *Sci. Agropecu.*, vol. 11, no. 1, pp. 3–6, Mar. 2020.
- [3] A. Sofo and A. Sofo, "Converting Home Spaces into Food Gardens at the Time of Covid-19 Quarantine: all the Benefits of Plants in this Difficult and Unprecedented Period," *Hum. Ecol.*, vol. 48, no. 2, pp. 141–141, Apr. 2020.
- [4] Sekretaris Negara RI, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Kebijakan Percepatan Penganekaragaman Konsumsi Pangan Berbasis Sumber Daya Lokal*. Indonesia, 2009.
- [5] C. E. Ayuningtyas, S. E. D. Jatmika, and R. Yulianti, "Peningkatan Gizi Keluarga melalui Kebun Sayur," *J. Pengabd. Pada Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 221–226, 2020.
- [6] P. E. P. Ariati, "Produksi beberapa tanaman sayuran dengan sistem vertikultur di lahan pekarangan," *Agrimeta*, vol. 13, pp. 76–86, 2017.

- [7] K. P. RI, "Data lima tahun terakhir," *Kementerian Pertanian Republik Indonesia*, 2020. [Online]. Available: <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>.
- [8] A. Mehboob, W. Ali, T. Rafaqat, and A. Talib, "Automation and Control System of EC and pH for Indoor Hydroponics System," in *4th International Electrical Engineering Conference*, 2019.
- [9] M. F. Saaid, N. A. M. Yahya, M. Z. H. Noor, and M. S. A. M. Ali, "A development of an automatic microcontroller system for Deep Water Culture (DWC)," in *2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, 2013, pp. 328–332.
- [10] B. F. T. Qurrohman, *Bertaman selada hidroponik konsep dan aplikasi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung, 2019.
- [11] S. Adhau, R. Surwase, and K. H. Kowdiki, "Design of fully automated low cost hydroponic system using LabVIEW and AVR microcontroller," in *2017 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*, 2017, pp. 1–4.
- [12] G. Steven, "Chemical contents of hydroponic plants," *Int. J. Chem. Mater. Sci.*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [13] Ibadarohman, N. S. Salahuddin, and A. Kowanda, "Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik berbasis Android," in *Konferensi Nasional Sistem Informasi*, 2018, pp. 177–182.
- [14] S. Dai, Z. Yan, D. Liu, L. Zhang, Y. Wei, and Y. Zheng, "Evaluation on Chinese Bread Wheat Landraces for Low pH and Aluminum Tolerance Using Hydroponic Screening," *Agric. Sci. China*, vol. 8, no. 3, pp. 285–292, Mar. 2009.
- [15] V. C. Spinu, R. W. Langhans, and L. D. Albright, "Electrochemical pH control in hydroponic systems," *Acta Hortic.*, no. 456, pp. 275–282, Mar. 1998.
- [16] R. Nalwade and T. Mote, "Hydroponics farming," in *2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI)*, 2017, pp. 645–650.
- [17] N. T. cahyo Sulistiyo, "Alat pengendali derajat pH pada sistem hidroponik tanaman pakcoy berbasis arduino uno," *MULTITEK Indones.*, vol. 13, no. 1, p. 46, Aug. 2019.
- [18] D. Pancawati and A. Yulianto, "Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, Jul. 2016.
- [19] P. Sihombing, N. A. Karina, J. T. Tarigan, and M. I. Syarif, "Automated hydroponics nutrition plants systems using arduino uno microcontroller based on android," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 978, p. 012014.
- [20] W. Atmadja, S. Liawatimena, J. Lukas, E. P. L. Nata, and I. Alexander, "Hydroponic system design with real time OS based on ARM Cortex-M microcontroller," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 109, p. 012017.
- [21] A. L. J. Rico, "Automated pH Monitoring and Controlling System for Hydroponics under Greenhouse Condition," *J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 15, no. 2, pp. 523–528, 2020.
- [22] K. Kularbphettong, U. Ampant, and N. Kongroj, "An Automated Hydroponics System Based on Mobile Application," *Int. J. Inf. Educ. Technol.*, vol. 9, no. 8, pp. 548–552, 2019.
- [23] M. Fakhruzzaini and H. Aprilianto, "Sistem Otomatisasi Pengontrolan Volume Dan PH Air Pada Hidroponik," *Jutisi J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 1311–1334, 2017.
- [24] L. Magdalena, "Fuzzy Rule-Based Systems," in *Springer Handbook of Computational Intelligence*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, pp. 203–218.
- [25] J. Ragot and M. Lamote, "Fuzzy logic control," *Int. J. Syst. Sci.*, vol. 24, no. 10, pp. 1825–1848, Oct. 1993.
- [26] O. Demir, I. Keskin, and S. Cetin, "Modeling and control of a nonlinear half-vehicle suspension system: a hybrid fuzzy logic approach," *Nonlinear Dyn.*, vol. 67, no. 3, pp. 2139–2151, Feb. 2012.
- [27] Wilianto and A. Kurniawan, "Sejarah, cara kerja dan manfaat Internet of Things," *J. Matrix*, vol. 8, no. 2, pp. 36–41, 2018.
- [28] A. McCarthy, C. Hedley, and A. El-Naggar, "Machine vision for camera-based horticulture crop growth monitoring," in *7th Asian-Australasian Conference on Precision Agriculture*, 2017, pp. 1–6.
- [29] VJ, "Smart Farming 4.0: Masa Depan Pertanian Indonesia," *MSMB*, 2018. [Online]. Available: <https://msmbindonesia.com/smart-farming-4-0-masa-depan-pertanian-indonesia/>.