

Sistem Pengendali Lingkungan Greenhouse Dengan Wireless Sensor Network Untuk Mengoptimalkan Budidaya Hidroponik

Kevin Hartono, Henry Novianus Palit, Anita Nathania Purbowo
Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121 – 131 Surabaya 60236
Telp. (031) – 2983455, Fax. (031) – 8417658

kevinhartono2000@gmail.com, hnpalit@petra.ac.id, anita.nathania@petra.ac.id

ABSTRAK

Budidaya tanaman dengan hidroponik saat ini banyak digunakan karena berbagai kelebihannya. Namun tidak bisa dipungkiri bahwa tetap memiliki kekurangan karena kondisi lingkungan perlu direkayasa agar dapat menyerupai kondisi habitat asli. Masalah yang timbul dalam proses perawatan ini adalah keterbatasan manusia dalam hal konsistensi.

Pada skripsi ini akan dilakukan uji coba untuk membantu memudahkan user dalam melakukan perawatan secara konsisten dengan cara mengimplementasikan teknologi Internet of Things (IoT) pada kebun hidroponik untuk melakukan pemantauan dan pengendalian secara otomatis dan konsisten, dengan bantuan sensor-sensor yang dipasang pada reservoir untuk mendapatkan kondisi reservoir serta relay untuk mengatur aliran listrik guna pengendalian kondisi lingkungan. Serta dilakukan pengembangan aplikasi android untuk mempermudah pengguna dalam melakukan pemantauan dan pengendalian lingkungan hidroponik. Sehingga hasilnya berupa sistem monitoring yang dapat mengambil data beberapa parameter, serta pengendalian kondisi lingkungan secara otomatis dengan mengalirkan cairan pengontrol ke reservoir, dan aplikasi Android untuk mengakses data pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya.

Kata Kunci: internet of things, hidroponik, pengendalian

ABSTRACT

Hydroponic cultivation is currently widely used because its various advantages. However, it is undeniable that it still has shortcomings because environmental conditions need to be engineered to resemble the conditions of the original habitat. The problem that is in this treatment process is human limitations in terms of consistency

In this thesis, a trial will be carried out to help make it easier for users to maintain consistently by implementing Internet of Things (IoT) technology in hydroponic gardens for monitoring and control automatically and consistently, with using sensors installed in the reservoir to get reservoir conditions and relays to regulate the flow of electricity to control environmental conditions. Furthermore, android application was developed to make it easier for users to monitor and control the hydroponic environment. So, the result is a monitoring system that can take data on several parameters, as well as controlling environmental conditions automatically by flowing the controller fluid into the reservoir, and an Android application to access measurement data that has been done previously.

Keywords: internet of things, hydroponic, control system

1. PENDAHULUAN

Budidaya tanaman secara hidroponik semakin banyak digunakan. Pada intinya, hidroponik merupakan cara menanam tanaman di luar habitat aslinya, namun dengan merekayasa kondisi lingkungan, seperti media tanam yang diganti air namun diberi nutrisi. Sehingga penyesuaian kondisi lingkungan seperti kepekatan nutrisi, tingkat keasaman dan suhu air menjadi sangat penting bagi tanaman agar dapat tumbuh secara optimal. Kesalahan penyesuaian kondisi lingkungan akan berdampak buruk bagi tanaman. Masalah yang sering timbul dalam proses perawatan ini adalah keterbatasan manusia untuk melakukan *monitoring* dan pengendalian kondisi tanaman secara terus menerus. Ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam budidaya hidroponik salah satunya NFT (*Nutrient Film Technique*). Dalam NFT, tinggi air dalam talang sangat sedikit dan tidak ada air yang mengendap dalam talang. NFT dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan meminimalisir peluang tanaman membusuk [2]. Berdasarkan masalah yang ada, skripsi ini dibuat untuk mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan mengembangkan aplikasi android untuk semakin mempermudah *user*. Dengan bantuan sensor yang ditempatkan pada reservoir, data keadaan lingkungan dapat diambil dan dikirimkan ke *webserver* sebelum dapat dilihat oleh *user* melalui aplikasi android dan secara bersamaan, akan dilakukan pengendalian dengan mengaktifkan dan mematikan *relay*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Studi

Terdapat beberapa cara yang pernah diusulkan mengenai cara melakukan pengontrolan tanaman hidroponik secara otomatis sebelumnya. Dyka, Taufanapri M P. dalam tulisannya yang berjudul “Pengendalian pH dan EC Pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri”, masalah pada skripsi ini adalah bagaimana merancang sistem untuk otomatisasi tandon air pada hidroponik sistem wick. Penulis menggunakan microcontroller untuk melakukan pengendalian konsentrasi nutrisi pada tandon air. Selain itu sistem juga dapat menaikkan pH ketika pH kurang dari 5.5 namun tidak terlihat dapat menurunkan pH larutan nutrisi. Kontrol yang dilakukan penulis ketika pH larutan kurang dari 5.5, adalah dengan membuang larutan nutrisi dan mencampur nutrisi yang baru. Sistem yang dibuat hanya dapat digunakan untuk 1 jenis tanaman, tidak disediakan menu untuk dapat mengatur setpoint dari parameter yang dikendalikan. Untuk melakukan pengaturan pada sistem yang dibuat, pengguna mengaturnya dengan keypad. Peneliti tidak mengembangkan aplikasi baik desktop maupun mobile yang akan dapat memudahkan operator dalam melakukan pengendalian. Selain itu penulis juga tidak melakukan pengontrolan suhu larutan [3]. Selain itu, Aris et al. telah

menuliskan tentang bagaimana melakukan pengendalian hidroponik Nutrient film technique dengan menggunakan teknologi IoT yang bisa dilihat melalui internet pada International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Pada tulisan ini instalasi hidroponik disusun secara bertingkat, lalu pada bagian reservoir atau penampung air nutrisi, diberi sensor pH, sensor EC dan sensor suhu. Semua sensor digunakan untuk mengambil data kondisi air, data kondisi air ini nantinya akan dikirim ke database server melalui internet. Selain itu data EC dan pH akan digunakan untuk mengaktifkan actuator yang berguna untuk mengendalikan EC dan pH larutan, sedangkan sensor suhu hanya digunakan untuk pemantauan. Hasil pengukuran dapat dilihat melalui layar LCD 16x4 dan data yang telah dikirim ke database server dapat dilihat secara online. Menurut penulis, sistem yang dibuat dinyatakan berhasil dan mampu membantu petani untuk tidak berada di lokasi untuk menjaga hidroponiknya. Namun dituliskan suhu yang optimal bagi tanaman yang digunakan antara 25-28°C sedangkan suhu yang diukur mencapai lebih dari 28°C pada sekitar pukul 6 hingga 16 [1]. Pada tulisan Eoh, Moses G N. yang berjudul "Sistem kontrol dan monitoring PH air serta kepekatan nutrisi pada budidaya hidroponik jenis sayur dengan teknik Deep Flow Technique" masalah yang diambil adalah bagaimana melakukan kontrol terhadap larutan air nutrisi yang meliputi pH dan ppm larutan. Dalam tulisannya, penulis mengontrol pH air serta konsentrasi nutrisi terlarut dengan IoT berbasis website. Peneliti tidak melakukan pengendalian terhadap suhu larutan. Penulis menggunakan website untuk melakukan pengaturan sistem. Dimana setpoint dari tingkat keasaman dan kepekatan nutrisi dapat diatur [4]. Pada tulisan yang berjudul "Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique Berbasis Iot" milik Endryanto, Aldion A. dan Khomariah, Nuril E [6], masalah yang diangkat adalah cara membuat proses pengairan dan penakaran nutrisi pada hidroponik yang terotomatisasi. Penulis mengatasi masalah yang ada dengan sistem IoT untuk melakukan kontrol secara otomatis. Namun parameter yang dikontrol otomatis hanya tingkat kepekatan nutrisi, sedangkan beberapa parameter lain seperti tingkat keasaman, suhu udara, kelembaban udara, dan suhu larutan hanya dilakukan pemantauan, tidak ada sistem otomatis yang bekerja. Data hasil pengukuran dapat dilihat melalui 2 cara yaitu melalui website dan melalui panel LCD 16x2 pixel pada lokasi budidaya hidroponik. Terdapat juga penelitian sebelumnya yang melakukan pengembangan sistem untuk mengotomasi budidaya hidroponik. Cara yang digunakan untuk melakukan pembacaan sensor menggunakan protokol komunikasi MQTT dan menggunakan microcontroller Node-Red [5]

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Hidroponik

Berasal dari kata "hidro" yang berarti air dan "ponos" yang berarti daya, yang arti keseluruhannya adalah memberdayakan air. Hidroponik menggunakan air sebagai media tanam utamanya. Memiliki beberapa keunggulan di antaranya: talang dapat ditanami terus menerus, lebih efisien lahan, penggunaan pupuk dan air lebih optimal, relatif lebih tidak bergantung pada kondisi alam, iklim dan musim. Hidroponik memungkinkan manusia untuk melakukan pengendalian lingkungan agar tanaman dapat tumbuh secara optimal.

2.2.2 Larutan Nutrisi Hidroponik

Dalam bertanam secara hidroponik, telah ada nutrisi yang tersedia di pasaran dengan komposisi tertentu yang telah disesuaikan dengan kebutuhan tanaman, dengan nama dagang nutrisi A dan

nutrisi B. Dalam penggunaannya, kedua larutan nutrisi dicampurkan dengan air dengan perbandingan 1:1 dengan kepekatan tertentu. Dalam penyimpanan, nutrisi A dan nutrisi B memiliki unsur-unsur yang tidak dapat dicampur dalam keadaan pekat karena akan bereaksi dan mengendap contohnya Ca dan SO₄ yang akan mengendap menjadi CaSO₄ yang umum dikenal dengan nama dagang *Plaster* atau Gypsum.

2.2.3 Tingkat Keasaman Larutan

Tingkat keasaman larutan diukur dalam satuan pH (*potential of Hydrogen*) dengan skala 0-14. Tingkat keasaman netral adalah pH 7, di bawah 7 memiliki sifat asam sedangkan di atas 7 memiliki sifat basa. Tingkat keasaman larutan akan mempengaruhi penyerapan unsur hara oleh tanaman. Sebagian besar tanaman membutuhkan pH di rentang sekitar 5.5 hingga 7. Fluktuasi nilai pH dapat dipengaruhi beberapa hal seperti tercampurnya larutan dengan larutan lain seperti air hujan atau air baru.

2.2.4 Sayur

Sayur yang digunakan adalah pakcoy dan samhong. Kedua sayur ini mudah ditemui pada daerah beriklim tropis. Samhong memiliki batang berwarna keputihan dan daun yang melebar dan keriting, memiliki rasa yang gurih dan renyah. Masa panen sayur ini relatif singkat dan perawatannya mudah. Membutuhkan nutrisi berkisar dari 700-1400ppm. Tingkat keasaman berada pada rentang 5,5 hingga 6,5. Pakcoy memiliki daun yang halus, tidak berbentuk crop, tumbuh melebar dan memiliki warna hijau serta tebal, batangnya kokoh dan kaku. Memiliki masa panen 40 hingga 60 hari. Nutrisi yang dibutuhkan berkisar dari 1000-1400ppm. Tingkat keasaman berada pada rentang 5,5 hingga 6,5.

2.2.5 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan teknologi pemantauan dalam IoT yang memanfaatkan jaringan nirkabel. Beberapa komponen yang pada umumnya digunakan dalam WSN adalah *node* sensor yang biasanya merupakan sensor dan aktuator yang dikoordinasikan dengan *base station* dengan jaringan nirkabel karena *node* sensor memiliki keterbatasan *resource*. WSN juga dapat digunakan dengan menggunakan baterai juga energi alternatif lain karena menggunakan daya yang kecil. *Base station* memiliki peran untuk mengumpulkan data sebelum dikirim ke pc atau server.

2.2.6 Peltier

Komponen elektronik yang umumnya berbentuk kepingan persegi atau persegi Panjang yang terbuat dari keramik. Pada bagiannya tengahnya tersusun dari elemen *peltier*, yang ketika dialiri arus listrik, salah satu sisi *peltier* akan menyerap kalor dan dipindahkan ke sisi lainnya sehingga kalor yang diserap akan menjadi lebih dingin. Kemampuan pemindahan kalor dipengaruhi kapasitas arus yang dibutuhkan, semakin besar arus yang dibutuhkan semakin besar kemampuan pemindahan kalornya. Dalam penggunaannya, sisi panas *peltier* harus dihubungkan dengan *heat sink* atau *waterblock* untuk melepaskan kalor, sehingga dapat menurunkan suhunya.

2.2.7 Sensor

Perangkat elektronik yang dapat mendeteksi besaran fisik seperti jarak, tekanan, kelembaban dan suhu. Besaran fisik ini dideteksi oleh sensor dan dikonversi menjadi *signal* listrik, *signal* listrik ini akan dikonversi menjadi besaran yang dimengerti oleh manusia

baik melalui perangkat sensor itu sendiri ataupun dengan ditransmisikan oleh perangkat lain.

2.2.7.1 Sensor Suhu Cairan (DS18B20)

Sensor untuk mengukur parameter suhu. Sensor ini memiliki *probe* yang terbuat dari bahan *Stainless steel* yang *waterproof*. Karena memiliki *probe* yang *waterproof*, sensor ini dapat digunakan untuk mengukur suhu pada lingkungan yang basah. Bahkan sensor ini juga dapat mengukur suhu air. Sensor ini bekerja pada tegangan 3 hingga 5,5 Volt. Sehingga dapat dioperasikan dengan *Arduino* dan *Raspberry Pi* dan hanya membutuhkan satu *pin input* saja.

2.2.7.2 Sensor TDS

TDS adalah singkatan dari *Total Dissolve Solid*. Sensor TDS merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jumlah padatan terlarut pada air. Semakin tinggi nilai TDS semakin tinggi juga jumlah padatan terlarut. Pada umumnya sensor TDS terdiri dari dua bagian yaitu bagian *probe* dan bagian *transmitter signal*. *Probe* tersusun dari dua buah katode terpisah yang akan dialiri tegangan listrik. Saat dimasukkan ke dalam cairan, konduktivitas cairan akan menjadi tolak ukur TDS dalam cairan tersebut.

2.2.7.3 Sensor pH (SEN 0161)

Sensor *pH* merupakan sensor untuk mengukur tingkat keasaman suatu larutan. Bagian utama dari sensor ini berada pada bagian *probe* yang berupa elektroda kaca. Saat permukaan kaca ini bersentuhan dengan larutan, akan terjadi reaksi kimia yang menyebabkan ion H^+ bergerak. Ketika bersentuhan dengan larutan asam, ion H^+ akan terikat ke permukaan kaca sehingga permukaan kaca akan menjadi bermuatan positif. Semakin pekat larutan asam, ada semakin banyak juga ion H^+ pada larutan itu sehingga kaca akan semakin bermuatan positif. Begitu juga sebaliknya, ketika bersentuhan dengan larutan yang bersifat basa, maka ion H^+ akan terlepas dari permukaan kaca. Jadi sensor *pH* bekerja berdasarkan prinsip di atas. besarnya muatan tersebut yang akan dilihat untuk menentukan nilai *pH*.

2.2.8 Solenoid Valve

Solenoid valve menerapkan prinsip kerja solenoid. Solenoid adalah perangkat elektromagnetik yang tersusun dari sebuah kumparan listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi magnetik sehingga dapat menimbulkan gerakan. Gerakan yang dihasilkan solenoid biasanya berupa Gerakan mendorong atau menarik. Pada *solenoid valve*, solenoid menggerakkan katup yang dapat membuka atau menutup aliran cairan.

2.2.9 Relay

Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi seperti saklar yaitu untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik. *Relay* terdiri dari kumparan listrik yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik. Ketika kumparan ini dialiri arus listrik, maka kumparan akan menghasilkan medan magnet yang dapat menarik logam untuk menghubungkan arus listrik.

3. ANALISIS DAN DESAIN SISTEM

3.1 Analisa Sistem

3.1.1 Sistem yang digunakan saat ini

Hidroponik yang digunakan saat ini adalah dengan NFT. Selama melakukan penanaman, petani hidroponik melakukan pengecekan kondisi reservoir, dan akan disesuaikan ketika terdapat ketidaksesuaian antara kebutuhan tanaman dengan keadaannya saat

itu. Pengecekan biasa dilakukan pada pagi dan sore hari. Pada siang hari suhu air umumnya akan meningkat tinggi hingga di atas $31^{\circ}C$, langkah untuk menanggulangi itu pernah digunakan balok es batu yang dimasukkan, tapi kurang efektif karena es batu tidak dapat bertahan lama yang menyebabkan suhunya meningkat lagi.

Selain kondisi lingkungan, petani hidroponik juga perlu mencatat tanggal tanam untuk memastikan waktu panen sesuai dengan masa panen seharusnya. Karena panen pada saat umur tanaman terlalu tua menyebabkan tanaman menjadi keras kaku dan pahit, namun ketika terlalu muda, hasil yang didapat tidak maksimal.

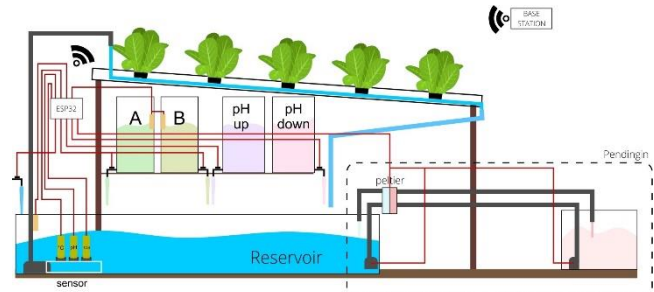
3.1.2 Sistem yang diusulkan

Berdasarkan sistem yang dipakai saat ini, dibutuhkan sistem untuk melakukan pemantauan dan pengendalian secara konsisten agar kondisi lingkungan mendekati kondisi optimal yang dibutuhkan tanaman. Serta pendingin untuk menurunkan suhu reservoir pada siang hari. Sehingga dapat memudahkan *user* namun pertumbuhan tanaman tetap optimal.

Selain perangkat untuk melakukan pemantauan dan pengendalian, juga mengembangkan aplikasi untuk *user* melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan, serta pencatatan tanggal tanam untuk menentukan tanggal panen agar dapat mempermudah penanam mengingat waktu panen.

3.2 Desain Sistem

3.2.1 Arsitektur



Gambar 1. Arsitektur sistem

Gambar 1 adalah desain dari arsitektur sistem yang akan dibuat. Sistem akan menggunakan sensor sebagai alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran parameter-parameter air pada reservoir, diantaranya tingkat keasaman, suhu air, dan kepekatan nutrisi terlarut dalam air. Semua sensor dihubungkan dengan *microcontroller* ESP32 yang dalam sistem ini berperan sebagai *sensor node*. *microcontroller* ini akan mengirimkan data hasil *microcontroller* ke *base station* sebelum akhirnya disimpan pada server dan dapat dilihat oleh *user* melalui aplikasi android. selain itu, *microcontroller* juga dihubungkan ke *relay* yang berfungsi sebagai pengatur arus untuk mengendalikan *solenoid valve* dan pendingin, untuk menyesuaikan kondisi lingkungan sehingga mendekati kondisi optimal yang dibutuhkan tanaman.

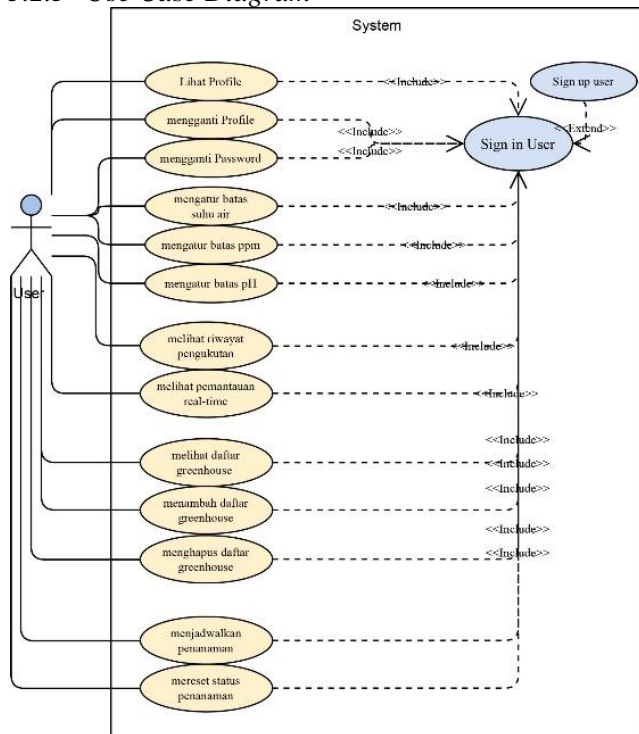
Ketika mengambil data keadaan reservoir, *microcontroller* akan membandingkan hasil pengukuran yang didapat dengan ambang batas yang ditentukan oleh *user*. Ketika kepekatan nutrisi berada di bawah ambang batas, maka solenoid pada penampung nutrisi A dan nutrisi B akan diaktifkan untuk menyalurkan nutrisi ke reservoir hingga kepekatan nutrisi menyentuh ambang batas yang telah ditentukan. Ketika tingkat keasaman reservoir terlalu asam, maka *pH up* akan dialirkan ke reservoir. Begitu juga sebaliknya, ketika reservoir terlalu basa, maka *pH down* akan dialirkan ke reservoir untuk menurunkan *pH* nya. Sedangkan cara yang dilakukan untuk

mengontrol suhu adalah dengan mengalirkan air ke *waterblock* yang terhubung dengan *peltier* untuk memindahkan kalor ke air radiator, sehingga suhu reservoir menurun.

3.2.2 Desain Rangkaian

Keseluruhan rangkaian yang digunakan melakukan untuk *monitoring* kondisi lingkungan hidroponik serta untuk melakukan pengendalian dibuat dengan menggunakan *Microcontroller* ESP32. *microcontroller* tersebut akan melakukan pembacaan kondisi lingkungan dan mengendalikan *actuator* dengan bantuan *relay* untuk memisahkan rangkaian arus listrik karena semua *actuator* yang digunakan, membutuhkan tegangan kerja lebih dari *output Microcontroller* ESP32. Dengan menggunakan *relay*, arus listrik *Microcontroller* dan *actuator* dapat dipisahkan.

3.2.3 Use Case Diagram



Gambar 2. Use case diagram

Gambar 2 merupakan *use case diagram* dari keseluruhan sistem. *User* dapat melakukan beberapa hal dalam sistem ini. *User* dapat melakukan beberapa aktivitas dalam sistem ini. *User* dapat melihat dan mengganti data dirinya serta *password*. *User* juga berperan melakukan pengaturan Batasan-batasan dari masing-masing parameter. Dalam sistem ini, *user* juga dapat melihat hasil pengukuran baik hasil pengukuran *real-time* serta riwayat pengukuran, melihat dan mengatur daftar *greenhouse* yang dapat dikendalikan dan dipantau, serta melakukan *setting* terhadap status penanaman dari masing-masing *greenhouse* yang dapat dikendalikan. Semua fitur yang ada hanya dapat dilakukan oleh *user* yang sudah terdaftar dalam sistem dan melakukan log in pada aplikasi.

4. IMPLEMENTASI SISTEM

4.1 Implementasi Sistem Monitoring

Implementasi sistem *monitoring* dibuat dengan menggunakan ESP32. ESP32 sebagai *microcontroller* disambungkan dengan sensor TDS, sensor pH, sensor suhu dan sensor ketinggian air untuk melakukan pengukuran dan pembacaan kondisi reservoir. Hasil pengukuran akan dikirim ke server sebelum akhirnya dapat dilihat oleh *user* secara langsung atau riwayat pengukurannya

4.2 Implementasi Sistem Pengendalian

Implementasi sistem pengendalian dilakukan dengan menghubungkan ESP32 dengan modul *relay*. Modul *relay* juga dihubungkan dengan stopkontak untuk mengendalikan solenoid *valve* serta pompa dan *peltier* untuk sistem pendingin. Modul *relay* mengambil peran utama dalam sistem pengendalian ini, karena *relay* ini berfungsi sebagai pemisah arus listrik, karena *aktuator* yang digunakan dalam sistem ini membutuhkan sumber tegangan lebih besar dari tegangan ESP32.

4.3 Implementasi Aplikasi Android

Implementasi Aplikasi android dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *Kotlin*. Aplikasi android ini yang akan langsung berhubungan dengan *user*. Aplikasi android digunakan *user* untuk melihat hasil pemantauan, memberikan pengingat, serta untuk melakukan pengaturan terhadap ambang batas dari masing-masing parameter.

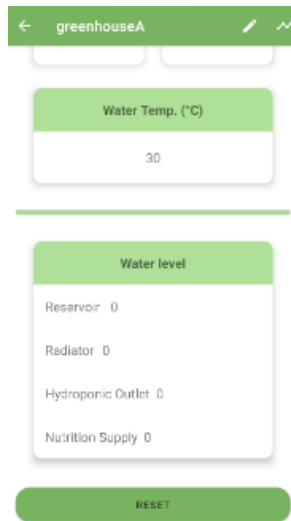
5. PENGUJIAN SISTEM

5.1 Pengujian Aplikasi

5.1.1 Monitoring



Gambar 3. Halaman monitoring (1)



Gambar 4. Halaman monitoring (2)

Ketika *user* telah melakukan *login* pada aplikasi, *user* dapat melihat hasil pemantauan kondisi tanaman. Halaman pemantauan aplikasi melalui aplikasi android dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

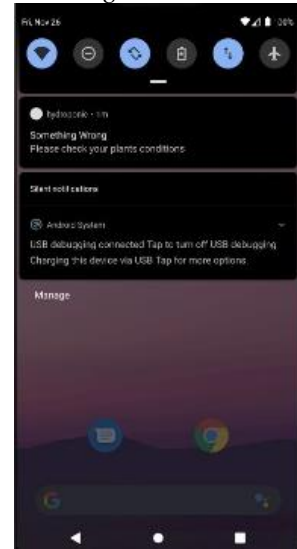
5.1.2 Pengaturan Ambang Batas



Gambar 5. Pengaturan Ambang Batas

Selain dapat melihat hasil *monitoring*, *user* juga dapat melakukan pengaturan terhadap ambang batas dari masing-masing parameter. Halaman untuk mengatur ambang batas dapat dilihat pada Gambar 5.

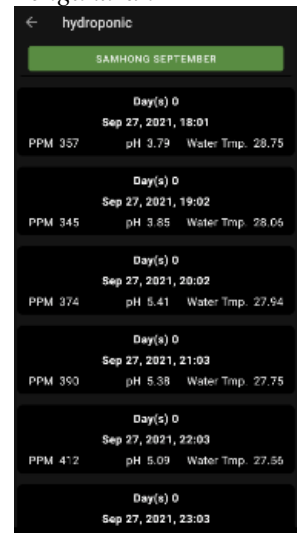
5.1.3 Notifikasi Peringatan



Gambar 6. Notifikasi peringatan

Ketika terdapat parameter yang tidak sesuai, dalam artian tidak berada dalam rentang ambang batas yang telah ditentukan *user* sebelumnya, maka akan diberikan notifikasi pemberitahuan untuk *user*. Ketika notifikasi ini dibuka, *user* akan langsung di arahkan ke halaman *monitoring* yang tidak sesuai tersebut dengan menggunakan pending *intent*. Notifikasi peringatan dapat dilihat pada Gambar 6

5.1.4 History Pengukuran



Gambar 7. Halaman History

Gambar 7 merupakan halaman untuk melihat *history* pengukuran tanaman. Halaman ini dapat diakses melalui halaman *monitoring*. *History* pengukuran ini dapat digunakan *user* untuk melakukan evaluasi dari proses menanam yang pernah dilakukan.

5.2 Pengujian Moinitoring

5.2.1 Monitoring

Tabel 1. Pengukuran TDS

ANALOG	TDS METER (ppm)	ARDUINO (ppm)	Error TDS Meter- Sensor	Error	% Error
725	227	227	0	0	0.0%
895	292	293	-1	1	0.3%
1050	364	362	2	2	0.5%
1340	485	488	-3	3	0.6%
1530	610	619	-9	9	1.5%
1580	676	661	15	15	2.2%
1765	855	833	22	22	2.6%
1930	998	994	4	4	0.4%
2000	1070	1063	7	7	0.7%
2130	1210	1194	16	16	1.3%
2180	1220	1247	-27	27	2.2%
2280	1370	1359	11	11	0.8%
2360	1450	1454	-4	4	0.3%
2380	1480	1479	1	1	0.1%
AVERAGE					1.0%
MAX					2.6%
MIN					0.0%

Tabel 2. Pengukuran pH

ANALOG	PH METER (pH)	ARDUINO (pH)	Error pH Meter- Sensor	Error	% Error
3750	4.01	4.02	-0.01	0.01	0.2%
3300	5.6	5.69	-0.09	0.09	1.6%
2960	6.86	6.89	-0.03	0.03	0.4%
2730	7.7	7.68	0.02	0.02	0.3%
AVERAGE					0.6%
MAX					1.6%
MIN					0.2%

Tabel 3. Pengukuran Suhu

TERMOMETER (°C)	ANDROID (°C)	Error Termometer - Sensor	Error	% Error
23.3	23.26	0.05	0.05	0.2%
23.4	23.23	0.17	0.17	0.7%
28.6	28.53	0.07	0.07	0.2%
30.4	30.22	0.18	0.18	0.6%
36.4	36.30	0.1	0.1	0.3%
AVERAGE				0.4%
MAX				0.7%
MIN				0.2%

Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 merupakan hasil pengujian dari 3 parameter yang diukur. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari hasil pengukuran masing-masing sensor. Pengukuran nilai PPM dibandingkan dengan TDS Meter, pengukuran pH dibandingkan dengan hasil pengukuran dari pH Meter, dan pengukuran suhu air dibandingkan dengan *termoter*. Dari percobaan diatas, didapatkan *error* sensor TDS adalah 1%, sensor pH mendapatkan *error* 0.6%, dan sensor suhu menghasilkan *error* 0.4%.

5.3 Pengujian Hasil Tanam

Pengujian hasil tanam dilakukan pada 2 jenis tanaman berbeda, yaitu sayur *pakcoy* dan sayur *samhong*. Hasil tanam sayur *pakcoy* dapat dilihat pada Gambar 8, sebelah kiri merupakan hasil tanam dengan menggunakan sistem yang biasa digunakan sebelumnya, sedangkan gambar kanan ditanam dengan menggunakan sistem otomatis. Sedangkan untuk sayur *samhong* dapat dilihat pada Gambar 9, di mana sayur sebelah kiri ditanam dengan menggunakan sistem yang biasa digunakan sebelumnya, dan sistem kanan menggunakan sistem yang diusulkan.



Gambar 8. Sayur Pakcoy



Gambar 9. Sayur Samhong

5.4 Pembahasan

Pada hasil pengukuran beberapa parameter terdapat *error* yang menyebabkan hasil pengukuran tidak bisa mendapatkan hasil yang benar-benar akurat. Seperti sensor TDS memiliki *error* terbesar 2.6%, sensor pH 1.6%, dan sensor suhu 0.7%. Selisih pengukuran ini dapat disebabkan karena adanya *noise* pada *output* tegangan sensor. Tegangan akan diterima *microcontroller* dalam bentuk nilai analog. Dalam sistem ini, digunakan ESP32, yang memiliki analog 12bit, dengan *range* tegangan antara 0 hingga 3.3 Volt. Nilai analog yang lebih besar dibandingkan dengan Android ini memiliki keunggulan pada sisi akurasi yang lebih tinggi. Namun risikonya adalah data yang semakin fluktuatif. Karena sedikit *noise* saja dari *output* sensor akan menyebabkan perubahan nilai analog yang signifikan, hal ini menyebabkan adanya *error* pada hasil pengukuran.

Pengendalian suhu air dalam sistem ini memanfaatkan *peltier* yang dapat memindahkan kalor dari sisi satu ke sisi lainnya. Dalam penggunaannya harus dikombinasikan dengan penghantar panas yang baik terutama pada sisi yang menghasilkan panas yang dihubungkan dengan *thermal paste* agar tidak merusak *peltier*. Media penghantar panas yang digunakan dapat berupa *heatsink* dan *waterblock*, dengan nilai konduktivitas semakin tinggi, akan semakin baik. Dalam skripsi ini, pendinginan air reservoir, banyak faktor eksternal yang mempengaruhi proses pelepasan kalor pada air reservoir, diantaranya suhu udara dan suhu air pada radiator. Semakin tinggi suhu air radiator, semakin lambat pelepasan kalor air radiator. Hasil panen dari budidaya hidroponik mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan yang biasa dilakukan.

Tinggi tanaman dan jumlah daun juga relatif lebih tinggi. Dilihat dari massa hasil panen, hasil panen rata-rata mengalami peningkatan 5%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aris, R. S. N. A., Fikri, K. I., Safiyah, L., Hanan, F. and Suzanna, "Front-End Development of Nutrient Film Technique for," *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2020.
- [2] Chowdhury, M., Khandakar, A., "Design, Construction and Testing of IoT Based Automated Indoor Vertical Hydroponics Farming Test-Bed in Qatar," *Sensors*, vol. 20, no. 19, p. 5637, Oct. 2020.
- [3] Dyka, T. M. P., "Pengendalian pH dan EC Pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri," Stikom, Surabaya, 2018.
- [4] Eoh, M. G. N., "Sistem kontrol dan monitoring PH air serta kepekatan nutrisi pada budidaya hidroponik jenis sayur dengan teknik Deep Flow Technique," Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2019.
- [5] Lakshmanan, R., Djama, M., Selvaperumal, S. K., and Abdulla, R., "Automated smart hydroponics system using internet of things", *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol 10, no 6, bll 6389–6398, Des 2020.
- [6] Nugroho, A. P., "Wireless Sensor Network untuk Mendukung Penerapan Sistem Pertanian Presisi pada Sistem Produksi Pertanian," 16 October 2018. [Online]. Available: <http://smart-farming.tp.ugm.ac.id/2018/10/16/wireless-sensor-network-untuk-mendukung-penerapan-sistem-pertanian-presisi-pada-sistem-produksi-pertanian/>.