

Pemantauan dan Pengendalian Parameter Akuaponik Menggunakan *Representational State Transfer Application Programming Interface*

(*Aquaponic Parameter Monitor and Control Using Representational State Transfer Application Programming Interface*)

Helmy¹, Athadhia Febyana², Agung Al Rasyid³, Arif Nursyahid³, Thomas Agung Setyawan³, Ari Sriyanto Nugroho³

Abstract—Aquaponics is a combination of aquaculture and hydroponics. One of the hydroponic systems is a drip system. Parameters that need to be considered in aquaponic culture include the acidity of nutrient solution (pH), water temperature, and nutrient solution showed by Total Dissolved Solids (TDS). Plant nutrition is obtained from fish manure which contains nitrogen. Therefore, monitoring pH, TDS, and temperature in realtime and controlling soil moisture in aquaponic plants are needed so the plants do not lack nutrients. Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API) is used to receive threshold values by farmers through the website and also sends soil moisture values and aquaponics parameters of pH, temperature, and TDS to server. Delay test of the monitoring and controlling system is needed to determine the device's reliability of transmission data. Notification by email is sent to farmer if the soil moisture value is less than the threshold. The result shows that the system can send notification by email to farmer when the soil moisture value was less than the threshold, the average delay of the node-gateway monitor is 6.01 s, while the average delay of gateway-server monitor 10.02 s, and the average delay of server-gateway control is 92.55 s.

Intisari—Akuaponik merupakan penggabungan antara akuakultur dengan hidroponik. Salah satu sistem hidroponik yaitu sistem *drip* (tetes). Parameter yang perlu diperhatikan dalam budidaya akuaponik antara lain keasaman larutan nutrisi yaitu pH, suhu air, dan larutan nutrisi yang ditunjukkan oleh kepekatan zat padat terlarut dalam air (*Total Dissolved Solids*, TDS). Nutrisi tanaman diperoleh dari kotoran ikan yang mengandung nitrogen. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan pH, TDS, dan suhu secara *realtime* dan pengendalian kelembapan tanah pada tanaman akuaponik agar tanaman tidak kekurangan nutrisi. Proses pengendalian menggunakan *Representational State Transfer Application Programming Interface* (REST API) dalam menerima nilai batas ambang yang ditentukan petani akuaponik melalui situs web dan mengirimkan nilai kelembapan tanah dan parameter kolam ikan berupa pH, suhu dan TDS ke server. Pengujian *dataloss* dan *delay* pada sistem pemantauan dan pengendalian ini diperlukan untuk mengetahui keandalan alat dalam pengiriman dan penerimaan data. Selain itu, diperlukan notifikasi berupa *e-mail* kepada petani apabila nilai kelembapan tanah kurang dari batas ambang. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat mengirimkan notifikasi berupa *e-mail* kepada petani apabila nilai kelembapan tanah kurang dari batas ambang, rerata

delay pemantauan *node-gateway* sebesar 6,01 detik, sedangkan rerata *delay* pemantauan *gateway-server* sebesar 10,02 detik, dan rerata *delay* pengendalian *server-gateway* sebesar 92,55 detik.

Kata Kunci— REST API, Akuaponik, pH, TDS, *Soil Moisture*.

I. PENDAHULUAN

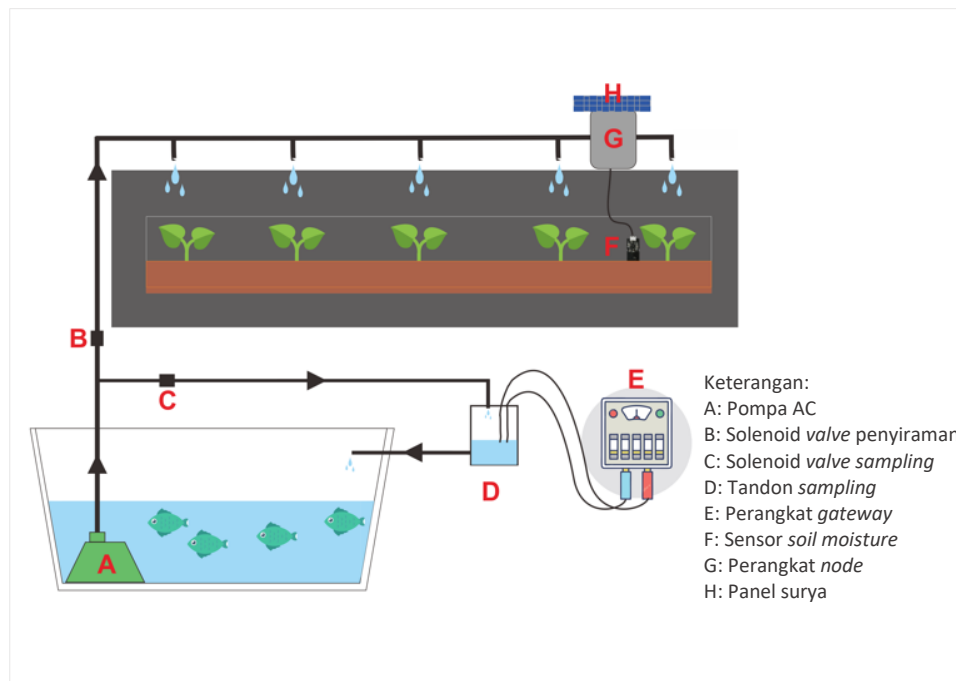
Kebutuhan pangan di Indonesia terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Berdasarkan Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk tahun 2019 adalah sebesar 266.911.900 jiwa dan menjadi tantangan bagi masyarakat untuk dapat memenuhi pangan [1].

Akuaponik sebagai salah satu metode *urban farming* mampu menjadi solusi akan peningkatan kebutuhan pangan dengan keterbatasan lahan di perkotaan. Akuaponik merupakan penggabungan antara sistem budidaya akuakultur dengan hidroponik [2]. Banyak penelitian yang sudah dikembangkan untuk memudahkan petani hidroponik dalam pemantauan dan pengendalian parameternya [3], [4]. Salah satu sistem dari hidroponik adalah sistem *drip*/irigasi tetes. Terdapat dua model sistem *drip*, yaitu *recovery* dan *non-recovery* [5]. Kedua model tersebut memiliki parameter yang perlu diperhatikan. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam budidaya akuaponik antara lain keasaman larutan (pH), suhu air dan larutan nutrisi (*Total Dissolved Solids*, TDS), serta kelembapan tanah tanaman akuaponik. Nutrisi tanaman diperoleh dari kotoran ikan yang mengandung nitrogen.

Budidaya akuaponik memerlukan keseimbangan antara ekosistem kolam dan nutrisi tanaman. Air sebagai media pemeliharaan harus selalu diperhatikan kualitasnya. Menurunnya kualitas air dapat mengganggu perkembangan tubuh ikan dan menyebabkan terjadinya kegagalan budidaya ikan serta berkurangnya nutrisi tanaman akuaponik. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pemantauan pH, TDS, dan suhu secara *realtime*, agar ikan koi dapat hidup dengan sehat, dan pengendalian kelembapan tanah pada tanaman akuaponik agar tidak kekurangan nutrisi.

Beberapa penelitian mengenai sistem akuaponik telah dilakukan. Salah satunya adalah penelitian yang memantau suhu dan kelembapan tanah serta mengendalikan pompa dan kipas untuk mengondisikan akuaponik dalam skala lab [6]. Pemantauan dan pengendalian menggunakan antarmuka Android. Penelitian lain merancang pemantauan akuaponik meliputi pH, kelembapan tanah, amonia, dan suhu akuarium serta mengendalikan level cahaya dan irigasi akuarium melalui

^{1,2,3} Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang 50275 (telp: 024 7473417, 7499585; fax: 024 7472396; e-mail: ¹helmy@polines.ac.id, ²athadhial12@gmail.com)



Gbr. 1 Arsitektur sistem pemantauan dan pengendalian akuaponik.

situs web dan aplikasi Android/iOS [7]. Telah dibuat juga prototipe pemantauan pH dan suhu akuarium beserta pengendalian cahaya, pemanas, dan pompa air dengan memanfaatkan *cloud storage* selama 28 hari [8]. Antarmuka sistem menggunakan situs web dan aplikasi Android. Tipe hidroponik rakit apung digunakan untuk menumbuhkan tanaman selada romaine. Penelitian lain menggunakan sistem akuaponik sirkulasi untuk pemantauan dan pengendalian. Parameter yang dipantau meliputi suhu ruangan, kelembapan, suhu akuarium, dan pH, sedangkan parameter yang dikendalikan yaitu aktuator berupa pompa yang menyala selama 15 menit setiap 3-4 jam sekali [9]. Selanjutnya, sebuah penelitian membuat prototipe untuk pemantauan suhu, pH, dan mengendalikan ekosistem akuaponik agar stabil menggunakan metode *websocket* [10].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, diketahui belum ada penelitian yang membuat pemantauan parameter akuaponik secara *realtime* menggunakan REST API agar petani dapat memantau, mengendalikan nilai parameter ke batas normal saat terjadi fluktuasi parameter, dan mengendalikan kelembapan tanah sehingga petani dapat terhindar dari gagal panen ikan dan tanaman. Makalah ini tersusun dari empat bagian. Bagian I adalah pendahuluan, sedangkan bagian II membahas tentang desain. Hasil dan pembahasan dijelaskan pada bagian III dan yang terakhir, bagian IV, berisi kesimpulan.

II. DESAIN

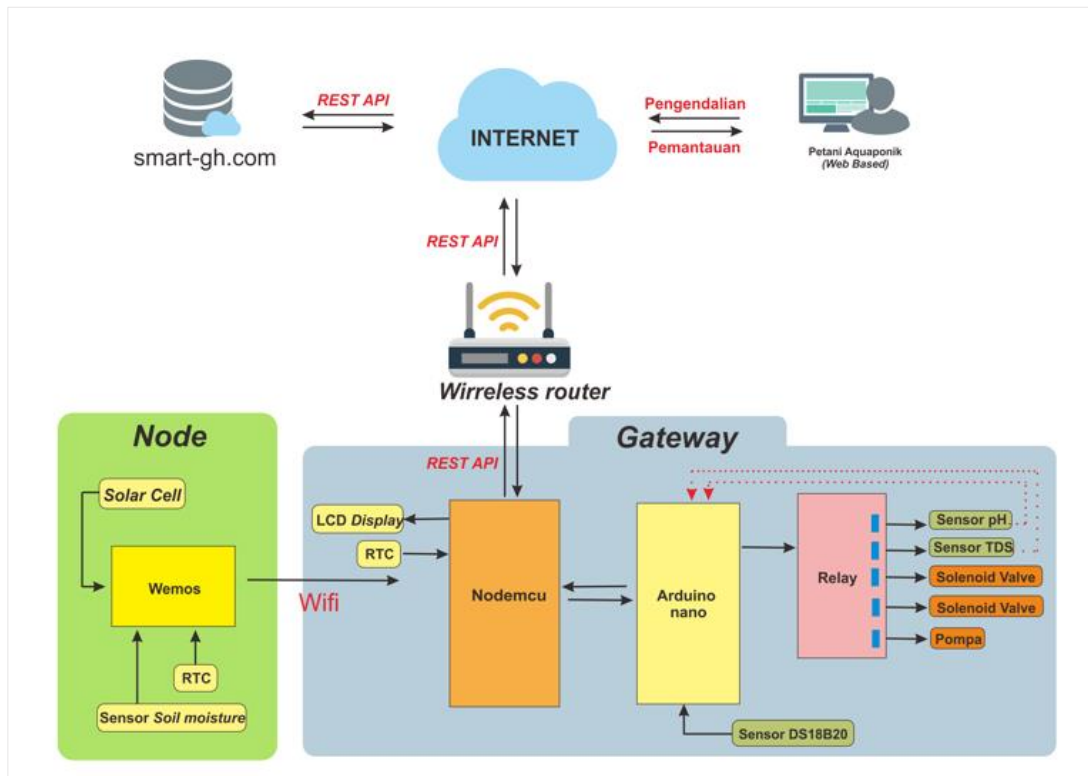
A. Desain Sistem

Sistem ini didesain untuk pemantauan dan pengendalian parameter akuaponik, dengan arsitektur sistem ditunjukkan pada Gbr. 1. Parameter yang dipantau pada kolam ikan koi

yaitu pH, TDS, dan suhu air kolam ikan. Sedangkan parameter yang dipantau pada tanaman akuaponik yaitu kelembapan tanah. Sistem pengendalian dilakukan untuk mengendalikan kelembapan tanah pada *vertical garden* supaya kelembapan tanah dan nutrisi tanaman terjaga.

Pada sistem pemantauan perangkat *node* terdapat komponen WEMOS yang digunakan untuk membaca nilai kelembapan tanah tanaman akuaponik melalui sensor *soil moisture*, kemudian mengirimkan nilai kelembapan tanah, *Real Time Clock* (RTC), dan RSSI ke NodeMCU. Setelah data diterima oleh NodeMCU, perintah dikirimkan ke Arduino Nano untuk melakukan *sampling* dan membaca TDS, suhu, dan pH air kolam ikan koi melalui sensor TDS, sensor DS18B20, dan sensor pH. Setelah nilai parameter kolam ikan diperoleh, nilai tersebut dikirimkan ke NodeMCU. NodeMCU menerima dan mengirim nilai kelembapan tanah, TDS, suhu air kolam ikan, dan pH ke *cloud server*, yaitu <http://smart-gh.com> melalui *wireless router*.

Pada sistem pengendalian, NodeMCU mengambil nilai batas ambang kelembapan tanah pada server di alamat <http://smart-gh.com/SN/2020060001.php> yang telah diatur oleh petani akuaponik melalui situs web. Setelah nilai batas ambang diterima, NodeMCU membandingkan nilai pembacaan sensor kelembapan tanah dengan batas ambang. Apabila nilai kelembapan tanah kurang dari batas ambang, maka Arduino Nano akan mengirimkan perintah kepada *relay* untuk membuka solenoid *valve 2* yang menuju sistem *drip* tanaman akuaponik dan menyalakan pompa agar air kolam ikan koi dapat mengalir ke tanaman. Solenoid *valve 2* dan pompa akan membuka dan melakukan penyiraman selama 30 detik. Diagram blok sistem pemantauan dan pengendalian akuaponik ditunjukkan pada Gbr. 2.



Gbr. 2 Diagram blok sistem pemantauan dan pengendalian akuaponik.

Gbr. 3 menunjukkan diagram alir sistem pemantauan pada NodeMCU, dimulai dengan NodeMCU terhubung dengan Wi-Fi yang akan ditampilkan pada LCD. Setelah itu, NodeMCU meminta data kelembapan tanah ke WEMOS. Setelah diterima, nilai kelembapan tanah ditampilkan di LCD. Selanjutnya, NodeMCU memerintahkan Arduino Nano dengan perintah logika (1,0) untuk membaca TDS dengan sensor TDS dan membaca sensor suhu dengan sensor DS18B20.

Setelah mendapatkan data TDS dan suhu air, Arduino Nano mengirimkan data TDS dan suhu air ke NodeMCU, lalu data ditampilkan di LCD. Setelah itu, NodeMCU memerintahkan Arduino Nano dengan perintah logika (1,1) untuk membaca nilai pH. Setelah mendapatkan nilai pH, Arduino Nano mengirimkan nilai tersebut ke NodeMCU. Setelah data semua sensor diterima NodeMCU, data ini dikirim ke *database server* menggunakan metode REST API. Data kelembapan tanah, TDS, suhu, dan pH disimpan di *database server*.

Diagram alir sistem pemantauan parameter akuaponik pada Arduino Nano ditunjukkan pada Gbr. 4. Pada *relay* terdapat lima kondisi, yaitu pH, TDS, *sampling*, penyiraman, dan pompa. Kondisi *relay* yang digunakan adalah *active low*, yang berarti rangkaian akan mati apabila diberi logika '1' dan akan hidup apabila diberi logika '0'. Proses pemantauan yang terjadi pada Arduino Nano dimulai dengan Arduino Nano terhubung dengan *relay* dalam kondisi *off*, yaitu kondisi *relay* (1,1,1,1,1).

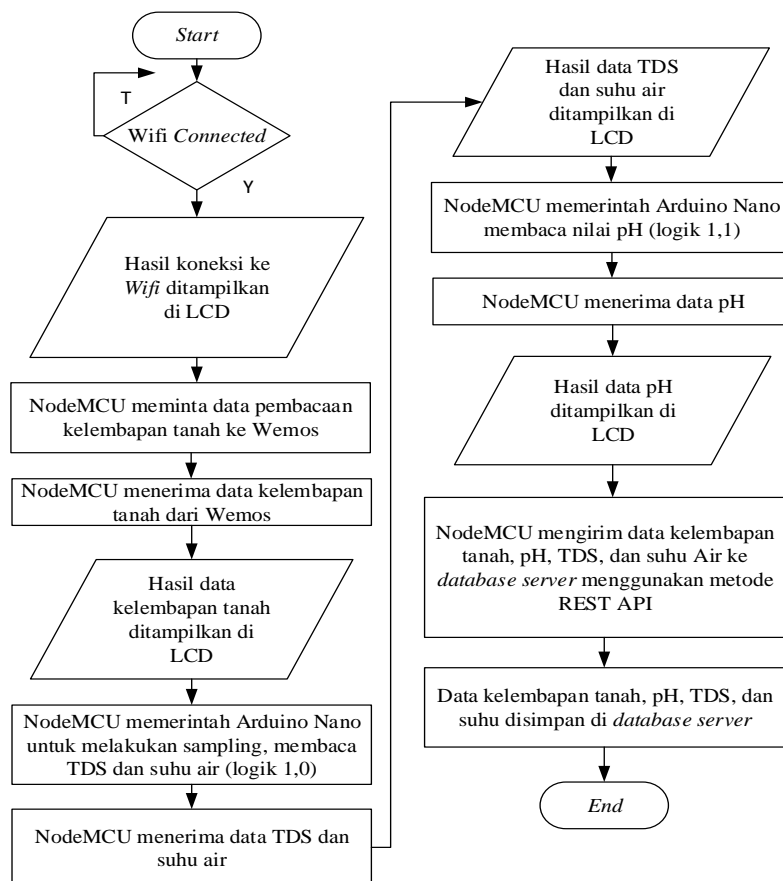
Pin 6 dan 7 digunakan untuk komunikasi serial antara Arduino Nano dengan NodeMCU. Pada proses pengiriman komunikasi serial, diatur logika (0&1) untuk menjalankan perintah melakukan penyiraman selama 30 detik dengan

kondisi *relay* (1,1,1,0,0) untuk membuka solenoid *valve* 2 dan mengaktifkan pompa.

Kemudian, perintah komunikasi serial selanjutnya dijalankan dengan mengatur logika (1&0) untuk melakukan cek *sampling* dengan kondisi *relay* (1,1,0,1,0), untuk menyalakan pompa dan membuka solenoid *valve* 1. Setelah itu, pembacaan suhu dilakukan melalui sensor DS18B20 dan *relay* dinyalakan dengan kondisi *relay* (1,0,1,1,1) untuk menghidupkan sensor TDS dan melakukan pembacaan nilai TDS selama 20 detik. Kemudian, *relay off* dan mengirimkan data suhu dan TDS ke NodeMCU. Langkah selanjutnya adalah menjalankan perintah komunikasi serial selanjutnya, yaitu mengatur logika (1&1) dengan kondisi *relay* (0,1,1,1,1) untuk menjalankan perintah menyalakan sensor pH dan melakukan pembacaan nilai pH selama 20 detik. Kemudian *relay off* dan mengirimkan data pH ke NodeMCU.

Diagram alir sistem pemantauan pada WEMOS ditunjukkan pada Gbr. 5. WEMOS melakukan inisialisasi ke *gateway*, dilanjutkan menerima *request* data kelembapan tanah dari NodeMCU. Setelah itu, WEMOS melakukan pembacaan nilai kelembapan tanah melalui sensor *soil moisture*, lalu mengirimkan nilai kelembapan tanah ke NodeMCU.

Gbr. 6 menunjukkan diagram alir sistem pengendalian di NodeMCU. Tahapan dimulai dengan inisialisasi koneksi ke *wireless router*. Jika terhubung ke internet, NodeMCU akan mengambil nilai batas ambang pada server melalui URL <http://smartgh.com/SN/202006001.php>. File tersebut berisi data numerik batas ambang *soil moisture* yang dimasukkan oleh petani akuaponik melalui situs web.



Gbr. 3 Diagram alir pemantauan parameter akuaponik pada NodeMCU.

Setelah menerima nilai batas ambang, NodeMCU membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai batas ambang. Jika nilai batas ambang kurang dari nilai kelembapan tanah, maka NodeMCU akan memerintahkan Arduino Nano untuk membuka solenoid *valve* 2, yaitu logika (0,1) dan menyalakan pompa selama 30 detik untuk melakukan penyiraman. Jika nilai kelembapan tanah sama dengan atau lebih dari batas ambang, maka tidak dilakukan penyiraman dan proses pemantauan dilanjutkan.

B. Pengujian Pemantauan Parameter Akuaponik

Pengujian pemantauan parameter akuaponik berupa pH, TDS, suhu air kolam ikan, dan kelembapan tanah tanaman akuaponik dapat dilakukan melalui situs web akuaponik. Situs web akan menampilkan nilai pembacaan sensor terbaru. *History* nilai-nilai parameter pada waktu sebelumnya dapat dilihat pada pilihan grafik yang disediakan dengan mengatur bulan/hari/tahun yang dibutuhkan.

C. Pengujian Delay Sistem Pemantauan

Pengujian *delay* dilakukan untuk mengevaluasi waktu yang dibutuhkan oleh alat dalam menggunakan REST API untuk mengirim dan menerima data. Pengujian *delay* dilakukan dengan acuan RTC. Persamaan (1) merupakan rumus perhitungan *delay* yang diperoleh dari selisih antara waktu data diterima (T_r) dengan waktu data dikirimkan (T_x) oleh suatu perangkat.

$$delay = (T_r - T_x) \text{ detik.} \tag{1}$$

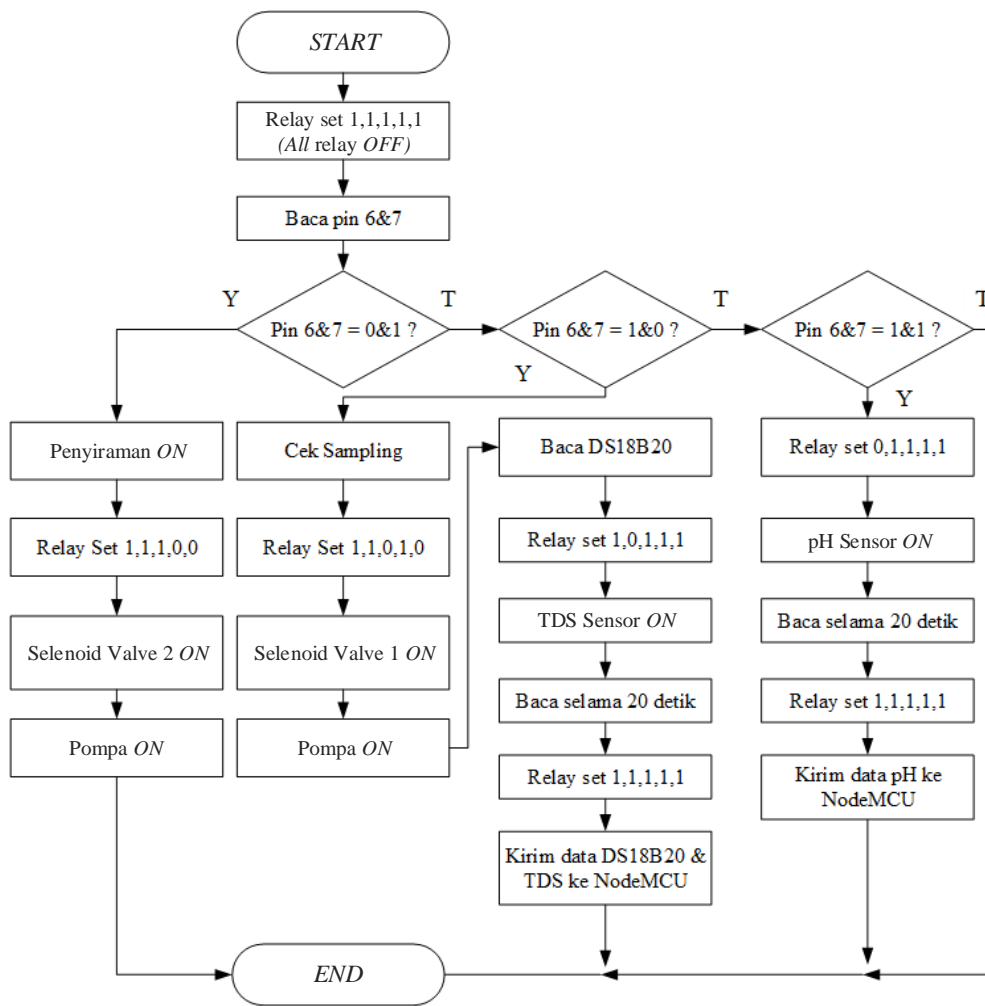
Pengujian *delay* pemantauan dilakukan pada *node-gateway* dan *gateway-server* selama 24 jam. Pada pengujian ini juga dilakukan penghitungan jumlah data dalam waktu tertentu untuk mengetahui rerata *delay* yang dibutuhkan alat dalam proses pengiriman dan penerimaan data menggunakan REST API.

D. Pengujian Delay Sistem Pengendalian

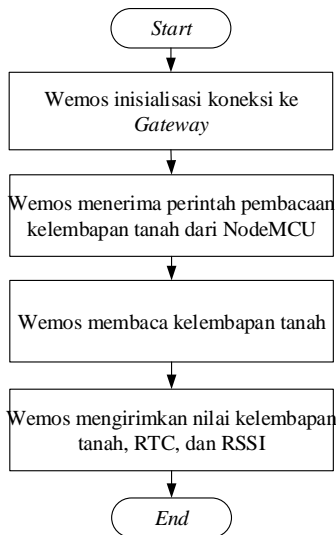
Pengujian *delay* dilakukan dengan acuan RTC. Perhitungan *delay* diperoleh dari selisih antara waktu saat memberi batas ambang kelembapan tanah di server melalui situs web pemantauan akuaponik dengan waktu *gateway* mendapatkan batas ambang kelembapan tanah. Pengujian *delay* dilakukan untuk mengevaluasi waktu yang dibutuhkan oleh alat dalam mengirim dan menerima data. Perhitungan *delay* mengacu pada (1).

E. Pengujian Notifikasi

Pengujian notifikasi dilakukan untuk mengetahui cara kerja sistem dalam mengirimkan *e-mail* kepada petani apabila kelembapan tanah tanaman akuaponik kurang dari batas ambang dan parameter kelembapan tanah kembali normal. Pengujian notifikasi dilakukan dengan mengubah-ubah nilai pembacaan sensor kelembapan tanah pada URL <http://smart-gh.com/input.php> untuk memudahkan dalam mengetahui



Gbr. 4 Diagram alir pemantauan parameter akuaponik pada Arduino Nano.



Gbr. 5 Diagram alir pemantauan parameter akuaponik pada WEMOS.

selisih waktu pengiriman notifikasi terbaru dengan sebelumnya. Jarak waktu pengiriman notifikasi terkirim diatur apabila selisih waktu notifikasi mencapai lebih dari dua menit.

Jika belum dicapai waktu dua menit, maka *e-mail* notifikasi tidak dikirimkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

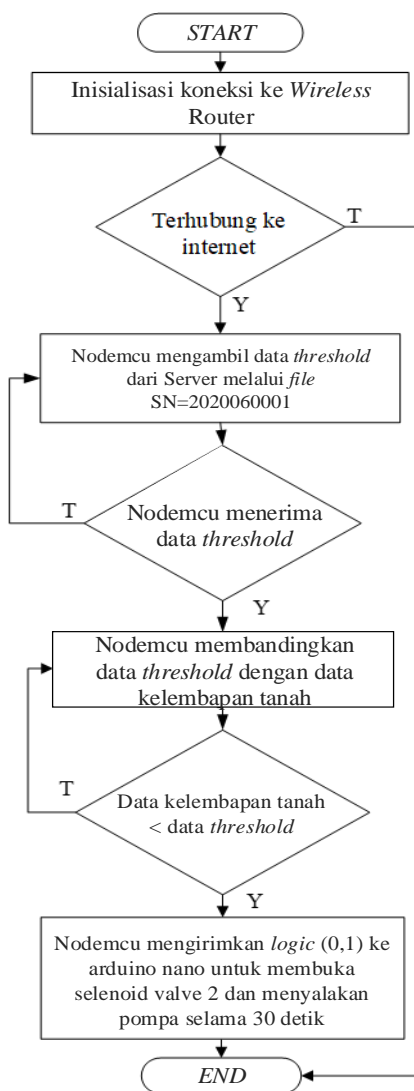
A. Hasil Pengujian Pemantauan Parameter Akuaponik

Pengujian pemantauan parameter akuaponik dapat dilihat melalui <http://omahiot.com/login/index.php?sn=2020060001>, pada menu akuaponik. Tampilan pemantauan terdiri atas nilai pH, TDS, suhu, kelembapan tanah, *delay Node-Gateway* (NG), dan *delay Gateway-Server* (GS).

Setelah NodeMCU menerima data semua sensor, data ini akan dikirim ke *database server* menggunakan metode REST API. Parameter REST API ditunjukkan pada Tabel I. Format yang digunakan yaitu sebagai berikut.

http://omahiot.com/input.php?sn=2020060001&dgw=2020-11-13&tgw=12:14:50&sensor=pHxTDSxreservoir_tempxsoil_mois&nilai=8.5x236x28x84.

Smartgh.com merupakan URL server yang dituju, sedangkan *input.php* merupakan file yang digunakan untuk memasukkan data sensor ke *database*. Beberapa variabel yang akan dikirim adalah *sn* (*serial number* alat), sensor berupa pH,



Gbr. 6 Diagram alir sistem pengendali parameter akuaponik.

TDS, suhu air, dan kelembapan tanah, beserta nilai dari sensor-sensor tersebut. *Parsing* data (memisahkan data saat data dimasukkan) dilakukan menggunakan tanda “x” untuk memisahkan nilai dan tanda “&” untuk memisahkan variabel.

Tampilan pemantauan parameter akuaponik terbaru diperlihatkan pada Gbr. 7. Nilai parameter pada waktu sebelumnya dapat dilihat pada pilihan grafik dengan mengatur waktu yang dibutuhkan.

Gbr. 7 menunjukkan nilai pH pada pukul 22.00, yaitu 8,5. Pada siang hari, nilai pH naik karena lumut mengalami fotosintesis yang menghasilkan oksigen dan terdapat aerasi yang menyala selama 24 jam yang mengakibatkan meningkatnya produksi oksigen, sehingga nilai pH menjadi naik. Sedangkan pada malam hari nilai pH turun karena terjadi respirasi pada lumut yang menghasilkan karbondioksida. Nilai TDS pada pukul 22.00 adalah 236 ppm, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 7. Nilai TDS cenderung stabil pada rentang 260 ppm hingga 300 ppm. Untuk parameter suhu, seperti terlihat pada Gbr. 7, didapatkan nilai 28 °C pada malam hari. Peningkatan nilai suhu terjadi pada siang hingga sore hari

TABEL I
PARAMETER REST API

Parameter	Deskripsi	Contoh
URL	Alamat untuk mengirim data dari alat ke server	<i>http://omahiot.com/input.php?</i>
sn	Serial number alat	sn=2020060001
dgw	Tanggal	dgw=2020-11-13
tgw	Waktu	tgw=12:14:50
sensor	pH,TDS,suhu air, dan kelembapan tanah	sensor=pHxTDSxreservoir_tempxsoil_mois
nilai	Nilai dari parameter akuaponik	nilai=8,5x236x28x84

TABEL II
PENGUJIAN DELAY PEMANTAUAN NODE-GATEWAY

Waktu	Jumlah Data	Rerata Delay Node-Gateway (detik)
00.00 – 05.00	131	6,36
06.00 – 12.00	156	5,62
12.00 – 18.00	156	5,78
18.00 – 00.00	156	6,28
Rerata Delay		6,01

TABEL III
PENGUJIAN DELAY PEMANTAUAN GATEWAY-SERVER

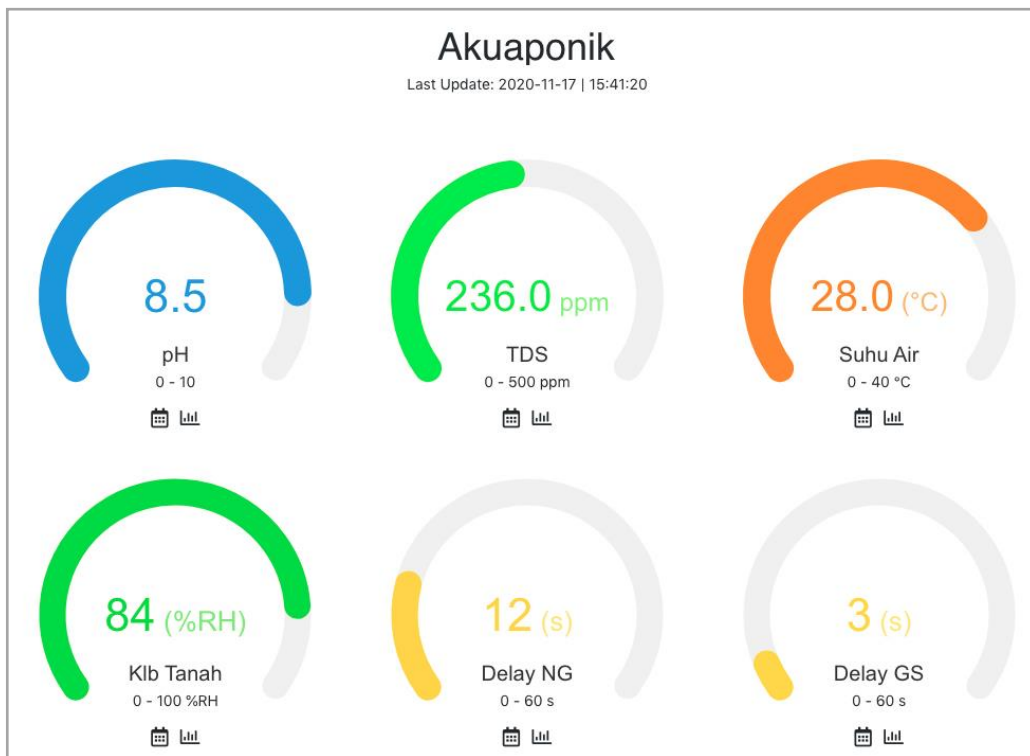
Waktu	Jumlah Data	Rerata Delay Gateway-Server (detik)
00.00 – 05.00	131	9,74
06.00 – 12.00	156	10,29
12.00 – 18.00	156	10,35
18.00 – 00.00	156	9,71
Rerata Delay		10,02

dan penurunan nilai suhu terjadi pada malam hingga pagi hari. Sementara itu, untuk nilai kelembapan tanah, pada Gbr. 7 ditunjukkan bahwa pada pukul 22.00 nilainya sebesar 84% RH. Nilai tersebut masuk dalam kategori lembap pada alat ukur. Nilai kelembapan tanah tidak mengalami perubahan yang signifikan karena tempat *vertical garden* teduh, sehingga nilai kelembapan tanah terjaga.

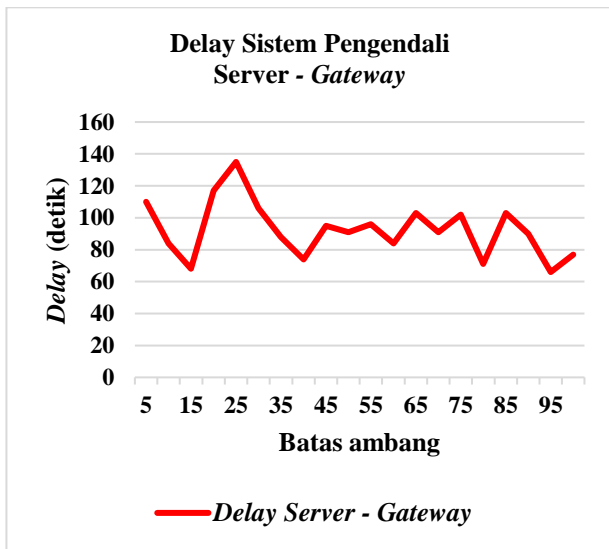
B. Hasil Pengujian Delay Sistem Pemantauan

Hasil pengujian *delay* sistem pemantauan *node-gateway* ditunjukkan pada Tabel II. Rerata *delay node-gateway* selama 24 jam yang didapatkan yaitu 6,01 detik. Nilai tersebut termasuk kategori *delay* yang buruk [11] karena WEMOS pada *node* sebagai *station* harus terhubung terlebih dahulu dengan NodeMCU pada *gateway* yang berfungsi sebagai *Access Point* (AP). Sedangkan hasil pengujian *delay* sistem pemantauan *gateway-server* ditunjukkan pada Tabel III.

Rerata *delay gateway-server* selama 24 jam yang didapatkan yaitu 10,02 detik. Nilai ini termasuk kategori *delay* yang buruk



Gbr. 7 Tampilan pemantauan parameter akuaponik.

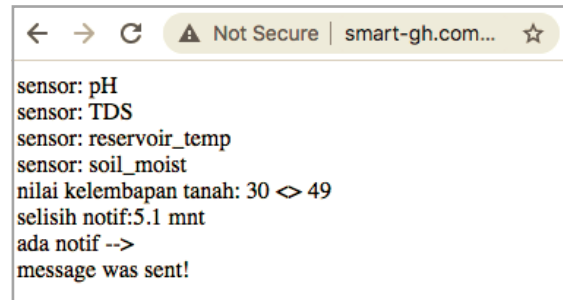


Gbr. 8 Grafik delay sistem pengendali server-gateway.

[11], karena proses pengiriman dan penerimaan data dari gateway-server melalui internet.

C. Hasil Pengujian Delay Sistem Pengendalian

Grafik delay sistem pengendali server-gateway dapat dilihat pada Gbr. 8. Dari grafik tersebut, tampak bahwa delay sistem pengendali pada saat petani memberi batas ambang pada server melalui situs web sampai ke gateway memiliki rerata delay sebesar 92,55 detik. Nilai tersebut termasuk kategori delay yang buruk [11]. Proses pengendalian memerlukan waktu yang lama karena proses “GET threshold” melalui jaringan lokal



Gbr. 9 Pengisian nilai sensor kelembapan tanah kurang dari batas ambang pada URL <http://smart-gh.com/input.php>.

(intranet) ke internet dan dipengaruhi oleh lamanya pembacaan program data sensor yang lain.

D. Hasil Pengujian Notifikasi

Pengisian nilai kelembapan tanah secara manual dilakukan melalui URL <http://smart-gh.com/input.php>, dengan nilai pembacaan sensor kurang dari batas ambang, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 9.

Nilai batas ambang yang diberikan adalah 49% RH, sedangkan nilai pembacaan sensor kelembapan tanah adalah 30% RH. Oleh karena itu, pada <http://smart-gh.com/input.php> akan dilakukan perbandingan nilai sensor kelembapan tanah dengan batas ambang, dilanjutkan dengan penghitungan selisih waktu notifikasi. Hasil penghitungan selisih notifikasi lebih dari dua menit, yaitu 5,1 menit, sehingga notifikasi terkirim, seperti yang ditunjukkan Gbr. 10.

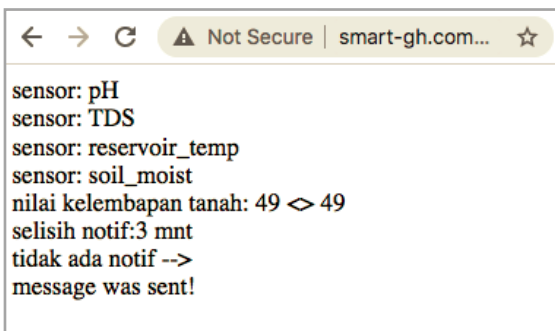
Selanjutnya, dilakukan pengisian nilai kelembapan tanah secara manual melalui URL <http://smart-gh.com/input.php>,



Gbr. 10 Tampilan notifikasi pada e-mail apabila parameter kurang dari batas ambang.



Gbr. 12 Tampilan notifikasi pada e-mail apabila parameter kembali normal.



Gbr. 11 Pengisian nilai sensor kelembapan tanah sama dengan batas ambang pada URL <http://smart-gh.com/input.php> dan mengirimkan notifikasi.

dengan nilai pembacaan sensor sama dengan batas ambang, seperti ditunjukkan pada Gbr. 11.

Batas ambang dan pembacaan sensor kelembapan diberi nilai 49% RH. Pada <http://smart-gh.com/input.php> akan dilakukan perbandingan nilai sensor kelembapan tanah dengan batas ambang. Lalu, dilakukan penghitungan selisih waktu notifikasi. Hasil penghitungan selisih notifikasi lebih dari 2 menit, yaitu 3 menit. Maka, dilakukan pengiriman e-mail ke petani akuaponik. Apabila nilai pembacaan sensor sudah memasuki batas ambang, maka akan dikirimkan e-mail berisi pemberitahuan parameter kembali normal, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 12.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, saat parameter kelembapan tanah kurang dari batas ambang yang ditentukan dan apabila parameter kelembapan tanah kembali normal, maka sistem sudah dapat mengirim notifikasi berupa e-mail ke petani. Hasil menunjukkan bahwa rerata delay pemantauan dari node-gateway sebesar 6,01 detik dan rerata delay pemantauan dari gateway-server sebesar 10,02 detik, yang

termasuk kategori buruk menurut ETSI. Selanjutnya, rerata delay pengendalian dari server-gateway adalah sebesar 92,55 detik.

REFERENSI

- [1] Y. Sastro, *Teknologi Akuaponik Mendukung Pengembangan Urban Farming*, Jakarta, Indonesia: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jakarta, 2016.
- [2] Y. Wei, W. Li, D. An, D. Li, Y. Jiao, dan Q. Wei, "Equipment and Intelligent Control System in Aquaponics: A Review," *IEEE Access*, Vol. 7, hal. 169306–169326, 2019.
- [3] H. Helmy, A. Rahmawati, S. Ramadhan, T.A. Setyawan, dan A. Nursyahid, "Pemantauan dan Pengendalian Kepekatan Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, Vol. 7, No. 4, hal. 391-396, 2018.
- [4] F.J. Ferrández-Pastor, J.M. García-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo, J. Mora-Pascual, dan J. Mora-Martínez, "Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture," *Sensors*, Vol. 16, No. 8, hal. 1-20, 2016.
- [5] M.F. Saaid, N.A.M. Yahya, M.Z.H. Noor, dan M.S.A.M. Ali, "A Development of an Automatic Microcontroller System for Deep Water Culture (DWC)," *Proc. - 2013 IEEE 9th Int. Colloq. Signal Process. its Appl. CSPA 2013*, 2013, hal. 328–332.
- [6] W. Vernandhes, N.S. Salahuddin, A. Kowanda, dan S.P. Sari, "Smart Aquaponic with Monitoring and Control System Based on IoT," *Proc. 2nd Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2017*, 2018, hal. 1–6.
- [7] M. Manju, V. Karthik, S. Hariharan, dan B. Sreekar, "Real Time Monitoring of the Environmental Parameters of an Aquaponic System Based on Internet of Things," *ICONSTEM 2017 - Proc. 3rd IEEE Int. Conf. Sci. Technol. Eng. Manag.*, 2017, hal. 943–948.
- [8] F.L. Valiente, R.G. Garcia, E.J.A. Domingo, S.M.T. Estante, E.J.L. Ochaves, J.C.C. Villanueva, dan J.R. Balbin, "Internet of Things (IOT)-based Mobile Application for Monitoring of Automated Aquaponics System," *2018 IEEE 10th Int. Conf. Humanoid, Nanotechnology, Inf. Technol. Commun. Control. Environ. Manag. HNICEM 2018*, 2018, hal. 1–6.
- [9] M.F.U. Butt, R. Yaqub, M. Hammad, M. Ahsen, M. Ansir, dan N. Zamir, "Implementation of Aquaponics within IoT Framework," *Proc. - IEEE SoutheastCon*, 2019, hal. 1–6.

- [10] A.K. Pasha, E. Mulyana, C. Hidayat, M.A. Ramdhani, O.T. Kurahman, dan M. Adhipradana, "System Design of Controlling and Monitoring on Aquaponic Based on Internet of Things," *Proc. 2018 4th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2018*, 2018, hal. 1–5.
- [11] ETSI, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON): General aspects of Quality of Service (QoS)," ETSI, Tech. Report, hal. 1–37, 1999.