

**PENERAPAN SISTEM KONTROL *ON-OFF* KETINGGIAN
AIR PADA AKUAPONIK DENGAN *MONITORING*
INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN
*THINGER.IO***

MUHAMMAD FADIL

G041191093



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENERAPAN SISTEM KONTROL ON-OFF KETINGGIAN AIR PADA
AKUAPONIK DENGAN *MONITORING INTERNET OF THINGS (IOT)*
MENGUNAKAN *THINGER.IO***



MUHAMMAD FADIL

G041 191093

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN SISTEM KONTROL *ON-OFF* KETINGGIAN AIR PADA AKUAPONIK DENGAN *MONITORING INTERNET OF THINGS (IOT)* MENGUNAKAN *THINGER.IO*

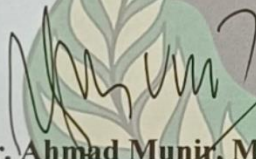
Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD FADIL

G0411 91 093

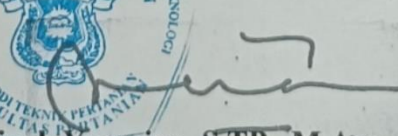
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 09 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing Utama Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng.
NIP. 19620727 198903 1 003


Muhammad Tahir, S.TP., M.Si.
NIP. 19840716 201212 1 002

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian



Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19810129200912 2 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fadil
Nim : G041191093
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Penerapan Sistem Kontrol *On-Off* Ketinggian Air pada Akuaponik dengan *Monitoring Internet of Things* (IoT) Menggunakan Thinger.io ini adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 09 November 2023

Yang Menyatakan,



Muhammad Fadil

ABSTRAK

MUHAMMAD FADIL (G041191093). Penerapan Sistem Kontrol *On-Off* Ketinggian Air pada Akuaponik dengan *Monitoring Internet of Things* (IoT) Menggunakan *Thinger.io*. Dosen Pembimbing: AHMAD MUNIR dan MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Sistem akuaponik merupakan suatu metode budidaya yang menggabungkan antara budidaya ikan dan tanaman atau akuakultur dan hidroponik yang saling saling menguntungkan (simbiosis mutualisme) dalam sekali waktu. Pengendalian ketinggian air akuaponik untuk menjaga volume air masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem kontrol yang baik untuk mengendalikan ketinggian air akuaponik di lengkapi sistem kontrol *on/off* serta dapat memantau ketinggian air dalam jarak jauh. Metode penelitian ini meliputi perancangan sistem kontrol untuk ketinggian air, uji fungsional dan uji kinerja sistem kontrol ke akuaponik serta uji data hilang dan delay jaringan ke *platform Thinger.io*. Parameter yang diamati adalah ketinggian air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol *on/off* mampu mengatur ketinggian air dengan tidak terjadinya *overshoot*, *settling time* yang tercapai untuk ketinggian 20 cm yaitu selama 9 menit, ketinggian 25 cm selama 22 menit dan untuk ketinggian 30 cm selama 34 menit serta pada error steady state yang terjadi masih didalam batas toleransi. Sistem IoT menggunakan *platform Thinger.io* yang diterapkan mampu mengirim data dan menyimpan data selama proses pengujian berlangsung, serta *platform Thinger.io* dapat memantau ketinggian air dari jarak jauh dan menyediakan data dalam format excel. Adapun hasil pengujian data hilang dengan rata-rata sebesar 1,81% dan pengujian delay dengan rata-rata sebesar 0,88%, berdasarkan data yang dipetakan setiap 6 jam, presentase data hilang dan delay terbesar terjadi pada pukul 00.00 WITA-06.00 WITA.

Kata Kunci: Akuaponik, Ketinggian Air, *Internet of Things*, *Thinger.io*.

ABSTRACT

MUHAMMAD FADIL (G041191093). *Implementation of Water Level On-Off Control System in Aquaponics with Internet of Things (IoT) Monitoring Using Thinger.io*. Supervisors: AHMAD MUNIR and MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Aquaponic system is a cultivation method that combines fish and plant farming or aquaculture and hydroponics that are mutually beneficial (symbiotic mutualism) at one time. Aquaponic water level control to maintain water volume is still done using conventional methods. Therefore, this research aims to produce a good control system to control aquaponic water levels equipped with an on/off control system and can monitor water levels remotely. This research method includes designing a control system for water level, functional test and performance test of the control system to aquaponics as well as data loss test and network delay to Thinger.io platform. The parameter observed was the water level. The results showed that the on/off control system was able to regulate the water level with no overshoot, settling time achieved for a height of 20 cm for 9 minutes, a height of 25 cm for 22 minutes and for a height of 30 cm for 34 minutes. The IoT system using the Thinger.io platform implemented is able to send data and store data during the testing process, and the Thinger.io platform can monitor water levels remotely and provide data in excel format. The test results of lost data with an average of 1.81% and delay testing with an average of 0.88%, based on data mapped every 6 hours, the percentage of lost data and the largest delay occurs at 00.00 WITA-06.00 WITA.

Keyword: Aquaponics, Water Level, Internet of Things, Thinger.io.

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan semangat serta doa-doa dari berbagai pihak yang telah membantu penulis untuk sampai ke tahap ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak **Baharuddin** superhero panutanku dan Ibunda **Rukiah** pintu surgaku. Beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan pendidikan penulis. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, tapi beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan, hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. atas setiap doa tulus yang senantiasa dipanjatkan, nasehat, motivasi serta telah sabar, mendukung, membina dan pengorbanan keringat sehingga penulis sampai ke tahap ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng.** dan **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si.** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, arahan, kritikan dan ilmunya dalam penyelesaian penelitian ini mulai dari tahap penyusunan proposal hingga sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini.
3. **Dosen-dosen Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan dari semester awal hingga akhir.
4. Teman-teman seperjuangan yang telah membantu penulis selama penelitian ini berlangsung, **Fernando, Sultan Erlangga, Putu Laksmiana, Sulhikma, Harvianti Haruki, Selpiah, Kawan HIMAGER** dan **teman angkatan PISTON 19** yang selalu memberi semangat dan membantu penulis saat menghadapi masa-masa dalam perkuliahan.

Makassar, 23 September 2023

Muhammad Fadil

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Fadil, Lahir di Makassar pada tanggal 21 April 2001, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara oleh pasangan bapak Baharuddin dan ibu Rukiah. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Menempuh pendidikan pertama di SD Negeri Bontoa pada tahun 2007 sampai tahun 2013.
2. Melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 9 Makassar pada tahun 2013 sampai tahun 2016.
3. Melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 15 Makassar pada tahun 2016 sampai tahun 2019.
4. Melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Hasanuddin dan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian pada tahun 2019 sampai tahun 2023.
5. Selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan, penulis terdaftar sebagai salah satu penerima bantuan beasiswa pendidikan BIDIKMISI dari pemerintah. Penulis juga aktif dalam berorganisasi dan menjadi anggota dari organisasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA UNHAS) dan juga pernah menjadi asisten laboratorium beberapa mata kuliah dibawah naungan *agricultural study club* (TSC).

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Kegunaan Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Akuaponik.....	4
2.2 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	4
2.3 NodeMCU ESP-32	5
2.4 Sistem Kontrol	6
2.5 Sistem Kontrol <i>On-off</i>	6
2.6 <i>Solenoid Valve</i>	7
2.7 Sensor Ketinggian Air (Sensor Ultrasonik HC-SR04)	8
2.8 <i>Thingier.io</i>	9
2.9 <i>Solid State Relay</i> (SSR)	10
3. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat	12

3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Prosedur Penelitian.....	12
3.3.1 Studi Literatur	12
3.3.2 Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring.....	12
3.3.2.1 Rancang Fungsional.....	13
3.3.2.2 Rancang Struktural	13
3.3.3 Uji Fungsional	16
3.3.4 Uji Kinerja.....	16
3.3.5 Analisa Data	17
3.4 Diagram Alir Penelitian	18
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Deskripsi Akuaponik.....	19
4.2 Hasil Perancangan Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i>	19
4.3 Uji Fungsional	21
4.3.1 Hasil Kalibrasi Sensor HC-SR04.....	21
4.3.2 Hasil Pengujian Sistem Kontrol pada Beberapa Tingkat Ketinggian.....	22
4.4 Uji Kinerja	23
4.4.1 Pengujian Sistem Kontrol	23
4.4.2 Respon <i>Transient</i> Ketinggian Air pada Akuaponik.....	25
4.4.3 Respon <i>Stedy State</i>	26
4.4.4 Uji <i>Packet Loss</i>	27
5. PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. ESP-32	5
Gambar 2. <i>Solenoid Valve</i>	7
Gambar 3. <i>Timing</i> Diagram Modul Sensor HC-SR04.....	9
Gambar 4. Diagram Alir Sistem Kontrol dengan <i>Monitoring</i> Ketinggian Air	14
Gambar 5. Rancangan <i>Hardware</i> Dari Sensor HC-SR04	15
Gambar 6. Diagram Blok Sistem Kontrol dengan <i>Monitoring</i>	15
Gambar 7. Bagan alir penelitian	18
Gambar 8. Akuaponik	19
Gambar 9. Hasil Perancangan Sistem Kontrol Ketinggian Air	20
Gambar 10. Tampilan Data yang Terkirim pada <i>Thinger.io</i>	21
Gambar 11. Hasil Kalibrasi Sensor HC-SR04	22
Gambar 12. Hasil Pengujian pada Beberapa Ketinggian	22
Gambar 13. Respon Sistem Kontrol Terhadap Nilai Ketinggian Air di <i>Set</i> Point 20	23
Gambar 14. Respon Sistem Kontrol Terhadap Nilai Ketinggian Air di <i>Set</i> Point 25	23
Gambar 15. Respon Sistem Kontrol Terhadap Nilai Ketinggian Air di <i>Set</i> Point 30.....	24
Gambar 16. Respon <i>Transient</i> ketinggian air tiap menit pada <i>set point</i> 15 (batas bawah) dan 20 (batas atas)	25
Gambar 17. Respon <i>Transient</i> ketinggian air tiap menit pada <i>set point</i> 15 (batas bawah) dan 25 (batas atas)	24
Gambar 18. Respon <i>Transient</i> ketinggian air tiap menit pada <i>set point</i> 15 (batas bawah) dan 30 (batas atas)	24
Gambar 19. Respon <i>steady state</i> <i>set point</i> 20	25
Gambar 20. Respon <i>steady state</i> <i>set point</i> 25	25
Gambar 21. Respon <i>steady state</i> <i>set point</i> 30	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. <i>Wiring</i> NodeMCU ESP-32 dengan sensor HC-SR04.....	15
Tabel 2. <i>Wiring</i> NodeMCU ESP-32 dengan <i>Solid State Relay</i> (SSR)	15
Tabel 3. Hasil pengujian <i>packet loss</i> dan <i>delay</i>	17
Tabel 4. Presentase data terkirim dan data yang hilang	27
Tabel 5. Persentase <i>delay</i>	28
Tabel 6. Pengujian hasil pembacaan sensor dengan alat ukur	33
Tabel 7. Data pengukuran <i>respon transient</i> dan <i>respon stady state</i>	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi NodeMCU ESP32	32
Lampiran 2. Spesifikasi Sensor HC-SR04.....	32
Lampiran 3. Spesifikasi <i>Solenoid Valve</i>	33
Lampiran 4. Data Pengujian Sensor HC-SR04 Sebelum dan Setelah Kalibrasi.....	33
Lampiran 5. Data <i>Respon Transient</i> dan <i>Respon Steady State</i>	34
Lampiran 6. <i>Script</i> Pemrograman.....	38
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian	43

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem akuaponik merupakan suatu metode budidaya yang menggabungkan antara budidaya ikan dan tanaman atau akuakultur dan hidroponik yang saling saling menguntungkan (simbiosis mutualisme) dalam sekali waktu. Simbiosis mutualisme atau hubungan saling menguntungkan yang dimaksud adalah bagi ikan, filter alami yang dimiliki tanaman dapat melakukan perbaikan kualitas air kolam, sehingga diharapkan air dapat digunakan lebih lama dan pengurasan kolam menjadi lebih jarang. Selain itu, bagi tanaman keberadaan ikan pada akuaponik juga menguntungkan karena hasil sisa metabolisme ikan dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi penunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Priambodo *et al.*, 2022). Hampir semua jenis tanaman air dan beberapa tanaman darat dapat digunakan dalam sistem akuaponik diantaranya adalah kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk), kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir), dan selada (*Lactuca sativa*). Tanaman ini sebagai alternatif biofilter dapat menyerap nitrogen dalam bentuk amonium dan nitrat sehingga nitrogen di air akan berkurang. Adapun jenis ikan yang sering dibudidayakan pada akuaponik adalah kebanyakan jenis ikan air tawar dan memiliki pertumbuhan cepat seperti ikan mas, lele dan nila (Hasan *et al.*, 2018).

Akuaponik memanfaatkan air secara terus menerus dari hasil pemeliharaan ikan yang kemudian disalurkan ke tanaman dan kembali lagi ke kolam ikan. Sistem akuaponik terdapat ketinggian permukaan air yang sangat penting pada pertumbuhan ikan dan tanaman agar kesehatannya dapat terjaga dengan baik, sehingga ketinggian permukaan air harus stabil.

Air merupakan sumber daya utama yang harus diperhatikan dan dibutuhkan oleh makhluk hidup, terutama pertanian dan perikanan. Ikan dan tanaman yang dibudidayakan membutuhkan kualitas air yang baik untuk menghindari kerugian akibat penyakit. Kualitas air yang baik tidak hanya terdapat pada air baru, tetapi juga dapat diperoleh dengan menggunakan kembali air bekas, misalnya pada sistem akuaponik.

Pengendalian ketinggian permukaan air secara manual pada akuaponik bukanlah perkara yang mudah, sebab harus diperhatikan agar ketinggiannya tetap terjaga karena volume air sangat berpengaruh pada pertumbuhan ikan dan tanaman itu sendiri. Namun, masalah yang dimiliki petani sekarang yaitu, petani tidak memiliki banyak waktu untuk merawat tanaman, dapat terjadi kekurangan air sehingga tanaman yang di tanam dapat terabaikan dan akhirnya mati.

Oleh karena itu, dalam proses pemberian air otomatis menggunakan sistem kontrol *on-off* pada akuaponik agar dapat menstabilkan ketinggian permukaan air tersebut sehingga petani tidak mengontrol secara manual lagi. Selain itu, penggunaan (*Internet of Things*) akan mempermudah dalam pengontrolan jarak jauh karena dapat di *monitoring* menggunakan *handphone*.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai “Penerapan Sistem Kontrol *On-off* Pemberian Air pada Akuaponik dengan *Monitoring Internet of Things* (IoT) Menggunakan *Thinger.io*” untuk mengontrol ketinggian permukaan air pada akuaponik secara otomatis dan monitoring IoT.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka terdapat beberapa rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana kaidah kontrol *on-off* mengendalikan ketinggian air pada akuaponik?
2. Bagaimana program untuk membuat sistem *monitoring* menggunakan *platform Thinger.io* pada akuaponik?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya fokus pada ketinggian air kolam.
2. Sistem kontrol yang digunakan yaitu sistem kontrol *on/off* dan *Platform* yang digunakan yaitu *Thinger.io*.
3. Tanaman yang digunakan yaitu kangkung berumur 7 hari setelah semai (siap tanam).

1.4 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem akuaponik dengan pengontrolan ketinggian permukaan air secara *on-off* dengan *monitoring* IoT.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu sebagai sumber informasi yang dapat dimanfaatkan oleh petani dengan mengendalikan ketinggian permukaan air secara otomatis pada akuaponik.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.2 Akuaponik

Akuaponik adalah perpaduan antara akuakultur (budidaya ikan) dan budidaya tanaman hidroponik yang terjadi dalam satu tempat. Prinsip dasar dari akuaponik adalah dapat dilakukan secara bersamaan dengan memanfaatkan limbah ikan dan sisa pakan yang diberikan terhadap ikan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman yang dibudidayakan. Akuaponik juga digunakan sebagai salah satu cara mengurangi pencemaran air yang dihasilkan oleh budidaya ikan dan juga menjadi salah satu alternatif mengurangi jumlah pemakaian air yang dipakai oleh sistem budidaya. Disamping itu teknologi akuaponik juga mempunyai keuntungan lain berupa tambahan dari hasil tanaman yang akan memperbesar keuntungan para peternak ikan (Rahmadhani *et al.*, 2020).

Teknologi dari sistem aquaponik memiliki prinsip selain menghemat penggunaan lahan dan air juga dapat meningkatkan suatu efisiensi sebuah usaha melalui pemanfaatan hara dari sisa pakan dan metabolisme ikan untuk digunakan sebagai tanaman air serta menjadi salah satu sistem budidaya ikan ramah lingkungan. Sistem sirkulasi (perputaran atau pergerakan) air yang digunakan pada sistem produksi air pada suatu tempat lebih dari satu kali dengan adanya proses pengolahan limbah budidaya ikan dan adanya perputaran air (Farida *et al.*, 2017).

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of thingss adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. Dengan berkembangnya *internet of thingss* maka kontrol perangkat elektronik dapat dilakukan dengan menggunakan internet dan juga smartphone yang terhubung dengan internet, sehingga pengontrolan dan monitoring bisa dilakukan dimana saja (Prihatmoko, 2018).

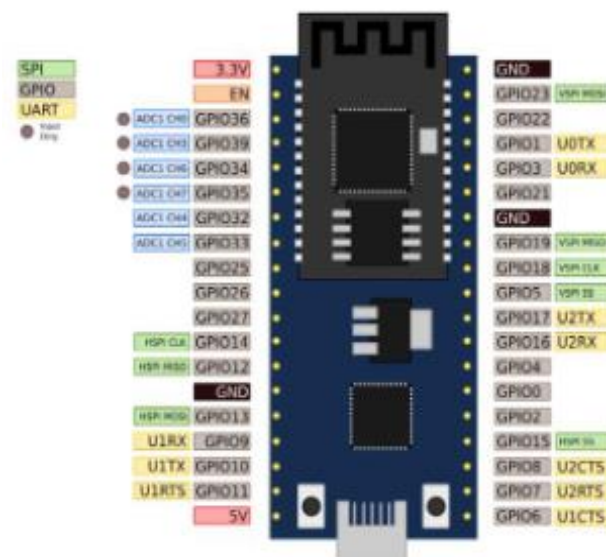
Internet of thingss (IoT) adalah sebuah paradigma baru yang menyediakan sejumlah besar alat untuk menghubungkan kepada jaringan internet untuk mengakses informasi dimanapun dan kapanpun. Setiap hari banyak benda yang

berubah menjadi objek pintar yang bisa merasakan, menginterpretasikan dan bereaksi terhadap lingkungan, seperti kombinasi antara internet dan teknologi yang memunculkan *Radio Frequency Identification* (RFID). Dengan kata lain IoT membuat suatu benda memiliki identitas sehingga benda tersebut bisa mengidentifikasi benda lain dan mempermudah manusia untuk berinteraksi dengan benda-benda tersebut dimanapun dan kapanpun (Amaral *et al.*, 2011).

Menurut Dewi *et al.* (2019), ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari rancangan *Internet of Things* (IoT) yaitu dapat mempermudah pekerjaan dan mengefisienkan waktu dalam bekerja. Perangkat keras, koneksi internet serta *cloud data center* merupakan dasar dari suatu sistem *Internet of Things* (IoT).

2.4 NodeMCU ESP-32

ESP32 adalah Mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System dan berfungsi untuk menampung dan memproses semua *port* dan *ic* sehingga bisa mengontrol driver sehingga *port* atau *device* yang terhubung ke Mikrokontroler tersebut dapat berjalan dengan baik. Mikrokontroler ini juga memiliki kemampuan untuk terhubung dengan internet melalui jaringan *wireless* tanpa tambahan board lagi karena sudah tersedia modul Wi-Fi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem *monitoring Internet of things* (Zarkasih *et al.*, 2020).



Gambar 1. ESP-32
(Sumber: Zarkasih, 2020).

2.4 Sistem Kontrol

Ada dua konsep dasar dalam sistem kontrol yang dikenal yaitu sistem kontrol lup tertutup (*Closed-loop control system*) atau umpan-balik (*feedback*) dan sistem kontrol lup terbuka (*Open-loop control system*) atau umpan-maju (*feedforward*) (Ogata, 1997).

2.4.1 Sistem Kontrol Lup Terbuka (*Open-loop Control System*)

Sistem kontrol *loop* terbuka merupakan sistem kontrol yang dimana kinerjanya tidak terpengaruh terhadap luaran yang diperoleh. Contohnya pada mesin cuci yang mengontrol waktu perendaman, pencucian dan pembilasan akan tetapi tidak mengukur sinyal keluaran seperti kebersihan pakaian. Dengan demikian, untuk setiap masukan referensi terdapat kondisi operasi yang tetap sehingga menyebabkan keakuratan sistem yang bergantung pada hasil kalibrasi. Apabila terdapat *error* maka sistem kontrol *loop* terbuka tidak akan melakukan tugas yang diinginkan. Kontrol *loop* terbuka dapat beroperasi hanya apabila hubungan antara *input* dan *output* diketahui dan jika tidak ada gangguan internal maupun eksternal. Maka dari itu, sistem *loop* terbuka bukan merupakan sistem kontrol umpan balik (Ogata, 1997).

2.4.2 Sistem Kontrol Lup Tertutup (*Closed-loop Control System*)

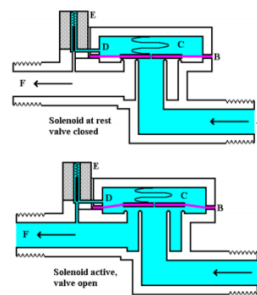
Sistem kontrol *loop* tertutup biasanya disebut sebagai sistem kontrol umpan balik. Sistem kontrol *loop* tertutup sinyal kesalahan penggerak merupakan perbedaan antara sinyal *input* dan sinyal umpan balik (ada kemungkinan merupakan sinyal *output* itu sendiri atau fungsi dari sinyal *output* dan turunannya serta integralnya), diumpankan ke pengontrol sehingga dapat mengurangi kesalahan dan membawa *output* sistem ke nilai yang diinginkan. Sistem kontrol *loop* tertutup selalu menyiratkan penggunaan tindakan kontrol umpan balik untuk mengurangi kesalahan sistem. sistem yang baik adalah sistem yang tidak mengalami *overshoot* dan *settling time* pendek (Ogata, 1997).

2.5 Sistem Kontrol *On-off*

Sistem kontrol *on-off* adalah salah satu cara atau metode yang digunakan dalam pengontrolan yang memiliki pengaplikasian sederhana dan tangguh dalam menangani kondisi seperti *turn on hardware (high)* dan *turn off hardware (low)*. Sistem kontrol *on-off* juga dapat diartikan sebagai bentuk algoritma yang dimana pengendalian hidup (1) dan mati (0) pada sistem berhubungan erat dengan kebutuhan dari penggunaanya. Mode *on-off controller* terbagi menjadi dua macam yaitu statis dan dinamis. Pada kondisi mode statis, *device* akan terus menyala atau terus mati sampai menerima perintah yang baru. Sedangkan pada kondisi mode dinamis, *device* biasanya terdapat beberapa pengaturan terhadap *delay* waktu untuk menyala atau mati sehingga sangat memungkinkan *device* dapat menyala atau mati dengan sendirinya tanpa harus diperintah lagi. Algoritma yang ada pada metode sistem kontrol *on-off* sangat mudah untuk diterapkan secara langsung pada sistem tanpa harus menambahkan algoritma yang lain, selain itu juga algoritma pada sistem mudah diproses oleh mesin (Wijaya *et al.*, 2022).

2.6 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang bekerja secara otomatis (*on-off*) yang dikendalikan oleh mikrokontroler melalui *relay* dengan tegangan kerja 12 Volt DC. Keran *solenoid* terdiri dari dua kombinasi unit fungsional, yaitu *solenoid* (elektromagnet) yang terdiri atas koil yang berfungsi kumparan, yang kedua *valve* yang merupakan katup atau keran yang memiliki prinsip kerja apabila solenoid mendapatkan aliran listrik maka katup tersebut akan terbuka dengan sendirinya, begitu pun sebaliknya (Atmaja, 2010).



Gambar 2. *Solenoid Valve*
(Sumber: Atmaja, 2010).

Solenoid valve adalah salah satu kran yang dirancang menggunakan solenoida sebagai kontrol nya, kran ini aktif ketika diberikan tegangan 12 volt dengan arus 1,2 Ampere untuk tiap kran. Kran ini hanya mampu *on* dan *off* saja karena solenoida pada prinsipnya bekerja pada dua kondisi yaitu hanya *on* dan *off* (Ardiansyah, 2018).

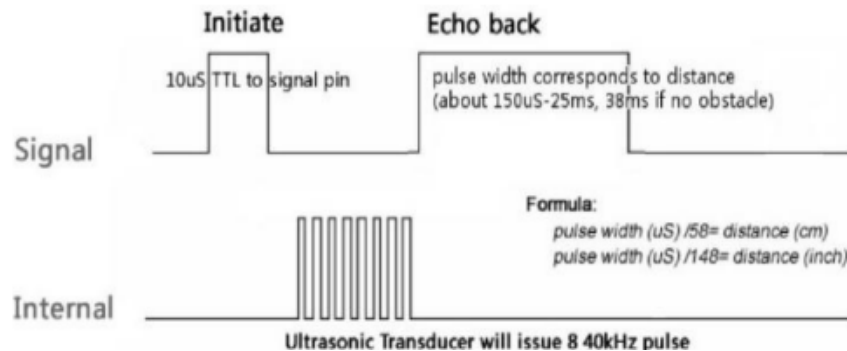
2.7 Sensor Ketinggian Air (Sensor Ultrasonik HC-SR04)

Untuk dapat memonitoring ketinggian air pada akuaponik digunakan sensor HC-SR04. Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Jangkauan pengukurannya berkisar antara 2 cm sampai 400 cm dengan resolusi 1 cm. Sensor ini memiliki 4 pin yaitu VCC sebagai sumber tegangan positif sensor, pin Trigger yang digunakan untuk membangkitkan sinyal ultrasonik, pin Echo yang digunakan untuk mendeteksi sinyal pantulan *ultrasonic* dan pin Gnd sebagai sumber tegangan negatif sensor. Sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki 2 komponen utama yaitu transmitter dan receiver. Fungsi dari *ultrasonic* transmitter adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian ultrasonic receiver menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul (Missa *et al.*, 2018).

Sensor HC-SR04 adalah sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak maupun kedalaman antara penghalang dan sensor. Sensor bekerja dengan mengirimkan sinyal ultrasonik yang selanjutnya akan dikembalikan oleh suatu objek ke sensor. Dilengkapi dengan 4 pin yakni pin VCC sebagai sumber tegangan positif, pin Echo sebagai pendeteksi sinyal pantulan ultrasonik, pin Gnd sebagai sumber tegangan negatif dan pin Trigger yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal ultrasonik. Sensor ini memiliki jangkauan pengukuran antara 2 cm sampai 400 cm dengan resolusi 1 cm (Missa *et al.*, 2018).

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah ketika pulsa *trigger* diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan gelombang *ultrasonic*. Pada saat yang sama sensor akan menghasilkan keluaran TTL transisi naik yang dapat menandakan sensor mulai menghitung waktu

pengukuran, setelah receiver menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan keluaran TTL transisi turun (Missa *et al.*, 2018).



Gambar 3. *Timing Diagram Modul Sensor HC-SR04.*
(Sumber: Siregar & Rivai, 2019).

Menurut Siregar & Rivai (2019), diagram pewaktuan (*timing diagram*) pembacaan sensor ini dapat dilihat pada Gambar 3. Untuk menghitung lamanya sinyal *high* yang diterima mikrokontroler dari pin echo, maka digunakan fasilitas timer yang ada pada masing-masing mikrokontroler. Ketika ada perubahan dari *low* ke *high* dari pin echo maka akan mengaktifkan *timer*, dan ketika ada perubahan dari *high* ke *low* dari pin echo maka akan mematikan *timer*. Setelah itu yang diperlukan adalah mengkonversi nilai *timer* dari yang satuannya dalam detik, menjadi ke dalam satuan jarak (inch atau cm) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jarak (inch)} = \text{waktu hasil pengukuran (uS)} / 148$$

$$\text{Jarak (cm)} = \text{waktu hasil pengukuran (uS)} / 58$$

2.8 Thinger.io

Thinger.io merupakan *platform Internet of Things* (IoT) yang menyediakan fitur *cloud* untuk menghubungkan berbagai perangkat yang terkoneksi dengan internet. *Thinger.io* juga dapat memvisualisasikan hasil pembacaan sensor dalam bentuk nilai atau grafik serta menyediakan file excel secara *free*. *Thinger.io* juga merupakan salah satu kemajuan teknologi terkait efisiensi transmisi, komunikasi dua arah, waktu nyata, interoperabilitas dan kesederhanaan dalam penyebaran aplikasi fusi data. *Thinger.io* menggabungkan bahasa pemodelan sederhana yang memungkinkan penerapan aplikasi fusi data untuk menyimpan informasi yang dikumpulkan dalam suatu ekosistem di cloud dan kemudian memodelkan perilaku

sensor, untuk digunakan dalam simulasi. *Platform IoT Server Thinger.io* yang dipasang secara lokal berfungsi sebagai Unit Terminal Utama tempat HMI dibuat untuk visualisasi dan pemrosesan data dan mikrokontroler (Sumantri, 2022).

Menurut Haqi (2021), *Thinger.io* adalah *Cloud IoT Platform* yang menyediakan setiap alat yang dibutuhkan untuk membuat prototipe, menskalakan, dan mengelola perangkat yang terhubung dengan cara yang sederhana. Adapun kelebihan dari *platform Thinger.io* antara lain:

- a. *Platform IoT gratis: Thinger.io* menyediakan akun gratis seumur hidup dengan hanya sedikit batasan untuk mulai belajar dan membuat prototipe ketika produk pengguna siap untuk diskalakan, Pengguna dapat menerapkan server premium dengan kapasitas penuh dalam beberapa menit.
- b. Sederhana namun Kuat: Hanya beberapa baris kode untuk menghubungkan perangkat dan mulai mengambil data atau mengontrol fungsinya dengan Konsol berbasis, dapat menghubungkan dan mengelola ribuan perangkat dengan cara yang sederhana.
- c. Perangkat keras agnostik: Perangkat apa pun dari produsen mana pun dapat diintegrasikan menggunakan bantuan dokumentasi yang lengkap dengan infrastruktur *Thinger.io*.
- d. Infrastruktur yang sangat skalabel & efisien: berkat paradigma komunikasi unik Thinger, di mana server IoT berlangganan sumber daya perangkat untuk mengambil data hanya jika diperlukan, satu instans *Thinger.io* mampu mengelola ribuan perangkat IoT dengan beban komputasi rendah, bandwidth dan latensi.
- e. Sumber Terbuka: sebagian besar modul *platform*, pustaka, dan kode sumber APP tersedia di repositori Github Thinger untuk diunduh dan dimodifikasi.

2.9 Solid State Relay (SSR)

Solid State Relay merupakan saklar elektronik menggunakan semikonduktor yang bisa mengendalikan aliran arus listrik lebih besar dengan komponen *relay* seperti seperti pada umumnya. *Solid state relay* ini dibangun dengan isolator untuk memisahkan bagian input dan bagian saklar. SSR sebenarnya sama dengan *relay* elektromekanik atau *magnetic contactor* namun *relay* elektromekanik memiliki

keterbatasan bila dibandingkan dengan SSR, salah satunya seperti siklus hidup kontak yang terbatas, mengambil banyak ruang dan besarnya daya kontaktor *relay*. *Relay* akan dihidupkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan power DC yang rendah. Isolasi optik antara input dan output inilah yang menjadi kelebihan yang ditawarkan oleh SSR bila dibandingkan dengan *relay* elektromekanik (Kustiawan, 2018).