

# Analisis Perbandingan Sensor *RobotDyn Water Level* dan Transduser Ultrasonik Untuk Membaca Ketinggian Air Pada Tanaman Hidroponik

MUHAMMAD RAMDHAN<sup>1\*</sup>, M. VICKY G. AZIZ<sup>2</sup>, NIKEN SYAFITRI<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Institut Teknologi Nasional, Indonesia

<sup>2</sup>CV MisaGani Indonesia

Email: ramdhanstrong@gmail.com

Received 21 08 2023 | Revised 28 08 2023 | Accepted 28 08 2023

## ABSTRAK

*Abstrak— Penelitian ini membahas tentang pengukuran ketinggian air untuk menjaga volume air pada sistem hidroponik. Volume air pada sistem hidroponik merupakan salah satu faktor esensial karena air merupakan media utama yang menjadi penopang dari sistem hidroponik dan karena kondisi tertentu maka air pada penerapannya dapat berkurang dan menguap seiring waktu sehingga sirkulasi sistem hidroponik akan kekurangan air. Volume air yang bersirkulasi pada sistem dapat direpresentasikan dengan ketinggian air pada wadah tetap. Diujikan dua sensor pembaca ketinggian air yaitu sensor ultrasonik dan sensor Robotdyn Water Level Sensor untuk menentukan perform yang terbaik secara performa. Dilakukan pengukuran 0 – 4 cm ketinggian air sebanyak 3 kali untuk masing – masing sensor untuk menentukan performa keakurasian dari sensor. Sensor water level memiliki nilai simpangan akurasi 0,43 cm sedangkan sensor ultrasonik memiliki nilai 0,15 cm. Sensor ultrasonik dipilih karena memiliki akurasi yang lebih baik.*

**Kata kunci:** Hidroponik, Transduser Ultrasonik, Robotdyn Water Level Sensor, Pengukur ketinggian Air, Simpangan Akurasi.

## ABSTRACT

*This study discusses about how to maintain the water volume of hydroponic system. The water volume on hydroponic is one of the essential factors because water is the main factor of hydroponics system, sometimes the water evaporates and the hydroponic system will run out of water. The circullated water volume can be seen by the water level on a fixed container. There are 2 censors that tested to read te water level of hydroponic system, first censor is ultarsonic censor and the second censor is Robotdyn water level censor. The censors are tested to measure the water level from the depth of 0 to 4 cm with three times testing metode to shows which censor has the best accuration. From the results of the test, Robotdyn water level censor shows an accuracy of 0.43 cm and the ultrasonic censor shows an accuracy of 0.15cm. Therefore, the ultrasonic sensor is chosen because of better accuration results.*

**Keywords:** *Hydroponics, Ultrasonic Transducers, Robotdyn Water Level Sensors, Water Level Gauges, Accuracy Deviations.*

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi hidroponik di Indonesia dewasa ini telah mengalami perkembangan pesat. Teknologi hidroponik masuk ke Indonesia pada tahun 1970-an dan mulai berkembang untuk skala industri pada tahun 1982 ([www.urbanhidroponik.com](http://www.urbanhidroponik.com), 2015). Pertambahan jumlah penduduk dan urbanisasi ke kota-kota besar sebagai faktor pendorong meningkatnya alih fungsi lahan pertanian di wilayah perkotaan menjadi pemukiman, perkantoran, pusat perdagangan dan infrastruktur kota lainnya. Terbatasnya lahan pertanian dan tingginya harga lahan mendorong berkembangnya teknologi hidroponik sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan namun tetap dapat berproduksi tinggi dibandingkan dengan budidaya secara konvensional.

Akan tetapi, dalam prosesnya, sistem hidroponik memiliki beberapa kendala, salah satunya terdapat pada sistem penyediaan air. Sesuai dengan namanya, hidroponik sangat mengandalkan air. Air pun dapat menjadi media untuk mengalirnya nutrisi dan protein pada sistem hidroponik ([Sulaiman dkk., 2020](#)). Dengan demikian, sistem sirkulasi air merupakan komponen esensial yang menjadi pembangun utama dari pondasi sistem hidroponik. Secara sistem kerja, sirkulasi air pada hidroponik memiliki fungsi agar tanaman harus tetap terhidrasi secara optimal setiap waktu. Namun, dalam beberapa kasus seperti tanaman di bawah sinar matahari akan mengakibatkan air menguap dan berkurang ([Fakhruzzaini & Aprilianto, 2017](#)). Hal tersebut dapat berdampak negatif terhadap tumbuhan hidroponik seperti tidak optimalnya fotosintesis karena kekurangan air, terhambatnya pertumbuhan tanaman, dan lain-lain.

Parameter ketinggian air atau *water level* dapat menjadi parameter yang menentukan kondisi sirkulasi air karena ketinggian merepresentasikan jumlah volume air yang sedang bersirkulasi pada sistem hidroponik tersebut. Dengan demikian dengan menjaga ketinggian air akan mengoptimalkan sirkulasi air pada sistem. Dari permasalahan tersebut, diajukan suatu sistem yang secara otomatis dapat mengontrol dan menjaga ketinggian air pada sistem hidroponik agar sesuai dengan batas yang telah ditentukan sehingga tanaman akan terus terhidrasi setiap waktu. Pada sistem tersebut, ketepatan pembacaan ketinggian air menjadi penting agar ketinggian air yang dijaga tidak terlalu berlebihan dan mengakibatkan air meluap dan tidak optimal. Di pasaran, terdapat banyak sensor ketinggian air yang dapat digunakan untuk sistem hidroponik. Namun, pada kegiatan penelitian ini, dipilih dua sensor pengukur ketinggian air yang umum ditemukan di pasaran yaitu sensor berjenis ultrasonik dan RobotDyn *water level sensor*. Sebagai perbandingan performa, maka dilakukan perbandingan antara dua jenis sensor ini untuk menentukan sensor yang lebih akurat dan lebih sesuai untuk digunakan pada sistem otomatisasi hidroponik.

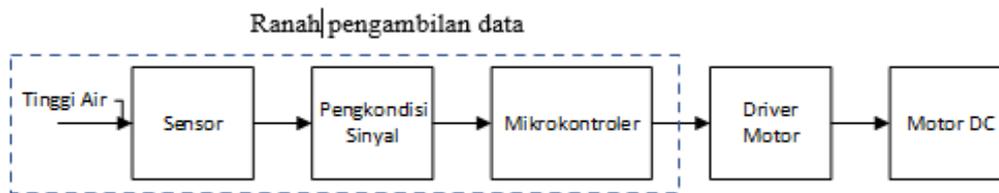
## 2. METODOLOGI

### 2.1. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang adalah sistem instrumen pemantauan ketinggian air untuk sistem tanam hidroponik. Perancangan ini memiliki beberapa spesifikasi sistem yang merujuk pada.

1. Ketinggian air yang akan diukur 4 cm.
2. Menggunakan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique (NFT)*.
3. Menggunakan kontroler Arduino Uno.

Secara umum, prinsip kerja purwarupa sistem otomasi pengairan tanaman hidroponik dapat dijelaskan oleh blok diagram pada Gambar 1. Berikut ini.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

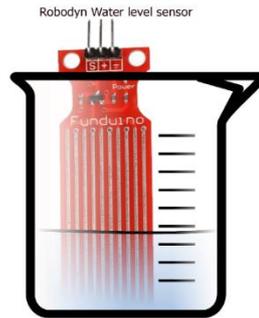
Masukan dari sensor pada sistem ini adalah nilai ketinggian air. Ketinggian air tersebut dibaca oleh sensor dan diolah menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik dari sensor tersebut diolah oleh pengkondisi sinyal agar sinyal tersebut menghasilkan parameter yang memenuhi syarat agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Sinyal keluaran dari sistem pengkondisi sinyal tersebut adalah sinyal analog sehingga harus dilewatkan terlebih dahulu ke perangkat ADC yang sudah terintegrasi pada mikrokontroler, dalam hal ini pin masukan analog mikrokontroler. Sinyal analog yang telah diubah menjadi sinyal digital lalu diproses oleh mikrokontroler dengan algoritma yang dituliskan pada program sehingga menghasilkan keluaran tertentu. Keluaran dari mikrokontroler tersebut merupakan sinyal digital yang dapat mengontrol aktivasi motor DC sebagai aktuatornya. Akan tetapi untuk mengatur aktivasi motor DC dibutuhkan suatu rangkaian tertentu yaitu *driver* motor DC yang berfungsi untuk memisahkan sinyal kontrol dan tegangan *supply*. Dari sistem yang dirancang, akan terlihat nilai simpangan sensor yang akan dibandingkan.

## 2.2. Perancangan Perangkat Keras

Sebelum purwarupa sistem otomasi pengairan tanaman hidroponik dirancang, dua sensor ketinggian air terlebih dahulu diuji untuk mengetahui sensor mana yang memiliki akurasi dan presisi yang lebih baik. Oleh karena itu, terdapat tiga rangkaian perangkat keras yang dirancang pada kegiatan penelitian ini, yaitu perangkat keras pengujian ketinggian air menggunakan *Water Level Sensor*, perangkat keras pengujian ketinggian air menggunakan transduser ultrasonik, serta perangkat keras integrasi sensor ketinggian air dengan *submersible DC motor*.

### 2.2.1 Perangkat Keras Pengujian *Water Level Sensor*

Perangkat keras ini dirancang untuk menguji karakteristik statik dari *Water Level Sensor* saat melakukan pengukuran tinggi air. Pada pengujian ini, perangkat keras terdiri dari *water level sensor* untuk membaca nilai ketinggian air, Arduino Uno sebagai pemroses data utama, dan laptop atau komputer untuk menampilkan data pada serial monitor. Berikut Gambar 2 akan merepresentasikan pengujian pengukuran ketinggian air menggunakan *water level sensor* dengan meletakkan sensor RobotDyn ke dalam air hingga akan menghasilkan tegangan analog yang berubah seiring terendamnya sensor.



Gambar 2. Pengujian Pengukuran Menggunakan *Water Level Sensor*

Koneksi pin antara *water Level Sensor* dan Arduino Uno dijelaskan pada Tabel 1 berikut, sedangkan laptop atau komputer dihubungkan dengan Arduino Uno melalui kabel USB.

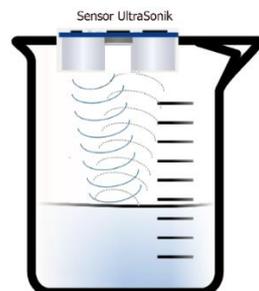
Tabel 1. Koneksi pin antara *Water Level Sensor* dan Arduino Uno

<i>Water Level Sensor</i>	Arduino Uno
+	5V
-	GND
S	A0

Pin "+" pada *Water Level Sensor* merupakan pin tegangan *supply* dari modul tersebut, sehingga dihubungkan dengan tegangan konstan 5V pada Arduino Uno. Untuk *Ground* pada modul sensor bertanda "-" dan dihubungkan dengan pin GND pada Arduino Uno. Pin bertuliskan "S" merupakan data keluaran dari sensor berupa sinyal analog dengan tegangan maksimal 5V, dihubungkan dengan masukan pin analog pada Arduino Uno.

### 2.2.2 Perangkat Keras Pengujian Transduser Ultrasonik

Perangkat keras ini dirancang untuk menguji karakteristik statik dari transduser ultrasonik saat digunakan untuk membaca ketinggian air pada suatu wadah. Pada pengujian ini, perangkat keras yang digunakan adalah modul transduser ultrasonik HC-SR04 untuk membaca nilai ketinggian air, Arduino Uno sebagai pemroses data utama, dan laptop atau komputer untuk menampilkan data pengukuran pada serial monitor. Berikut, Gambar 3 merupakan representasi pengujian ini dengan meletakkan transduser ultrasonik berhadapan terhadap permukaan air yang berubah ketinggiannya.



Gambar 3. Pengukuran Ketinggian Air Menggunakan Transduser Ultrasonik

Koneksi pin antara modul transduser ultrasonik dan Arduino Uno dijelaskan pada Tabel 2 berikut, sedangkan laptop atau komputer dihubungkan dengan Arduino Uno melalui kabel USB.

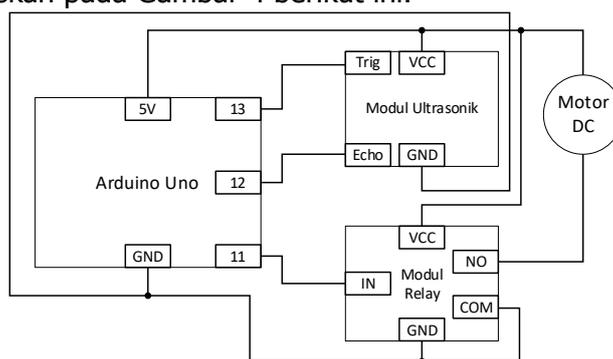
Tabel 2. Koneksi Pin Antara Modul Transduser Ultrasonik dan Arduino Uno

<i>Water Level Sensor</i>	Arduino Uno
VCC	5V
Trig	D13
Echo	D12
GND	GND

Pin VCC pada *Water Level Sensor* merupakan pin tegangan *supply* dari modul tersebut, sehingga dihubungkan dengan tegangan konstan 5V pada Arduino Uno. Untuk *Ground* pada modul sensor bertanda GND dan dihubungkan dengan pin GND pada Arduino Uno. Pin bertuliskan "Trig" merupakan pin untuk menghasilkan sinyal pulsa pada bagian *transceiver* modul ultrasonik, sedangkan pin "Echo" adalah pin data untuk mendeteksi penerimaan sinyal pulsa yang dipantulkan oleh objek yang akan diukur jaraknya.

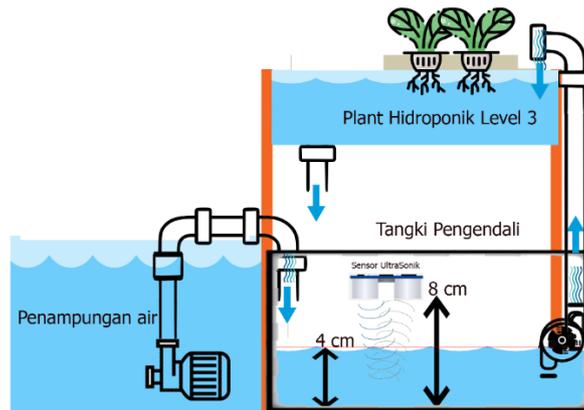
### 2.2.3 Perangkat Keras Integrasi Sistem Pengairan Hidroponik

Perangkat keras dirancang untuk mengimplementasikan konsep sistem otomasi pengairan pada tanaman hidroponik. Pada sistem ini, perangkat keras yang digunakan adalah transduser ultrasonik, Arduino Uno, *relay* elektromekanik, dan *submersible DC Motor*. Pengkabelan antar perangkat keras dijelaskan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Pengkabelan Purwarupa Sistem Pengairan Hidroponik

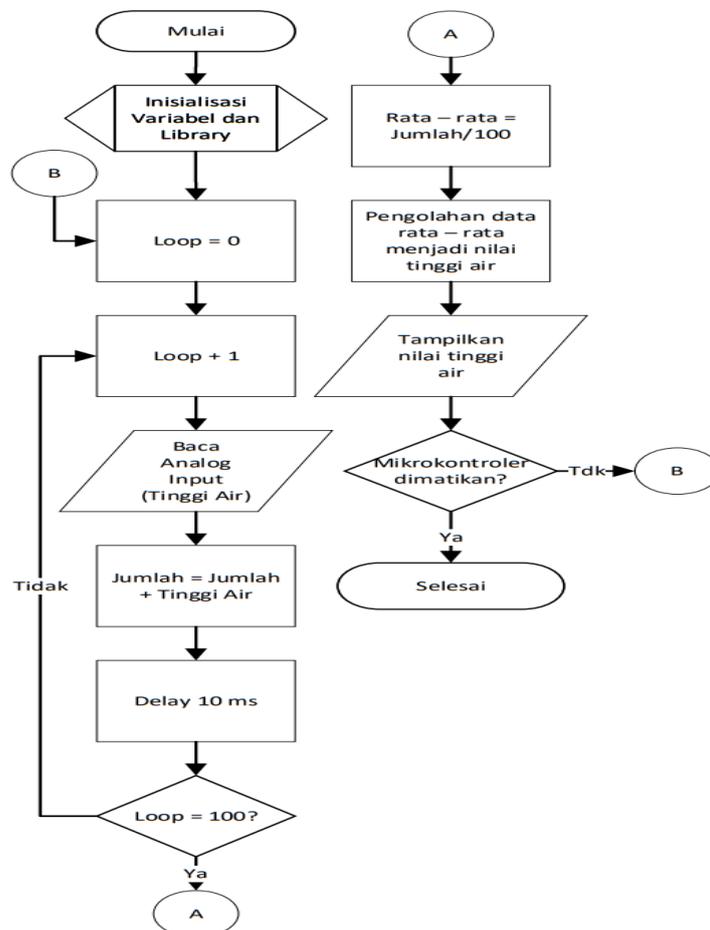
Terlihat pada Gambar 4, Arduino Uno sebagai pemroses utama memicu produksi sinyal pulsa oleh modul ultrasonik melalui pin "Trig" dan menerima data penanda kembalinya sinyal pulsa tersebut melalui pin "Echo". Arduino Uno lalu memberikan sinyal digital kepada modul *relay* untuk mengatur terbuka atau tertutupnya sakelar pada *relay* tersebut yang juga memicu nyala atau matinya *submersible DC motor* sebagai pemompa air. Berikut Gambar 5 merupakan gambaran sistem hidroponik yang dirancang dimana terdapat dua tangki yaitu pengendali dan penampung dan sistem hidroponik yang terdiri dari tiga level.



Gambar 5. Sistem Pengairan Hidroponik

Tangki Pengendali dipasang sensor pembaca ketinggian air berupa transduser ultrasonik yang letaknya 8 cm dari dasar tangki untuk mengetahui volume air yang mengalir pada sistem hidroponik. Tangki pengendali akan menaikkan air menggunakan *submersible DC motor* agar air naik ke *plant* hidroponik level 3. Air kemudian akan turun menuju kedua level selanjutnya dan kembali ke tangki pengendali. Dari sirkulasi yang ada, maka ketika ketinggian air yang dibaca transduser ultrasonik berkurang atau kurang dari 4 cm maka tangki penampungan akan memberikan air hingga nilai ketinggian air mencapai 4 cm.

### 2.3. Perancangan Perangkat Lunak

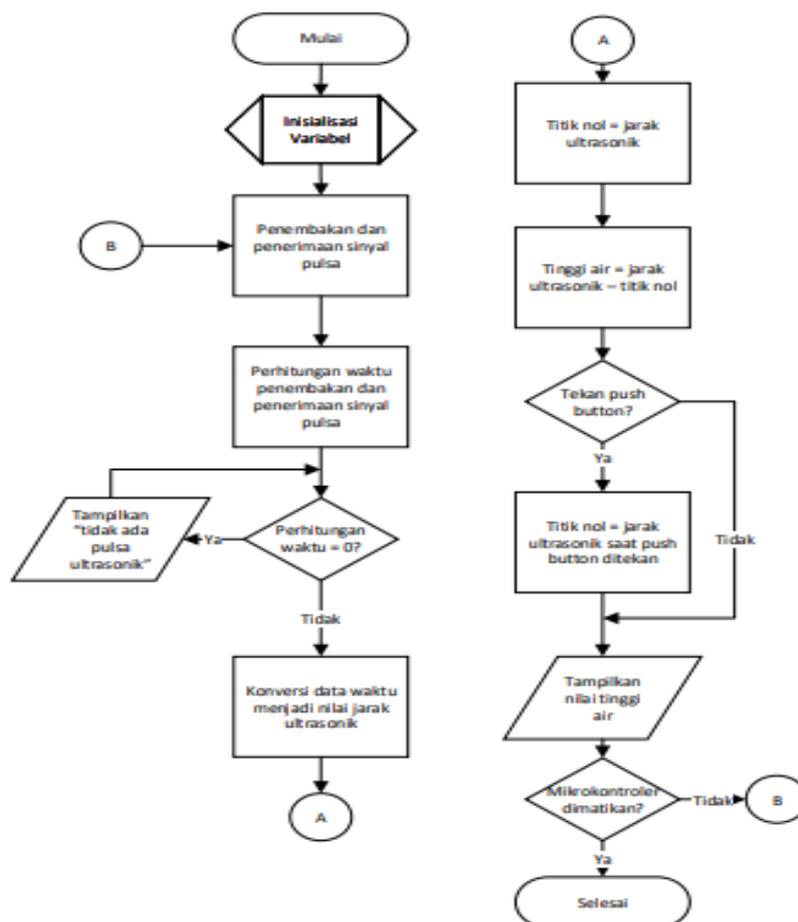


Analisis Perbandingan Sensor *RobotDyn Water Level* dan Transduser Ultrasonik Untuk Membaca Ketinggian Air Pada Tanaman Hidroponik

Gambar 6. Diagram Alur Program Pembacaan *RobotDyn Water Level Sensor*

Gambar 6 adalah diagram pembacaan ketinggian air dengan *water level sensor*. Program dimulai dengan inialisasi variabel yang digunakan pada program. Program lalu memasuki fase *looping* pembacaan data dari sensor yang bertujuan untuk mengumpulkan data yang nantinya akan dihitung menjadi rata-rata. Hal tersebut dilakukan agar pembacaan data lebih konstan dan tidak terus berubah-ubah dalam waktu yang singkat. Data yang dikumpulkan sesuai dengan jumlah *loop* yang dilakukan, yaitu 100. Setelah *loop* selesai, data yang telah dijumlah lalu dihitung nilai rata-ratanya dan ditampilkan pada serial monitor.

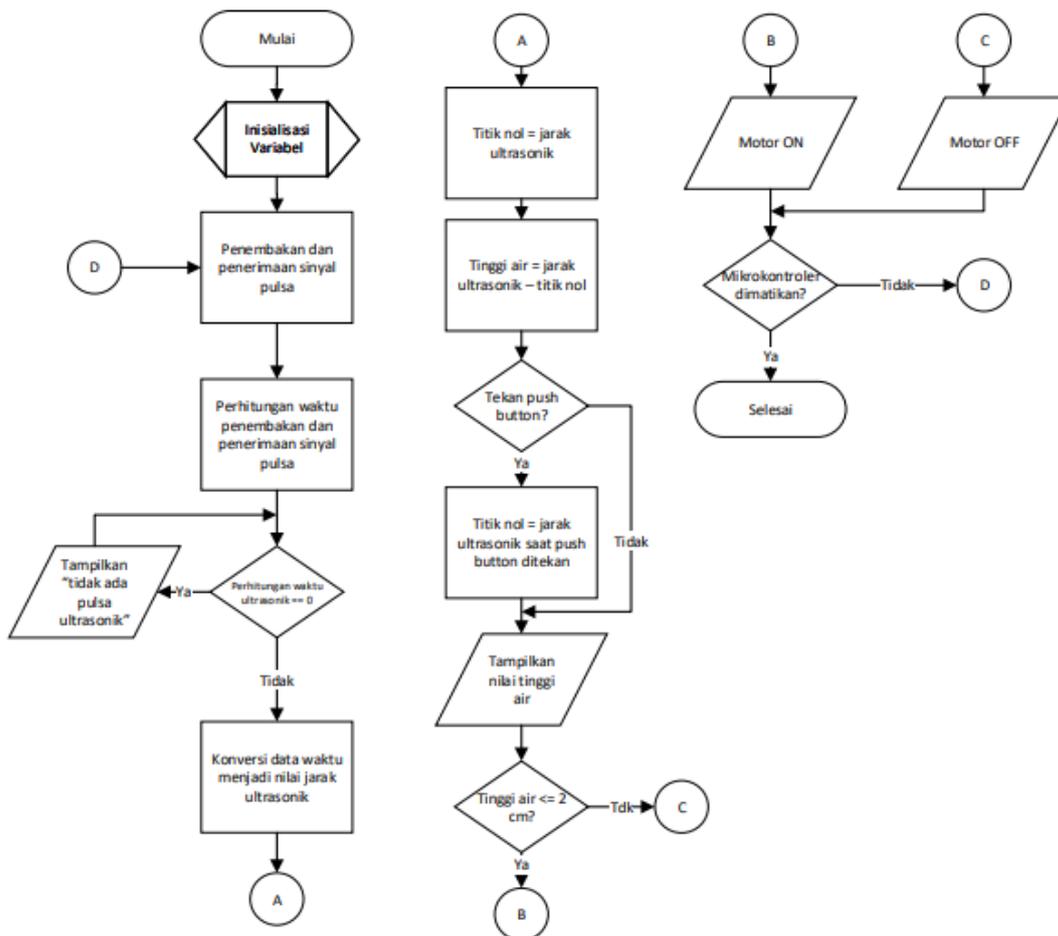
Sedangkan program pembacaan nilai ketinggian air oleh sensor transduser ultrasonik dapat dijelaskan oleh diagram alir pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Diagram Alur Program Sensor Ketinggian Air Dengan Transduser Ultrasonik

Program dimulai dengan inialisasi variabel yang akan digunakan dalam program. Sinyal pulsa lalu dibuat dan ditembakkan oleh *transceiver* dari modul ultrasonik. Sinyal memantul terhadap objek dan akan diterima kembali oleh *receiver* dari modul ultrasonik. Waktu antara proses penembakan dan penerimaan kembali sinyal lalu dihitung untuk menghasilkan nilai ketinggian air. Nilai tersebut lalu ditampilkan pada serial monitor.

Setelah program konversi data sensor menjadi nilai ketinggian sudah teruji dan tepat, sensor ketinggian air diintegrasikan dengan motor DC dengan alur program seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Diagram Alur Program Integrasi Sistem Pengairan Hidroponik

Saat sistem aktif, setelah melakukan inisialisasi variabel, pembacaan data sensor dilakukan. Data tersebut lalu diolah menggunakan persamaan untuk dikonversikan menjadi nilai ketinggian air. Nilai ketinggian air tersebut lalu melewati pengecekan batas minimum tinggi air. Jika tinggi air di bawah batas minimum wadah maka motor akan menyala dan mengalirkan air, sedangkan jika tinggi air di atas batas minimum wadah, maka motor akan mati. Setelah itu, nilai tinggi air melewati pengecekan kedua. Jika tinggi air sudah melebihi batas maksimum wadah maka motor akan mati, akan tetapi jika air belum melewati batas maksimum wadah, maka tidak terjadi perubahan status pada motor DC. Setelah pengecekan lalu nilai tinggi air ditampilkan oleh sistem. Dua batas (maksimum dan minimum) dibuat agar motor DC tidak mengalami mati nyala secara terus menerus karena hal tersebut mengakibatkan pemborosan daya listrik.

### 3. HASIL DAN ANALISIS

#### 3.1. Pengujian RobotDyn *Water Level Sensor*

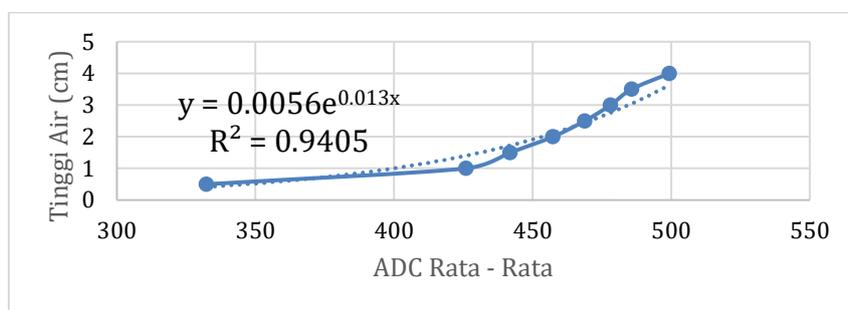
Pada pengujian ini, terdapat tabel berisikan data nilai ADC, tabel data nilai konversi ketinggian air serta tabel data nilai ketinggian air setelah dilakukan kalibrasi.

Analisis Perbandingan Sensor *RobotDyn Water Level* dan Transduser Ultrasonik Untuk Membaca Ketinggian Air Pada Tanaman Hidroponik

Tabel 3. Tabel Nilai ADC *Water Level Sensor*

Tinggi air referensi (cm)	Nilai ADC 1	Nilai ADC 2	Nilai ADC 3	ADC Rata-rata
0,5	350,50	253,01	393,50	332,3367
1	406,70	436,35	434,84	425,9633
1,5	418,42	452,84	454,33	441,8633
2	437,14	466,16	468,73	457,3433
2,5	455,06	473,50	477,93	468,8300
3	464,18	483,57	486,64	478,1300
3,5	472,35	491,31	493,50	485,7200
4	485,61	505,88	506,65	499,3800

Data pada Tabel 3 tersebut dibuat grafik untuk melihat karakteristiknya dan mencari persamaan konversi nilai ADC menjadi nilai ketinggian air.



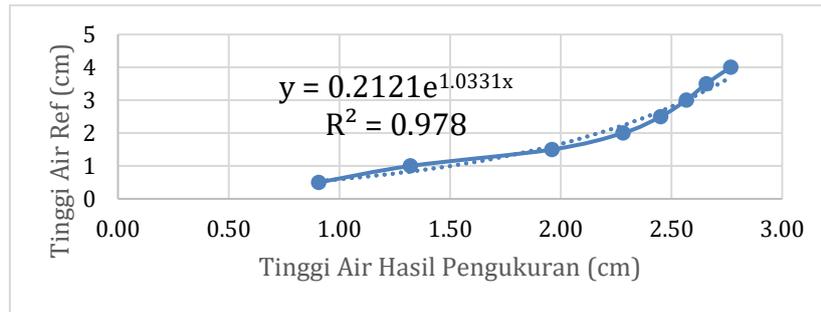
Gambar 9. Grafik Tinggi Air Referensi (Dalam Cm) Terhadap Nilai ADC

Persamaan grafik pada Gambar 9 disertakan pada perangkat lunak dan diunggah sehingga sistem pengujian menghasilkan angka ketinggian air seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Pengujian Konversi Nilai ADC Menjadi Nilai Ketinggian Air

Tinggi Air Referensi (cm)	Tinggi Air Hasil Pengukuran (cm)				Simpangan (cm)
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Rata-rata	
0,5	0,63	0,90	1,19	0,91	0,41
1	1,03	1,42	1,51	1,32	0,32
1,5	2	2,11	1,77	1,96	0,46
2	2,2	2,41	2,23	2,28	0,28
2,5	2,2	2,61	2,54	2,45	0,05
3	2,2	2,75	2,75	2,57	0,43
3,5	2,17	2,88	2,92	2,66	0,84
4	2,3	2,98	3,02	2,77	1,23
Rata-rata					0,50

Pada Tabel 4 terlihat bahwa masih terdapat simpangan antara nilai tinggi air referensi dan hasil ukur menggunakan *Water Level Sensor*, dimana simpangan maksimum adalah 1,23 cm, minimum 0,05 cm dan rata-rata 0,5 cm. Data pada Tabel 4 lalu dipetakan menjadi grafik yang dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



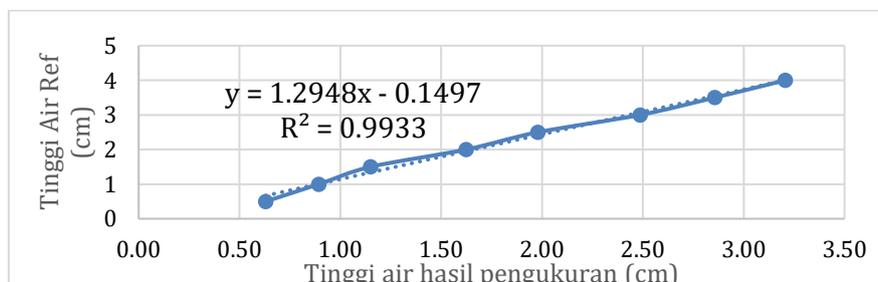
Gambar 10. Grafik Tinggi Air Referensi Terhadap Hasil Ukur (Dalam Cm)

Dari Gambar 10 terlihat bahwa grafik terlihat masih belum linier melainkan cenderung berbentuk eksponensial, selain itu, nilai simpangan yang dihasilkan antara referensi dan hasil ukur pun masih terbilang besar. Oleh karena itu, kalibrasi dilakukan dengan cara menambahkan persamaan pada Gambar 10 ke perangkat lunak sistem dan mengunggahnya. Sistem kemudian diuji kembali dan menghasilkan data seperti pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Data Nilai Tinggi Air Setelah Kalibrasi

Tinggi air referensi (cm)	Tinggi air hasil pengukuran (cm)				Simpangan (cm)
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Rata-rata	
0,5	0,58	0,54	0,77	0,63	0,13
1	0,88	0,96	0,84	0,89	0,11
1,5	1,18	1,24	1,03	1,15	0,35
2	1,83	1,68	1,36	1,62	0,38
2,5	2,4	1,99	1,55	1,98	0,52
3	2,93	2,65	1,88	2,49	0,51
3,5	3,28	3,04	2,25	2,86	0,64
4	3,79	3,27	2,56	3,21	0,79
Rata-rata					0,43

Dari Tabel 5 terlihat bahwa nilai simpangan rata-rata lebih kecil dari data sebelumnya, yaitu 0,43 cm. Selain itu nilai simpangan maksimum pun turun menjadi 0,79 cm. Hal ini menunjukkan bahwa kalibrasi yang dilakukan cukup berhasil. Data pada Tabel 5 lalu dibuat grafik nilai tinggi air referensi terhadap hasil ukur (dalam cm) seperti pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Grafik Nilai Tinggi Air Setelah Kalibrasi

Dari grafik pada Gambar 1 terlihat bahwa data sensor sudah linier dengan angka  $R^2 = 0,9933$ . Akan tetapi, karakteristik sensor (linieritas dan nilai simpangan) selalu berubah seiring berjalannya waktu. Hal ini diakibatkan karena plat konduktor sensor yang menyentuh air dapat

berkarat atau ditumbuhi jamur, sehingga nilai resistansi dan tegangan yang dihasilkan sensor menjadi berubah.

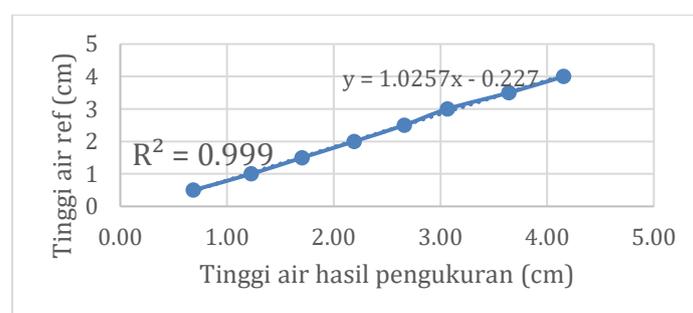
### 3.2. Pengujian Modul Transduser Ultrasonik

Modul ultrasonik diuji untuk mengukur ketinggian air sehingga menghasilkan data seperti pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data Pengujian Tinggi Air Menggunakan Modul Transduser Ultrasonik

Tinggi air referensi (cm)	Tinggi air hasil pengukuran (cm)				Simpangan (cm)
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Rata-rata	
0,5	1,03	0,69	0,33	0,68	0,18
1	1,21	1,21	1,26	1,23	0,23
1,5	1,67	1,72	1,72	1,70	0,20
2	2,19	2,19	2,19	2,19	0,19
2,5	2,66	2,66	2,66	2,66	0,16
3	2,81	3,19	3,19	3,06	0,06
3,5	3,66	3,66	3,6	3,64	0,14
4	4,17	4,12	4,17	4,15	0,15
Rata-rata					0,17

Dari Tabel 6 terlihat bahwa data hasil ukur ketinggian air yang dihasilkan transduser ultrasonik rata-rata lebih kecil dari simpangan yang dihasilkan oleh *Water Level Sensor* hasil kalibrasi. Tidak seperti *RobotDyn water level sensor*, transduser ultrasonik tidak menyentuh air secara langsung sehingga komponen sensor lebih tahan terhadap karat atau jamur. Hal tersebut menyebabkan hasil pembacaan transduser selalu memiliki karakteristik yang sama atau tidak berubah-ubah. Data pada Tabel 6 lalu dipetakan menjadi grafik nilai tinggi air referensi terhadap hasil ukur (dalam cm) seperti pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Grafik Pembacaan Nilai Tinggi Air Menggunakan Transduser Ultrasonik

Dari grafik pada Gambar 12 terlihat bahwa pembacaan nilai tinggi air oleh transduser ultrasonik cukup linier dengan nilai  $R^2 = 0,999$ , lebih besar dari *RobotDyn Water Level Sensor*.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian dan pengamatan sensor ketinggian air serta implementasinya pada sistem hidroponik yang dibangun dalam kegiatan penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Transduser ultrasonik menunjukkan hasil pembacaan nilai tinggi air yang lebih akurat dibandingkan dengan RobotDyn *water level sensor*, dengan nilai hasil ukur transduser ultrasonik memiliki simpangan rata-rata dari nilai referensi sebesar 0,17 cm, sedangkan RobotDyn *Water Level Sensor* memiliki simpangan rata-rata dari nilai referensi sebesar 0,43 cm.
2. Transduser ultrasonik digunakan untuk membaca nilai ketinggian air pada implementasi sistem otomasi pengairan sistem hidroponik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hidroponik, U. (2015). *Sejarah Ringkas Hidroponik di Indonesia dan Dunia*. Diambil kembali dari urbanhidroponik.com: <http://www.urbanhidroponik.com/2016/04/sejarah-ringkas-hidroponik-indonesia-dan-dunia.html>
- Sulaiman, A. S. S., Bujang, A. S., Hassim, S. A., & Azman, M. S. A. (2020). Fertiliser Concentration Detection using Hydroponic Root Zone Cooling System on Roof Top Garden for Lactuca sativa Cultivation. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.36877/aafrij.a0000144>
- Fakhruzzaini, M., & Aprilianto, H. (2017). Sistem Otomatisasi Pengontrolan Volume Dan PH Air Pada Hidroponik. *JUTISI*, 6, 1311–11448.
- Herwibowo, K., & Budiana, N. (2014). *Hidroponik Sayuran untuk Hobi dan Bisnis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Fatimah, S. (2021, April 30). *8 Sistem Hidroponik Yang Harus Diketahui Bagi Pemula*. Diambil kembali dari kebunpintar.id: <https://kebunpintar.id/blog/8-sistem-hidroponik-yang-harus-diketahui-bagi-pemula/>
- Faudin, A. (2017, Desember 13). *Tutorial Arduino mengakses Transduser ultrasonik HC-SR04*. Diambil kembali dari nyebarilmu.com: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-sensor-ultrasonic-hc-sr04/>