

KENDALI KONSENTRASI ZAT TERLARUT PADA HIDROPONIK BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DI KAMPUNG SONGO SURABAYA

ADE WILİYANTO

¹Institut Teknologi Telkom Surabaya, Indonesia
²Faculty Of Electrical Technology & Intelligent Industries
Email : willyjumping01@gmail.com

Abstrak: Pertumbuhan populasi perkotaan telah menyebabkan pergeseran lahan pertanian menjadi pemukiman, mengurangi ruang untuk budidaya hidroponik. Warga perkotaan perlu mengembangkan budidaya tanaman sebagai solusi ketahanan pangan. Potensi lahan terabaikan di sekitar pemukiman dapat dimanfaatkan dengan bercocok tanam hidroponik. Kendala utama dalam pengelolaan hidroponik adalah menjaga nutrisi dan volume air, sulit dilakukan karena kesibukan warga. Oleh karena itu, diperlukan solusi otomatis untuk mengatur kondisi tumbuhan secara efektif. Penelitian ini mengusulkan solusi alternatif menggunakan mikrokontroler untuk mengontrol tanaman hidroponik secara otomatis, mendorong partisipasi warga dalam budidaya hidroponik. Tujuan penelitian mencakup pengembangan sistem kontrol air nutrisi, termasuk rasio pengisian air dan nutrisi, serta pemantauan kepekatan air nutrisi dan kualitas air yang konsisten dalam hidroponik. Metodenya melibatkan penggunaan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengukur kadar nutrisi melalui sensor TDS. Sistem ini mengendalikan solenoid valve untuk mengatur aliran air nutrisi, dan sensor water level untuk memonitor ketinggian air di tangki hidroponik. Penelitian ini bertujuan menyediakan solusi teknologi yang mengatasi kendala budidaya hidroponik di lingkungan perkotaan. Dengan penggunaan mikrokontroler dan sensor yang tepat, diharapkan sistem otomatis ini dapat menjaga kondisi optimal tanaman hidroponik, membantu warga perkotaan berkebun dengan efisien dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Hidroponik, TDS Sensor, Arduino uno

CONTROL CONCENTRATION OF SUBSTANCE SOLUTION IN HYDROPONIC BASED ON MICROCONTROLLER ARDUINO UNO IN SONGO VILLAGE SURABAYA

Abstract: Urban population growth has led to a shift in agricultural land to settlements, reducing space for hydroponic cultivation. Urban residents need to develop plant cultivation as a solution to food security. The potential of neglected land around settlements can be utilized by hydroponic farming. The main obstacle in managing hydroponics is maintaining nutrition and water volume, which is difficult to do because of the busyness of the residents. Therefore, an automatic solution is needed to regulate plant conditions effectively. This study proposes an alternative solution using a microcontroller to control hydroponic plants automatically, encouraging citizen participation in hydroponic cultivation. The research objectives include developing a nutrient water control system, including water and nutrient filling ratios, as well as monitoring nutrient

water concentration and consistent water quality in hydroponics. The method involves using the Arduino Uno microcontroller to measure nutrient levels via the TDS sensor. This system controls a solenoid valve to regulate the flow of nutrient water, and a water level sensor to monitor the water level in the hydroponic tank. This research aims to provide technological solutions that overcome the obstacles of hydroponic cultivation in urban environments. With the use of the right microcontroller and sensor, it is hoped that this automatic system can maintain optimal conditions for hydroponic plants, helping urban residents to garden efficiently and sustainably.

Keywords: Hydroponics, TDS Sensor, Arduino uno

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang pesat saat ini menyebabkan pengalihan lahan pertanian menjadi pemukiman, mengurangi lahan pertanian dan berdampak pada kelangkaan pangan serta kerusakan ekosistem. Oleh karena itu, penting bagi warga perkotaan untuk melakukan budidaya tumbuhan demi ketahanan pangan. Hidroponik, sistem bercocok tanam tanpa tanah, menjadi solusi potensial dalam memanfaatkan lahan sempit untuk pertanian. Hidroponik dapat dilakukan di berbagai tempat seperti gang perumahan, pekarangan, dan atap rumah. Metode yang umum digunakan adalah Nutrient Film Technique (NFT) dan Drip system.

Namun, budidaya hidroponik memerlukan pemantauan dan pengendalian nutrisi yang optimal. Setiap tumbuhan memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda-beda, dan ketidakseimbangan nutrisi dapat menghambat pertumbuhan atau menyebabkan keracunan. Kandungan nutrisi dalam air hidroponik harus dijaga agar tetap sesuai. Pengendalian nutrisi biasanya diukur dengan jumlah zat terlarut dalam larutan, diukur dalam ppm.

Tantangan masyarakat perkotaan adalah kesulitan menjaga konsistensi pengendalian nutrisi dalam budidaya hidroponik karena prioritas lain yang menghabiskan waktu. Tanaman hidroponik yang tidak terawat dapat mengalami kekurangan nutrisi dan volume air yang tidak terjaga. Oleh karena itu, solusi yang diusulkan adalah mengembangkan kendali otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengatur konsentrasi zat terlarut dalam hidroponik.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan sistem monitoring dan kendali hidroponik. Namun, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan seperti ketergantungan pada koneksi internet, kurangnya mekanisme pengukuran kadar nutrisi, dan keterbatasan dalam jenis tumbuhan yang dikelola. Oleh karena itu, tugas akhir ini akan mengembangkan kendali konsentrasi zat terlarut pada hidroponik berbasis Internet menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini akan menggunakan sensor TDS (Total Dissolved Solids) untuk membaca kepekatan nutrisi dan sensor water level untuk memantau ketinggian air. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah pengendalian nutrisi pada budidaya hidroponik di perkotaan melalui pengembangan sistem kendali otomatis yang dapat membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian hidroponik

2. Tinjauan Pustaka

Hidroponik

Istilah hidroponik ini berasal dari bahasa Yunani, yang dimana pengertiannya secara pribadi asal istilah tersebut ialah budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah. Penyangga tanamannya umumnya memakai batu apung, kerikil, sekam, serbuk gergaji, rockwool.

2.1 Metode NFT (Nutrient Film Technique)

Adapun cara menanam menggunakan media hidroponik NFT ini antara lain :

1. Persiapan alat

Pertama siapkan alat yang digunakan untuk membuat media tanam hidroponik NFT. Alat yang digunakan antara lain hand bor, satu set hole saw, meteran, penggaris, cutter, spidol.

2. Proses Pembuatan

Bentuklah pipa PVC sesuai dengan yang di inginkan. Aturilah jumlah lubang dan jarak pastikan jaraknya tidak terlalu berdekatan, setelah lubang di pipa paralon selesai dibuat maka dilanjutkan dengan proses penanaman dengan menggunakan media tanam rockwool[1].

2.2 Prinsip Kerja Metode NFT

Metode Nutrifit Film Technique (NFT) merupakan salah satu tipe hidroponik yang spesial karena pada metode budidaya tanaman dimana akar tanaman tumbuh pada lapisan yang dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman bisa memperoleh air, nutrisi dan oksigen yang cukup

2.3 Tanaman Pakcoy

Pakcoy (*Brassica rapa L.*) adalah tumbuhan pakcoy berasal dari China dan telah dibudidayakan setelah abad ke-5 secara luas di China selatan dan China pusat serta Taiwan. Sayuran ini merupakan introduksi baru di Jepang dan masih sefamili dengan chinese vegetable. Saat ini pakcoy dikembangkan secara luas di Filipina dan Malaysia, di Indonesia dan Thailand.

2.4 Syarat Tumbuh

Pemberian pupuk AB Mix dengan berbagai konsentrasi meningkatkan pertumbuhan pakcoy. Pemberian 1000 ppm AB Mix berpengaruh signifikan pada pertumbuhan dan hasil panen. Perlakuan 1.800 ppm memberikan hasil terbaik dalam bobot tanaman[2].

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data[3].

2.6 Arduino Uno

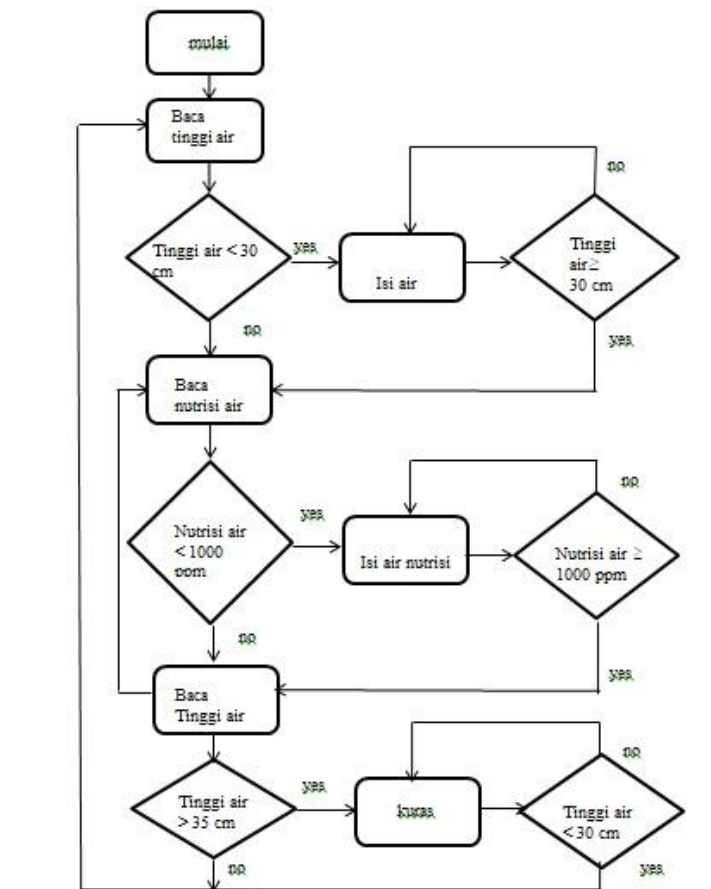
Arduino Uno merupakan salah satu jenis Arduino yang populer, menggunakan ATMEGA328P versi terbaru adalah R3. Arduino Uno dilengkapi dengan fitur pendukung mikrokontroler, termasuk sekering reset yang melindungi port USB dari hubungan pendek atau arus berlebih. Sekering akan memutus koneksi jika arus melebihi 500 mA, mencegah kerusakan pada port USB[4].

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan budidaya hidroponik dengan teknologi Arduino Uno, khususnya dalam mengendalikan konsentrasi zat terlarut (TDS) untuk pertumbuhan tanaman, terutama pakcoy. Pendekatan ini sederhana dan efisien, menghasilkan hasil yang lebih akurat dan efektif dalam budidaya hidroponik.

3. Metode dan pemodelan

3.1 Sistem kerja

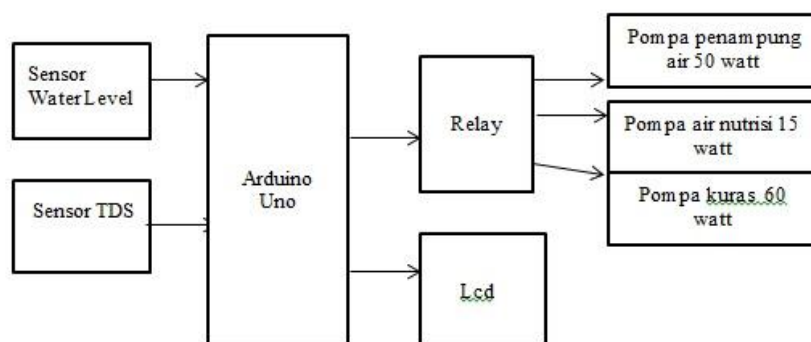
Sistem Flowchart berikut menunjukkan bahwa pada proses Alur kerja sistem kendali konsentrasi zat terlarut pada hidroponik. Gambar 1



Gambar 1 flowchart alur kerja

Gambar 1 menjelaskan bahwa Flowchart ini menggambarkan proses kontrol dalam sistem hidroponik. Pertama, tinggi air dalam tangki dibaca, dan jika tingginya kurang dari 30 cm, air diisi ke dalam tangki. Selanjutnya, konsentrasi air nutrisi dibaca, dan jika kurang dari 1000 ppm, air nutrisi ditambahkan. Setelah itu, air nutrisi diisi hingga mencapai 1000 ppm. Kemudian, tinggi air hidroponik diperiksa, dan jika melebihi 35 cm, dilakukan pengurasan hingga tingginya kembali ke bawah 30 cm, kemudian diisi kembali tandon air nutrisi yang memiliki sensor untuk mengukur kisaran 30 cm hingga 35 cm, dan nilai target 1000 ppm dipilih berdasarkan kebutuhan tanaman pakcoy untuk pertumbuhan maksimal[2].

3.2 Blog Diagram Software Dan Hardware



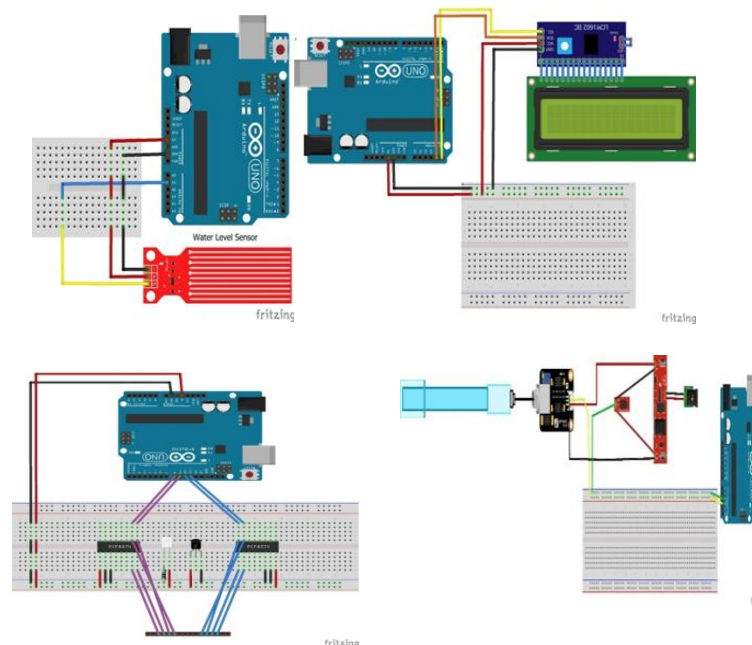
Gambar 2 Blog Diagram Software Dan Hardware

Dari gambar blok diagram tersebut terdapat beberapa input dan output yang digunakan antara lain:

- a. Input (Sensor)
 - 1) Sensor WaterLevel : Digunakan untuk mendeteksi ketinggian air yang digunakan untuk mengetahui keadaan ketinggian air.
 - 2) TDS Sensor : Digunakan sebagai pendeteksi nutrisi air pada tangki hidroponik.
- b. Output (Aktuator)
 - 1) Modul Relay: Digunakan untuk mentrigger Pompa air dan solenoid Valve
 - 2) Pompa Air: Digunakan sebagai pengendali air masuk ke tangki hidroponik
 - 3) Solenoid Valve: Digunakan sebagai pengendali air yang keluar dari tangki hidroponik.

3.3 Perancangan Hardware

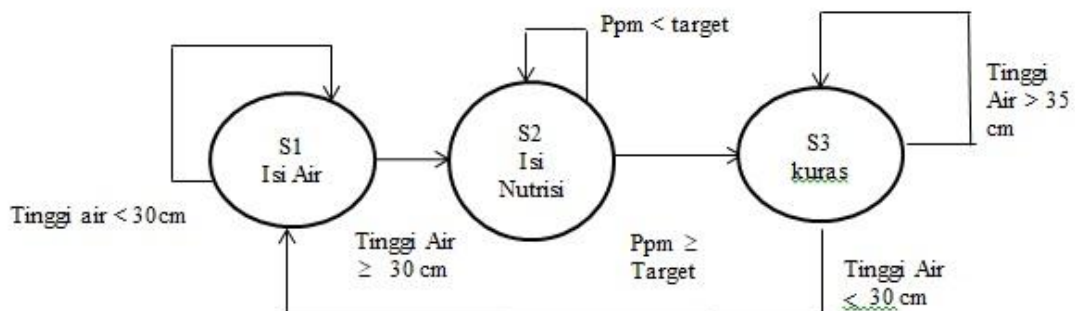
Perancangan Hardware diawali dengan melakukan perancangan perangkat keras yang menjadi satu buah sistem yang saling terintegrasi. Perancangan terdiri dari alat-alat seperti Arduino Uno, perancangan DC-DC Converter untuk menurunkan tegangan dari 12 V ke 5 V, perancangan sensor Water Level, perancangan sensor TDS.



Gambar 3 Skematik Rangkaian Hardware

3.4 Perancangan Software

Perancangan Kendali ini digunakan agar membantu interaksi antar sensor, mikrokontroler, dan relay, dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE dan beberapa sensor, agar dapat melakukan kerja sistem dengan semestinya. Berikut dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini:

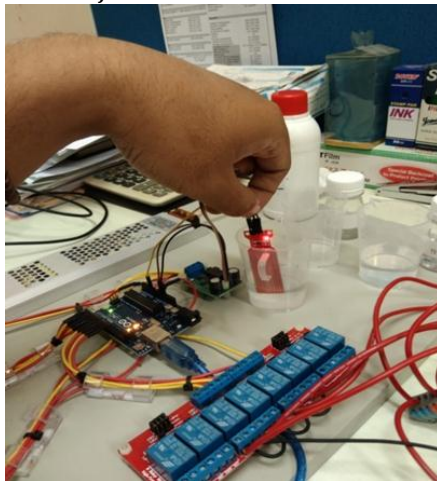


Gambar 4 Blok Diagram Rangkaian Software

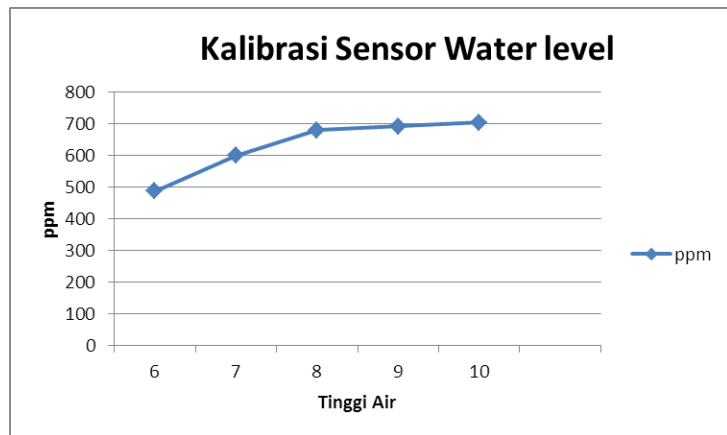
Pada gambar 4 dijelaskan bahwa proses awal sistem kerja hidroponik adalah melakukan pengisian air di tendon, lalu dilakukan dengan menggunakan perancangan alat tersebut seperti mengintegrasikan sensor water level dengan mengukur tinggi air. Untuk fokus utamanya adalah menggunakan sensor water level dan sensor tds untuk mengukur tinggi air dan ppm nutrisinya. Setelah pengisian air dan melebihi ketinggian 35 cm maka pengisian air nutrisi, tetapi jika air masih kurang tinggi dari 30 cm air masih mengisi. Setelah pengisian nutrisi, kemudian ukur nutrisi ppm nya, dan ppm melebihi target, air nutrisi dikuras, tetapi jika ppm nya masih kurang dari target, air nutrisi tetap perlu diisi. Setelah air nutrisi dikuras dan kurang 30 cm tinggi air nutrisinya, maka air di isi sampai ppm target dan tinggi air stabil.

3.5 Uji Coba

a. Uji Kalibrasi Sensor Water level Pada Mikrokontroler



(a)



(b)

Gambar 5 Uji Kalibrasi Sensor Water level Pada Mikrokontroler (a) Pengukuran Mulai Dari Tinggi Minimal Hingga Tinggi Maksimal Yang Dapat Dibaca Oleh Sensor; (b) Grafik Kalibrasi Sensor Water Level.

Perancangan kalibrasi sensor water level port yang digunakan merupakan port 5v, port ground dan port analog serial A1, dengan objek yang digunakan adalah air nutrisi yang berada pada gelas ukur. Percobaan beberapa kali ini untuk mengetahui nilai tinggi air real dengan tinggi water level nilainya sama dan persentase error nya kecil. Kemudian grafik nilai yang terlihat dalam serial monitor arduino-022, menunjukkan sumbu ordinat tinggi dengan muka air yang diukur secara manual pada satuan cm menjadi indikasi kapan wajib membaca nilai yang terlihat dalam serial monitor. Selain itu, data kalibrasi water level pada atas dipergunakan menjadi nilai masukan pada acara kontrol yg meliputi batas atas dan batas bawah yang didefinisikan sebagai berikut:

Sensor water level : Batas bawah < WaterLevel ≤ Batas atas

$$\frac{td - tb}{ta - tb} = \frac{Td - Tb}{Tinggi\ air}$$

Gambar 6 Rumus Tinggi air

b. Uji Akurasi Kendali Zat Terlarut

Tabel 1 Contoh hasil yang diharapkan pengujian akurasi kendali zat terlarut

Ppm Awal	Ppm Target	Ppm Akhir	Error	Waktu respon
400	600	620	20	3 menit
620	700	740	40	5 menit
740	800	850	50	5 menit
850	900	960	60	6 menit

Tabel 1 menjelaskan bahwa setelah dilakukan pengujian selama 4 kali maka didapatkan tingkat kestabilan sensor TDS hanya sampai kisaran 960 ppm .Sehingga dengan batas kemampuan sensor 1000 ppm sudah dapat memenuhi kebutuhan untuk pemilihan kadar nutrisi tanaman kangkung, sawi, dan selada.

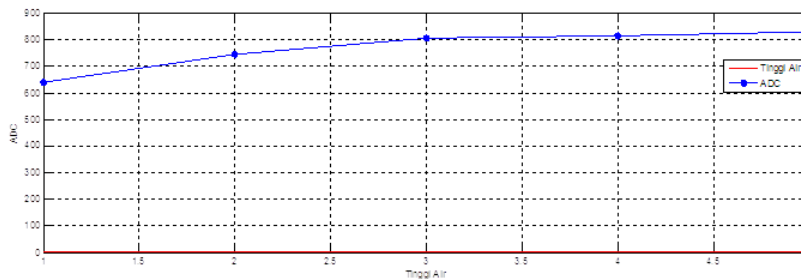
4. Hasil dan Analisa

4.1 Hasil Pengujian Water Level

Tabel 2 Tinggi air Dan Adc

Tinggi air	ADC
1 cm	640
2 cm	743
3 cm	805
4 cm	815
5 cm	830

Tabel 2 menjelaskan Pada tahap ini sebagai pengambilan data dengan percobaan 5 kali dari ketinggian 1cm sampai 5cm didapat kan nilai Adc nya. Kemudian dari ketinggian 1cm telah didapat kan 640 Adc hingga ketinggian 5cm didapatkan 830 Adc. Hal ini bertujuan agar menentukan algoritma yang telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Dan berikut ini adalah grafik dari data tinggi air dan adc dengan dapat terlihat dalam gambar 7



Gambar 7 Tinggi air dan Adc

Dari proses percobaan didapatkan data tinggi real dan tinggi sensor nya dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Tinggi Real Dan Tinggi Sensor

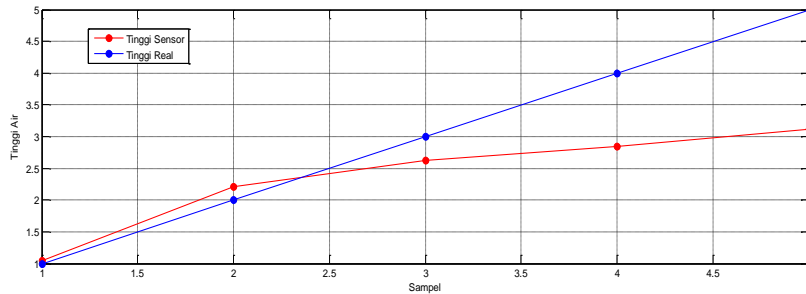
sampel	tinggi real	Tinggi sensor
1	1 cm	1.05 cm
2	2 cm	2.21 cm
3	3 cm	2.62 cm
4	4 cm	2.85 cm
5	5 cm	3.12 cm

Tabel 3 Menjelaskan bahwa dalam percobaan 5 kali ini terdapat tinggi real dengan 1 cm, dan didapatkan tinggi sensor 1,05 cm hingga tinggi real 5 cm, didapatkan tinggi sensor 3.12, hal ini bertujuan apakah nilai tinggi real dan tinggi sensor nilainya sama atau ada error nya. Berikut ditujukan pada tabel 4.3 tinggi real dan sensor beserta nilai error dan rata – rata error.

Tabel 4Tinggi real, sensor dan error

sampel	tinggi real	tinggi sensor	error	rata-rata error	persentase error
1	1 cm	1.05 cm	0.05	0.73	5 %
2	2 cm	2.21 cm	0.21		10.5 %
3	3 cm	2.62 cm	0.38		12.7 %
4	4 cm	2.85 cm	1.15		28.8 %
5	5 cm	3.12 cm	1.88		37.6 %

Tabel 4 Menjelaskan bahwa dalam proses tersebut terdapat nilai error dan rata error yang paling tinggi yaitu ketinggian real 5 cm dan tinggi sensor 3.12 terdapat error 1.88 dengan rata-rata error 0.73 dan persentase error 37.6 % pada percobaan tersebut. Dan berikut ini adalah grafik dari data pengujian sensor water level dengan ketinggian real dapat terlihat digambar 4.2



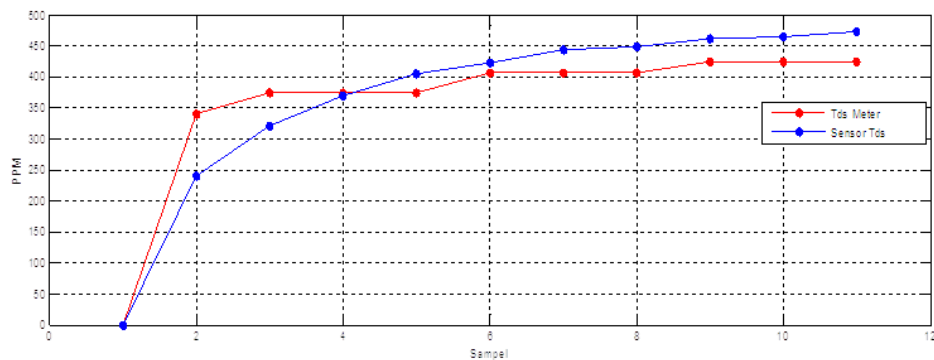
Gambar 8 Percobaan water level

4.2 Hasil Pengujian Sensor Tds

Tabel 5 Hasil Percobaan Sensor TDS

percobaan	sensor tds	tds meter	Absolute error	Persentase error
1	0	0	0	0
2	241	341	100	41.4 %
3	322	375	53	16.4 %
4	370	375	5	1.3 %
5	405	375	30	7.4 %
6	423	407	16	3.7 %
7	444	407	37	8.3 %
8	449	407	42	9.3 %
9	462	425	37	8 %
10	466	425	41	8.7 %
11	474	425	49	10.3 %

Hasil percobaan dari Tabel 5 menunjukkan bahwa sensor TDS dan tds meter memiliki tingkat kestabilan antara 241 hingga 474ppm dengan air PDAM setelah 11 kali pengujian. Terdapat error tertinggi pada pengkalibrasian sensor dan tds meter pada nilai 241 ppm dan 341 ppm, dengan absolute error sebesar 100. Air PDAM merupakan sampel yang bagus untuk penelitian ini, meskipun ppm-nya dapat berubah secara bertahap. Dan terdapat error 100 pada pengujian pertama, namun error tersebut berkurang secara bertahap pada pengujian selanjutnya. Nilai absolute error dihitung dengan mengurangkan nilai tds meter dari nilai tds, sementara nilai persentase error merupakan persentase dari absolute error. Dan berikut adalah grafik dari data pengujian sensor TDS dengan ketinggian real dapat terlihat digambar 4.3



Gambar 9 Grafik Pengujian Sensor Tds

4.3 Hasil Kendali Zat Terlarut Pada Mikrokontroler

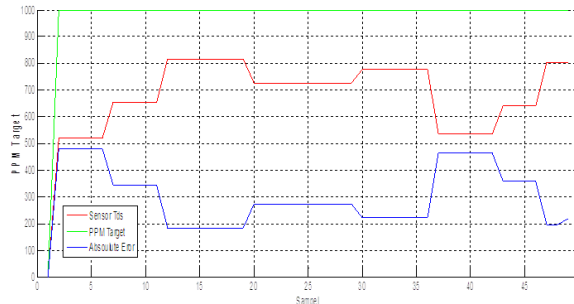
Tabel 6 hasil pengujian kendali zat terlarut pada hidroponik

Waktu (s)	sensor tds	ppm target	Absolute error	Waktu (s)	sensor tds	ppm target	Absolute error
0	0	0	0	30	777	1000	223
2	520	1000	480	32	777	1000	223
2	520	1000	480	32	777	1000	223
4	520	1000	480	34	777	1000	223
4	520	1000	480	34	777	1000	223
6	520	1000	480	36	777	1000	223
6	656	1000	344	36	537	1000	463
8	656	1000	344	38	537	1000	463
8	656	1000	344	38	537	1000	463
10	656	1000	344	40	537	1000	463
10	656	1000	344	40	537	1000	463
12	816	1000	184	42	537	1000	463
12	816	1000	184	42	641	1000	359
14	816	1000	184	44	641	1000	359
14	816	1000	184	44	641	1000	359
16	816	1000	184	46	641	1000	359
16	816	1000	184	46	803	1000	197
18	816	1000	184	48	803	1000	197
18	816	1000	184	48	803	1000	220
20	727	1000	273	50	803	1000	220
20	727	1000	273				
22	727	1000	273				
22	727	1000	273				
24	727	1000	273				
24	727	1000	273				
26	727	1000	273				
26	727	1000	273				
28	727	1000	273				
28	727	1000	273				

Tabel 7 Hasil Sistem Kendali Zat Terlarut Pada Hidroponik Pada Mikrokontroler

no	Level air tangki	nilai ppm	Jarak air	pompa isi air	pompa isi nutrisi	pompa kuras	keterangan
1	kosong	0	0	on	on	off	berhasil
2	kurang	520	15 cm	on	on	off	berhasil
3	cukup	727	30 cm	on	on	off	berhasil
4	penuh	816	35 cm	off	off	off	berhasil
5	Penuh berlebihan	827	37 cm	off	off	on	berhasil

Tabel 7 Menjelaskan bahwa dari fase level air tangki kosong pompa isi air on dan pompa isi nutrisi on, kemudian di level air tangki kurang terlihat nilai ppm sekitar 520 ppm dengan jarak air 15 cm dan pompa air masih on mengisi air, pompa isi nutrisi juga on untuk pompa kuras masih tetap off, dan pada level tangki air cukup terlihat nilai ppm sekitar 727 ppm dengan jarak air sekitar 30 cm dan pompa isi air dan pompa isi nutrisi masih on untuk pompa kuras masih off, pada level air tangki nilai ppm sekitar 816 ppm dengan jarak air sekitar 35 cm kemudian pompa isi air, pompa isi nutrisi dan kuras off, kemudian level air tangki penuh berlebihan dengan ppm 827 ppm dan jarak air 37 cm, pompa isi air off, pompa isi nutrisi off, lalu pompa kuras on sampai jarak air 30 cm pompa off. Dan berikut ini adalah grafik dari hasil pengujian kendali zat terlarut pada hidroponik dapat terlihat dalam gambar 10



Gambar 10 Grafik Hasil Pengujian Kendali Zat Terlarut Pada Hidroponik

5. Kesimpulan

Penerapannya dengan mengendalikan konsentrasi zat terlarut pada tanaman dengan tepat melalui serial monitor, dengan serial monitor terlihat nilai ppm, nilai jarak tinggi, beserta stage pengurusan, pengisian air, pengisian nutrisi. Membaca konsentrasizat terlarut pada hidroponik menggunakan sensor TDS dengan akurat, Sebab perlunya mengetahui akurat dengan membaca sensor dengan sample yang berbeda, dengan uji kalibrasi dapat mengetahui nilai ketinggian akuratnya. Dengan beberapa sampel, air pdam merupakan sampel yang bagus untuk kasus ini, dan ppm air pdam dapat berubah dari waktu ke waktu secara bertahap. Dan disaat pertama uji coba terdapat nilai eror 100 dari percobaan dari sensor tds dan tds meter dengan ppm sensor tds terdapat 241 ppm dan tds meter dengan 341 ppm. dan dari percobaan selanjutnya nilai eror nya semakin kecil secara bertahap. Membaca ketinggian air dengan menggunakan sensor water level dengan nilai yang akurat. Dengan perlu nya membaca ketinggian air dengan akurat supaya air pada wadahnya tetap terjaga ketinggiannya sehingga air ke perakaran tanaman selalu merata. Percobaan dengan beberapa kali agar nilai tinggi air real dengan tinggi waterlevel nilainya sama. Dan persentase eror nya kecil. Kemudian dilakukan pengukuran mulai dari tinggi minimal sampai tinggi maksimal yang dapat dibaca oleh sensor. Sensor water level : Batas bawah < $WaterLevel \leq$ Batas atas.

Referensi

- [1] Singgih, Mohammad, Kusuma Prabawati, and Dhiyaul Abdulloh. "Bercocok tanam mudah dengan sistem hidroponik NFT." Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen Dan Mahasiswa 3, no. 1 (2019).
- [2] Syah, Muhammad Fuad, and Arnis En Yulia. "Pemberian Pupuk Ab Mix Pada Tanaman Pakcoy Putih (Brassica rapa L.) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung." Dinamika Pertanian 37, no. 1 (2021): 17-22.
- [3] Tombeng, Marchel Thimoty, Clarissa Angelica Tedjo, and Natasya Andani Lembang. "Implementasi Sistem Pengontrolan Tower Air Universitas Klabat Menggunakan Mikrokontroler." Cogito Smart Journal 4, no. 1 (2018): 60-71.
- [4] MUNANDAR, MGS YOGI ARIS. "APLIKASI SENSOR SIDIK JARI PADA SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR." PhD diss., Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019.