

Sistem Kontrol Kadar Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino UNO

Juprianus Rusman^{1,*}, Aryo Michael², Melki Garonga³; Yovinianus Paonganany⁴

¹ Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jln. Nusantara No. 12 Makale, Tana Toraja, Indonesia

² Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jln. Nusantara No. 12 Makale, Tana Toraja, Indonesia

³ Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jln. Nusantara No. 12 Makale, Tana Toraja, Indonesia

⁴ Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jln. Nusantara No. 12 Makale, Tana Toraja, Indonesia

¹ rusman.jr@ukitoraja.ac.id; ²aryomichael@ukitoraja.ac.id; ³ melkigaronga@ukitoraja.ac.id; ⁴ paonganany@gmail.com
^{*}corresponding author

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

Kontrol nutrisi
Hidroponik
TDS
Arduino UNO

Tanaman hortikultura yang awalnya dikenal sebagai tanaman perkebunan rakyat mulai berkembang pesat dengan perkembangan teknologi saat ini. Metode budidaya dengan hidroponik mulai digemari karena dianggap lebih efisien pada penggunaan lahan dan perawatan. Pemberian nutrisi pada tanaman sayuran hidroponik merupakan kewajiban yang harus dilakukan secara berkala dengan cara mengukur nutrisi yang ada pada larutan hidroponik secara konvensional. Hal tersebut dapat ditunjang dengan penggunaan teknologi mikrokontroller. Pada penelitian ini dibuat rancang bangun alat kontrol kadar nutrisi dalam air pada sistem hidroponik dengan *Total Dissolved Solid (TDS)*. Pengujian dilakukan dengan mempompa nutrisi terlarut AB mix dan air baku kedalam wadah penampung sampai sensor TDS meter dan sensor HY-SRF05 mendeteksi nilai kondisi tertentu. Selanjutnya disirkulasikan ke talang pipa tanam yang menjadi kebutuhan tanaman sawi. Hasil pengujian tersebut kemudian dibandingkan yaitu pemberian larutan nutrisi dengan alat TDS & EC antara sensor TDS meter selisih paling rendah adalah 0,05 atau sebesar 4,9 % sedangkan yang paling tinggi adalah 0,36 atau sebesar 36,3 %.

Keywords:

Nutrient control
Hydroponics
TDS
Arduino UNO

ABSTRACT

Horticultural plants, which were originally known as peasant plantation crops, have started to develop rapidly with the advancement of technology. Hydroponic cultivation methods have become popular because they are considered more efficient in land use and maintenance. Providing nutrition to hydroponic vegetable plants is a mandatory task that must be done periodically by measuring the nutrients in the hydroponic solution conventionally. This can be supported by the use of microcontroller technology. In this study, a device was designed to control the nutrient content in water in a hydroponic system using Total Dissolved Solid (TDS) measurement. Testing was done by pumping AB mix nutrient solution and raw water into a container until the TDS meter and HY-SRF05 sensor detected a certain value condition. It was then circulated to the planting pipe trough that meets the needs of cabbage plants. The test results were then compared between the provision of nutrient solutions with the TDS & EC tool, where the TDS meter sensor had the lowest difference of 0.05 or 4.9%, while the highest difference was 0.36 or 36.3%.

I. Pendahuluan

Tanaman sayuran berperan penting dalam kebutuhan pangan, awalnya tanaman sayuran dikenal sebagai tanaman perkebunan rakyat yang kini dikenal sebagai tanaman hortikultura. Tanaman hortikultura adalah tanaman yang memiliki keindahan tersendiri dan juga banyak diterapkan pada pekarangan rumah-rumah. Selain itu, tanaman sayuran juga merupakan salah satu peningkatan gizi yang kaya akan mineral dan vitamin yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Konsumsi sayuran dan buah saat ini mulai meningkat karena tingkat kesadaran akan pentingnya mengkonsumsi sayuran bagi kesehatan. Perkembangan tanaman hortikultura memiliki dua metode pembudidayaan yakni metode konvensional dan metode hidroponik. Metode konvensional adalah suatu metode budidaya yang sudah lazim digunakan oleh petani sayuran, contohnya metode konvensional pada budidaya tanaman yaitu media tanamnya masih menggunakan tanah sedangkan metode hidroponik adalah metode budidaya dengan teknik modern, contoh metode hidroponik adalah penggunaan larutan hara tanpa tanah dengan pendukung media tanam seperti *rockwool*, kerikil, pasir, sabut kelapa dan sebagainya.



<https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5xx.xxxx>

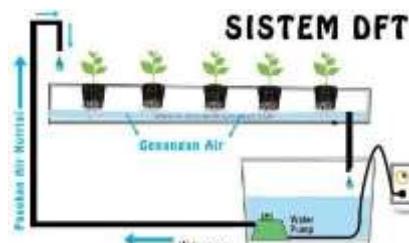
Perkembangan pada tanaman hortikultura memberikan sumbangan yang penting bagi bidang pertanian dan perekonomian di Indonesia. Pengembangan tanaman hortikultura bertujuan untuk menghasilkan produk yang berdaya saing, menyerap tenaga kerja, meningkatkan pendapatan petani, memperkuat perekonomian dan juga tak dapat dipisahkan dari upaya pelestarian lingkungan. Ketiga permasalahan tersebut dapat disebabkan oleh kurangnya pemahaman petani tentang hidroponik dan juga waktu pemberian nutrisi yang kurang tepat sehingga menimbulkan kerugian mulai dari tanaman rusak, pertumbuhan terhambat atau bahkan menyebabkan tanaman mati dan gagal panen. Sehingga harus ada cara untuk menangani hal tersebut yakni merancang bangun alat kontrol kadar nutrisi dalam air pada sistem DFT hidroponik dengan TDS. Alat ini dibuat untuk menghemat waktu petani ataupun pelaku budidaya sistem hidroponik dalam hal perawatan dan pemberian nutrisi yang tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman. Perkembangan teknologi zaman sekarang sangatlah pesat, sehingga kebutuhan sehari-hari banyak yang bergantung pada peralatan elektronika baik yang bersifat manual maupun yang otomatis. Salah satu contoh dari perkembangan teknologi adalah mikrokontroler yang merupakan perangkat kontrol otomatis dapat mengontrol, mengambil serta menyimpan data yang dapat digunakan untuk merancang perangkat elektronik. Terkhusus arduino ini diperuntukkan bagi seniman, desainer, penghobi elektronika dan robotik, serta siapa saja yang ingin membuat kreativitas. Kelebihan yang dimiliki arduino adalah perangkat keras yang digunakan relative lebih murah, kesederhanaan dan mudah dalam pemrograman, perangkat lunak dan perangkat yang bersifat open source yang artinya siapa saja dapat mengembangkannya, terdapat bootloader didalamnya dan sarana komunikasi USB yang akan menangani upload dari komputer dan banyaknya komunitas pengguna arduino diinternet. Salah satu penggunaan mikrokontroller arduino yang mulai berkembang adalah pembuatan alat pengendali dibidang pertanian khususnya di tanaman hortikultura dengan sistem hidroponik.

Kontrol pertumbuhan tanaman yang dapat dilakukan ada dua, yaitu: kontrol secara manual dan kontrol secara otomatis. Kontrol pertumbuhan tanaman sistem hidroponik secara manual adalah petani harus selalu setiap saat mendatangi, mengecek dan mengatur kebutuhan nutrisi dengan menggunakan alat pengukur *Total Dissolved Solid* meter. Berdasarkan dengan uraian-uraian diatas maka perlu dibuat sebuah alat yang dapat mengontrol nutrisi tanaman hidroponik, sehingga penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “Kontrol Kadar Nutrisi Dalam Air Pada Sistem Hidroponik Dengan *Total Dissolved Solid* (TDS)”.

II. Landasan Teori

2.1 Pengertian Hidroponik

Istilah hidroponik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* yang artinya air dan *ponics* yang artinya bekerja, tenaga atau daya. Ada beberapa sistem hidroponik yang dapat diterapkan yakni sistem *wick*, sistem *Nutrient Flow Technique*, sistem tetes atau *drip system* dan *Deep flow Technique* (DFT). DFT adalah salah satu sistem hidroponik yang banyak digunakan karena keuntungannya yang mampu menyediakan air dan oksigen bagi tanaman dan sangat cocok untuk menanam sayur-sayuran. *Deep flow technique* adalah salah satu model pengairan sistem hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air dengan kedalaman berkisar antara 4-6 cm. Nutrisi ini mengalir kedalam pipa tempat tanaman melewati akar-akar tumbuhan lalu kemudian kembali lagi ke penampungan nutrisi. Sedangkan untuk kekurangannya adalah sistem hidroponik DFT ini memerlukan larutan nutrisi yang lebih banyak dibandingkan dengan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique*. Model sistem hidroponik DFT dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Hidroponik DFT

Budidaya tanaman hidroponik membutuhkan nutrisi untuk memenuhi larutan nutrisi yang akan didistribusikan ke media tempat tumbuh tanaman. Akar tanaman yang ada dimedia tanam akan menyerap nutrisi sebagai makanannya. Pemupukan tanaman hidroponik diformulasikan sesuai dengan kebutuhan tanaman menggunakan kombinasi garam-garam pupuk. Jumlah yang diberikan sesuai dengan kebutuhan optimal tanaman. Program pemupukan tanaman melalui hidroponik walaupun kelihatannya sama untuk berbagai jenis tanaman sayuran, tetapi terdapat perbedaan kebutuhan setiap tanaman terhadap unsur hara. Unsur hara makro meliputi *nitrogen*, *pospor*, *kalium*, *calcium*, *magnesium*, dan *sulfur* sedangkan unsur hara

mikro meliputi besi, *mangan*, seng, *tembaga*, *boran*, *molibdenium* dan *Chlor* dan juga karbon, hidrogen, oksigen yang sudah didapatkan tanaman dari udara dan air. Dengan begitu tanaman akan tumbuh optimal tanpa kekurangan hara. Nutrisi untuk tanaman hidroponik bisa dibuat menggunakan berbagai bahan yang mengandung unsur hara esensial yang dibutuhkan oleh tanaman. Namun, jika kedua unsur tercampur dalam kondisi encer maka tidak akan mengumpal dan bisa diberikan kepada tanaman. Produk nutrisi AB mix ini sudah mengandung unsur hara esensial yang diperlukan tanaman, baik unsur hara makro maupun mikro. Kebutuhan konsentrasi unsur hara dinyatakan dalam *parts per million* (ppm), rekomendasi konsentrasi hara untuk budidaya tanaman sayuran daun secara hidroponik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekomendasi tumbuh tanaman daun pada level pH dan ppm

Tanaman	Level	
	pH	ppm
Selada (<i>lettuce</i>)	5,5 – 6,5	560 - 840
Tomat	5,5 – 6,5	1400 - 3500
Sawi	5,5 – 6,5	1050 - 1400

2.2 Arduino UNO

Menurut situs resmi arduino.cc, Arduino UNO didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik *open source*, berbasis pada *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan yang ditujukan untuk para seniman, *desainer*, *hobbies*, dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif. Yakni seorang yang dengan kemampuan pemrograman minim dapat membangun sebuah aplikasi mikrokontroler.

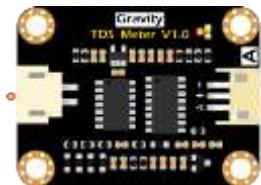
Arduino UNO menggunakan mikrokontroller ATMEGA 328 sebagai inti pemrosesannya. Arduino UNO memiliki beberapa kelebihannya, yaitu murah dan siap pakai, sederhana dan mudah pemrogramannya, *software* dan *hardware* yang *open source*, memiliki sarana komunikasi USB, bahasa pemrograman relative mudah, dan modul siap pakai. Kode program yang digunakan pada arduino adalah bahasa C. Bahasa C merupakan bahasa pemrograman yang sangat lazim sejak awal komputer dibuat dan sangat berperan dalam perkembangan software. Adapun komponen-komponen arduino uno dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arduino Uno

2.3 Total Dissolved Solid (TDS)

Elisa Kustianingsi dkk, mengatakan *Total Dissolved Solid* atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Jadi, jika nilai pada TDS tinggi berarti tingkat larutan itu semakin keruh dan apabila nilainya rendah berarti tingkat larutan semakin jernih. Nilai padatan terlarut dapat diukur dengan menggunakan TDS meter. Gambar 3 memperlihatkan bentuk fisik sensor TDS meter.



Gambar 3. Sensor TDS Meter

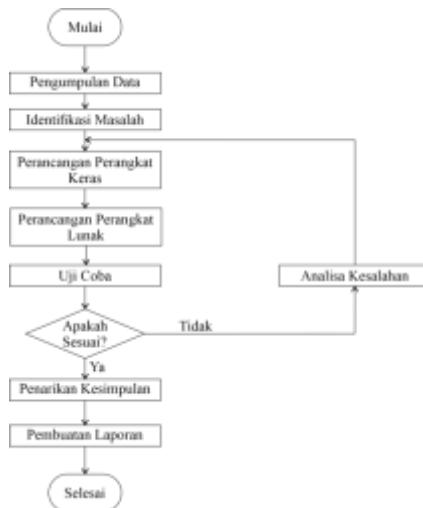
Cara kerja dari sensor TDS adalah dengan dua buah plat berunsur elektroda diberikan arus searah kemudian dimasukkan dalam sampel air, diperoleh nilai konduktivitas listrik dan data nilai terukur dapat ditampilkan

pada layar *liquid cristal display* (LCD). Satuan pada sensor TDS adalah *part per milion* (ppm) atau bagian per sejuta yang disebut juga konsentrasi larutan/ jumlah zat terlarut sedangkan air sebagai pelarut.

Parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas air antara lain warna, suhu, kekeruhan, konduktivitas listrik, pH, kesadahan dan sebagainya. Bahan-bahan di dalam air dapat berupa bahan organic, anorganik, logam, dan non logam yang dapat berwujud padatan maupun cairan. Metode *gravimetry* merupakan metode langsung dalam pengukuran jumlah zat padat terlarut yang biasanya dinyatakan dalam besaran *total dissolved solid*. Metode lain yang dapat digunakan untuk pengukuran nilai TDS adalah melalui pengukuran konduktivitas listrik. Banyaknya ion di dalam larutan dipengaruhi oleh padatan terlarut didalamnya sehingga semakin besar padatan terlarut di dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas listrik juga semakin besar.

III. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4 berikut.



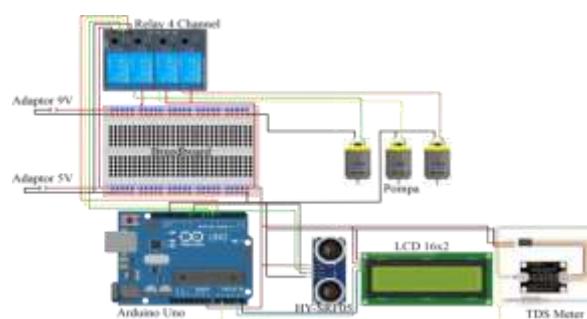
Gambar 4. Flowchart Tahapan Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi dilapangan dan studi literatur. Metode studi literatur adalah metode pengumpulan data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, *paper*, website dan bacaan-bacaan yang membahas tentang tanaman hidroponik dan mikrokontroller serta buku yang membahas tentang software Arduino IDE dan sensor TDS yang dapat menunjang pemecahan permasalahan dalam penelitian ini. Tahap selanjutnya dilakukan analisa terhadap proses pemberian nutrisi terhadap tanaman hidroponik dan merumuskan solusi dengan memanfaatkan mikrokontroller.

Setelah itu, dilanjutkan dengan mendesain skematik perangkat keras dan perangkat lunak yang nantinya akan diintegrasikan menjadi sebuah sistem. Integrasi perangkat lunak dan perangkat keras kemudian diuji coba untuk mengetahui hasil yang diperoleh. Setelah pengujian dilakukan maka akan dilakukan evaluasi terhadap kinerja dari sistem yang dibangun.

IV. Hasil dan Pembahasan

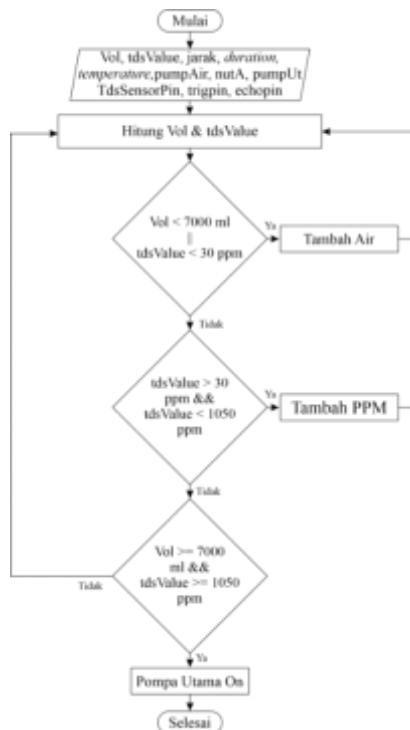
Adapun rancangan skematik perangkat keras sistem kontrol kadar nutrisi tanaman hidroponik ditunjukkan pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Skema rancangan perangkat keras

Gambar 5 menunjukkan diagram perangkat keras yang terdiri dari 3 bagian utama yaitu *input*, proses dan *output*. Bagian pertama yakni *input* meliputi sensor TDS meter dan sensor HY-SRF05, bagian kedua proses meliputi mikrokontroller ATMega328 atau arduino UNO dan bagian ketiga *output* meliputi LCD 16x2, *relay* dan pompa. Sensor TDS meter dan HY-SRF05 yang dihubungkan ke arduino uno. Catu daya pada rangkaian ini menggunakan tegangan 5 volt dan 9 volt DC. Tegangan 9 volt digunakan untuk menyupply pompa air sedangkan tegangan 5 volt dihubungkan ke pin vin arduino uno, pin vcc sensor HY-SRF05 TDS meter. Pin "A" pada TDS Meter dihubungkan ke pin A1 arduino yakni pin analog yang berfungsi membaca sinyal analog dari sensor dan mengubahnya menjadi sinyal digital. Pin *trig* HYSRF05 yang memancarkan gelombang dihubungkan ke pin 10 dan pin *echo* yang mendeteksi gelombang dihubungkan ke pin 9 pada arduino uno yang berfungsi membaca sinyal digital. Sensor HYSRF05 digunakan untuk mengukur ketinggian air pada wadah penampung guna mencari tahu volume air pada wadah penampung. Kumunikasi Arduino dengan LCD menggunakan protocol I2C dimana pin SDA LCD dihubungkan ke pin A5 arduino dan pin SCL LCD dihubungkan ke pin A4 arduino uno. Pin IN1, IN2 dan IN3 pada *relay* masing-masing dihubungkan dengan pin 5, 6, dan 7 pada pin digital arduino uno yang berfungsi untuk mengintruksikan relay aktif saat *channel relay* diberi tegangan *HIGH* atau *LOW*. Pada *relay* yang digunakan intruksi *HIGH* berarti pompa yang terhubung dalam keadaan *OFF* dan intruksi *LOW* berarti pompa yang terhubung dalam keadaan *ON*.

Desain perangkat lunak dapat digambarkan dengan flowchart seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Flowchart desain perangkat lunak

Deskripsi singkat logika perangkat lunak yang digunakan dijabarkan sebagai berikut. Mula-mula sistem akan dimulai dengan menyalakan mikrokontroller dan perangkat yang lainnya. Pada algoritma pemrogramannya sistem akan mendeklarasikan variable yang digunakan kemudian akan memproses atau menghitung volume air dan nutrisi yang terdapat dalam air. Sistem akan menghitung volume air dan jika kondisi volume air kurang dari 7000 ml atau nutrisi kurang dari 30 ppm maka tambahkan air. Jika kondisi kadar nutrisi lebih dari 30 ppm dan kurang dari 1050 ppm maka tambahkan nutrisi. Dan jika volume lebih dari sama dengan 7000 ml dan nutrisi lebih dari sama dengan 1050 ppm maka nyalakan pompa utama untuk mensirkulasikan nutrisi dalam air. Berikut gambar 7 yang merupakan rangkaian keseluruhan kontrol kadar nutrisi dalam air pada sistem hidroponik dengan TDS.



Gambar 7. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Tahap selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sistem yang dibangun. Pengujian pertama dilakukan untuk mengukur volume air dengan sensor HY-SRF05 dan gelas ukur. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja sensor HY-SRF05 dengan gelas ukur. Pengujian disesuaikan dari kapasitas wadah yakni maksimum 10 liter atau 10.000 milliliter akan tetapi perlu diperhitungkan jarak sensor dengan permukaan air agar tidak bersentuhan sehingga percobaan hanya sampai pada delapan liter atau delapan ribu milliliter yang artinya percobaan sebanyak delapan kali. Hasil pengujian sensor HY-SRF05 dan gelas ukur ditunjukkan pada table 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian sensor HY-SRF05 dengan gelas ukur

AKTUAL		HY-SRF05		SELISIH		AKURASI		PERSENTASE AKURASI %	
VOLUME WADAH (ml)	JARAK (cm)	VOLUME (ml)	JARAK (cm)	VOLUME (ml)	JARAK (cm)	VOLUME	JARAK	VOLUME	JARAK
1000	11,5	1098	11,58	98	0,08	0,098	0,01	9,80	0,7
2000	10	2154	10,08	154	0,08	0,08	0,01	7,70	0,8
3000	8,5	3111	8,72	111	0,22	0,037	0,03	3,70	2,6
4000	7	4104	7,31	104	0,31	0,026	0,04	2,60	4,4
5000	5,5	5040	5,98	40	0,48	0,008	0,09	0,80	8,7
6000	4	5969	4,66	31	0,66	0,01	0,2	0,52	16,5
7000	2,5	7152	2,98	152	0,48	0,02	0,2	2,17	19,2
Rata-rata						0,04	0,08	3,90	7,56

Pengujian yang kedua adalah pengukuran sensor TDS meter dengan TDS & EC. Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan nilai toleransi PPM dari tanaman sawi yakni 1050-1400 PPM dan pengujian dilakukan sebanyak 9 kali percobaan. Hasil pengujian sensor TDS meter dengan TDS & EC ditunjukkan pada table 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian TDS meter dengan TDS & EC

NO	TDS & EC (PPM)	SENSOR TDS(PPM)	SAMPEL		SELISIH (PPM)	AKURASI	
			AIR BERSIH (ml)	NUTRISI (ml)		ERROR	%
1	190	121	7000	114	69	0,36	36,3
2	267	183	7000	228	84	0,31	31,5
3	348	223	7000	342	125	0,36	35,9
4	571	490	7000	456	81	0,14	14,2
5	745	675	7000	570	70	0,09	9,4
6	828	751	7000	689	77	0,09	9,3
7	916	823	7000	798	93	0,10	10,2
8	1077	1002	7000	850	75	0,07	7,0
9	1120	1065	7000	900	55	0,05	4,9
Rata-rata					81	0,2	17,6

Pengujian ketiga adalah pengujian keseluruhan sistem kontrol nutrisi dalam air pada sistem hidropotik dengan TDS. Apabila volume air pada wadah tidak sampai pada tujuh ribu milidetik maka pompa air akan *on* dan juga apabila kadar nutrisi dalam air tidak mencapai 1050 PPM maka pompa nutrisi yang akan *on* saat kedua kondisi tersebut penuhi maka mikrokontroller secara otomatis menyalaikan pompa utama.

Tabel 4. Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Level Air Tangki (ml)	PPM	Pompa			Keterangan
			Air	Nutrisi	Utama	
1	0	0	On	Off	off	(+) Air
2	860	33	Off	On	off	(+) Nut
3	1078	1094	On	Off	Off	(+) Air
4	7011	1074	Off	Off	On	cukup
5	6916	1070	On	Off	Off	(+) Air
6	7024	1066	Off	Off	On	cukup
7	6880	1074	On	Off	Off	(+) Air
8	7275	1070	Off	Off	On	cukup

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi dari sensor HY-SRF05 dan TDS meter akan menyalaikan pompa apabila jika kondisinya bernilai 0 (nol) maka akan menambahkan air, kondisi nutrisi yang kurang akan menambahkan nutrisi dan apabila semua kondisinya terpenuhi maka pompa akan mengalirkan air ke talang tanaman sehingga volume air pada wadah berkurang namun nutrisi tidak berkurang maka air akan ditambah sampai volume talang tanaman penuh.

V. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat sistem kontrol nutrisi tanaman hidroponik dengan menggunakan mikrokontroller Arduino UNO. Berdasarkan hasil pengujian sistem yang dibangun kemudian dibandingkan dengan pemberian larutan nutrisi dengan alat TDS & EC diperoleh selisih paling rendah adalah 0,05 atau sebesar 4,9 % sedangkan yang paling tinggi adalah 0,36 atau sebesar 36,3 %.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Kristen Indonesia Toraja yang telah menfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Ant. A. Kristi, *Hidroponik Rumahan - Modal Di Bawah 600 Ribu*, 1st Ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2018.
- [2] M. Syawil, “Panduan Mudah Belajar Arduino Menggunakan Simulasi Proteus,” In *Panduan Mudah Belajar Arduino Menggunakan Simulasi Proteus*, Yogyakarta: CV Andi Offset, 2017.
- [3] M. Manan, “Pengaruh Konsentrasi Larutan ABMix Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Selada Merah (*Lactus Sativa Var. Crispae*) Dengan Budidaya Hidroponik Sistem DFT IKakondongan: Universitas Kristen Indonesia Toraja, 2019.
- [4] I. A. Pali’, “Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Seledri (*Apium graveolens L*) Yang Ditanam Dengan Sistem Hidroponik Vertikultura Terhadap Pemberian Berbagai Konsentrasi Nutrisi ABMix,” Kakondongan: Universitas Kristen Indonesia Toraja, 2019.
- [5] M. S. I. Chaer, S. H. Abdullah, and A. Priyati, “Untuk Tanaman Sawi (*Brassica juncea*),” no. 2, p. 11, 2016.
- [6] F. E. Laumal, “Implementasi Mikrokontroler Atmega328 Di Bidang Pertanian Dan Industri,” INARxiv, preprint, May 2018. doi: 10.31227/osf.io/xya5v.
- [7] S. A. Pohan and O. Oktoyournal, “Pengaruh Konsentrasi Nutrisi A-B Mix Terhadap Pertumbuhan Caisim Secara Hidroponik (Drip system),” *Lumbung*, vol. 18, no. 1, pp. 20–32, Jan. 2019, doi: 10.32530/lumbung.v18i1.179.
- [8] “Arduino - Home.” <https://www.arduino.cc/> (accessed Sep. 07, 2021).
- [9] H. Santoso, “Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula,” in *Arduino Untuk Pemula*, Trenggalek, 2015.
- [10] E. Kustianingsih and R. Irawanto, “Total Dissolved Solid (TDS) Measurement in Phytoremediation of Detergent by *Sagittaria lancifolia* Plant,” vol. 7, no. 1, p. 6, 2020.
- [11] “Gravity: Analog TDS Sensor / Meter For Arduino.” DFRobot.
- [12] S. N. Sholihat, “Pengaruh Kontrol Nutrisi Pada Pertumbuhan Kangkung Dengan Metode Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT),” p. 6.
- [13] Susilawati, “Dasar-dasar Bertanam Secara Hidroponik.” Universitas Sriwijaya, 2019.