

Prototipe Pengontrolan Kepekatan Larutan Nutrisi pada Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel

Budi Yasri¹, Suprijanto², Aldy Aprian³, Fathul Khoiriyah⁴

^{1,3}Akademi Metrologi dan Instrumentasi

^{2,4}Institut Teknologi Bandung

Email: budiyasri@yahoo.com¹, supri8@gmail.com², aldyaprian26@gmail.com³, fathul2002@gmail.com⁴

Abstrak

Pengontrolan kepekatan larutan nutrisi adalah alat yang digunakan untuk mengkondisikan kepekatan larutan nutrisi agar tetap berada pada set point ruang lingkup pertanian. Pengontrolan kepekatan larutan nutrisi digunakan pada sistem hidroponik khususnya metode Nutrient Film Technique (NFT). Dalam hal ini pengontrolan dilakukan pada kepekatan nutrisi pada reservoir yang digunakan sebagai media air yang sudah tercampur dengan nutrisi yang kemudian dialirkan pada tumbuhan. Di masa depan, alat ini diharapkan bisa membantu petani hidroponik agar dapat melakukan pengontrolan secara otomatis sehingga mampu untuk memperkecil peluang terjadinya gagal panen. Pengontrolan ini dilakukan dengan menggunakan sensor TDS (Total Dissolved Solid) yang digunakan untuk mengukur kepekatan suatu larutan. Dalam penelitian ini, pengontrolan kepekatan larutan nutrisi difokuskan untuk kebutuhan nutrisi tanaman tomat. Dari hasil uji kalibrasi yang dilakukan pada tiga titik uji pengukuran 96,2 ppm, 500 ppm, dan 1000 ppm besar nilai kesalahan secara berturut turut adalah 10%, 7%, dan 4%. Ketika prototipe sudah dipasang pada instalasi hidroponik NFT untuk menambah kepekatan sebesar 180 ppm perbandingan antara larutan nutrisi dengan reservoir campuran adalah 1 : 200. Pada pengujian debit pompa, besar debit pompa yang sudah dipasang 3,33 mL/s. Kemudian, ketika dilakukan pengujian pengontrolan dari jarak jauh dapat dipastikan bahwa penunjukkan kepekatan nutrisi dari jarak 0 km sama 8,1 km adalah sama.

Kata kunci: *Nutrient Film Technique, sensor TDS, Pengontrolan, Kepekatan Nutrisi*

Abstract

The hydroponic method is not a new thing among farmers, especially in areas that have insufficient land area for farming. The hydroponic method is very easy to develop, especially in areas that lack land for farming. The hydroponic method is very easy to develop, especially in urban areas because it does not require a large area of land. However, hydroponic plants are very dependent on nutrient solutions and must be according to plant needs. In this research, an automatic system will be made for the process of mixing nutrient solutions in chili plants using EC and pH sensors to detect the electrical conductivity (EC) and power of hydrogen (pH) values of nutrients. The electrical components used in this system are Arduino Uno microcontroller, pH sensor, TDS sensor, RTC module, 16 X 2 LCD screen, 5 VDC 2 channel relay, latch switch, resistor and LED light. The prototype was tested at 15, 30, 45 and 60 minutes after the prototype was running. The results of EC control at that time sequentially are 1324,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 1369,63 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 1347,74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 1325,26 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Meanwhile, the results of controlling pH at that time sequentially are 6,23; 5,90; 5,78 and 6,17. The result of testing the error value of pH sensor is 10,77% and the TDS sensor is 5,46%.

Keywords: *Nutrient Film Technique, pH sensor, EC sensor, nutrient solutions, chilli (Capsicum frutescens L.)*

PENDAHULUAN

Tomat atau *Solanum lycopersicum* adalah satu diantara produk hortikultura yang mempunyai beragam manfaat, yaitu bisa dimanfaatkan dalam bentuk segar sebagai sayur, buah dan olahan berupa makanan, minuman dan berkhasiat sebagai obat. Buah Tomat banyak mengandung zat-zat yang berguna bagi tubuh manusia, oleh karena itu Tomat menjadi komoditas sayur yang utama (Wasonowati, 2011). Supaya produksi tomat tidak menurun maka penggunaannya dapat memanfaatkan metode hidroponik.

Hidroponik merupakan metode bercocok tanam tanpa tanah. Sesuai dengan namanya "Hidro-" artinya terikat air, hidroponik adalah metode bercocok tanam menggunakan air bernutrisi sebagai media tanamnya. Kelebihan dari cara bercocok tanam hidroponik meliputi kebersihan lebih mudah terjaga, tidak ada masalah dengan pengolahan tanah, penggunaan pupuk dan air efisien, tanaman berproduksi dengan kualitas dan produktivitas tinggi, tanaman lebih mudah diseleksi dan dikontrol. Pada umumnya tanah berfungsi sebagai penyedia unsur hara (nutrisi) dan penopang. Peran tanah sistem hidroponik adalah sebagai penyedia unsur hara diperoleh dari larutan nutrisi AB mix dan media tanam lainnya seperti rockwool atau cocopeat (olahan sabut kelapa) sebagai penopangnya. Dalam praktiknya, seiring berjalannya waktu selama proses pertumbuhan tanaman hidroponik kadar nutrisi yang terlarut pada air akan berkurang maupun bertambah, hal tersebut dikarenakan beberapa faktor meliputi penyerapan nutrisi oleh tumbuhan, hujan dan penguapan. Selain itu terdapat batasan kandungan nutrisi yang harus dipenuhi dalam bercocok tanam secara hidroponik (Helmy et al., 2018).

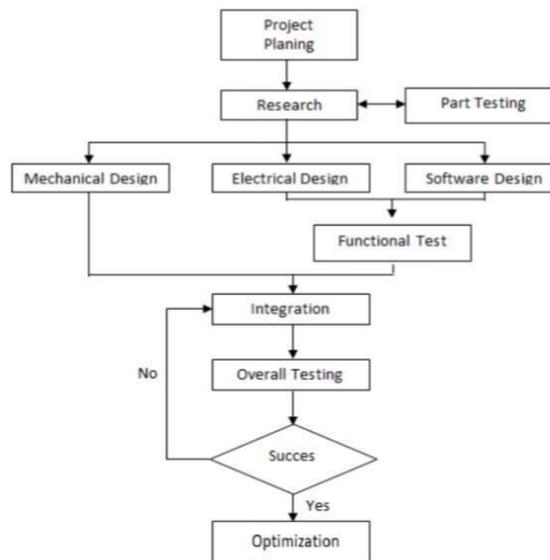
Prinsip budidaya tanaman secara hidroponik adalah menyediakan nutrisi yang diperlukan dalam bentuk air. Terdapat berbagai metode dalam memberikan nutrisinya. Metode pemberian nutrisi menentukan jenis sistem yang digunakan. Salah satu metode pemberian nutrisi adalah sistem Nutrient Film Technique (NFT). Cara bercocok tanam teknik NFT adalah dengan menempatkan akar tanaman pada aliran nutrisi yang dangkal sehingga tidak terendam sepenuhnya. Dengan begitu, maka tanaman akan memperoleh nutrisi berupa nutrisi dan oksigen secara optimal. Terdapat beberapa kelebihan dari sistem NFT. Pertama, sistem NFT sangat cocok untuk tanaman yang membutuhkan banyak air dikarenakan sistem NFT akan membuat aliran terpenuhi dengan mudah. Kedua, penanaman tanaman akan lebih banyak dikarenakan sistem NFT dapat memberikan waktu tanam yang singkat. Terakhir, tanaman akan memperoleh nutrisi yang seragam dikarenakan NFT bekerja dengan sistem aliran yang stabil dan satu jalur.

Selain kelebihan yang telah disebutkan sebelumnya sistem NFT juga memiliki kekurangan. Pertama, perlengkapan untuk membuat hidroponik sistem NFT ini cukup banyak sehingga modal yang dibutuhkan harus besar. Kedua, sistem NFT bergantung pada listrik agar sistem dapat terus berjalan. Ketiga, jika ada satu tanaman yang terkena penyakit maka akan membuat tanaman lain yang berada dalam satu jalur menjadi berpenyakit. Terakhir, proses pengukuran kadar nutrisi hingga saat ini diukur dengan alat ukur TDS meter yang dimasukkan dalam air secara manual, rutin setiap harinya, dan pengukur harus memiliki pengetahuan, kemampuan, dan ketelitian dalam mengukur (Cooper & Crops, 2017). Kelemahan yang terakhir dapat diatasi dengan adanya sistem pemantauan dan pengendalian larutan nutrisi secara kontinu dengan kontrol jarak jauh. Petani hidroponik sistem NFT dapat memonitor dan mengontrol kepekatan larutan nutrisi pada tanaman melalui gawai pribadi (Helmy et al., 2018). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe pengontrol larutan nutrisi sistem NFT berbasis wireless. Sehingga kesalahan pengukuran dan kekurangan pemantauan kepekatan larutan nutrisi dapat diatasi dengan penelitian ini.

METODE

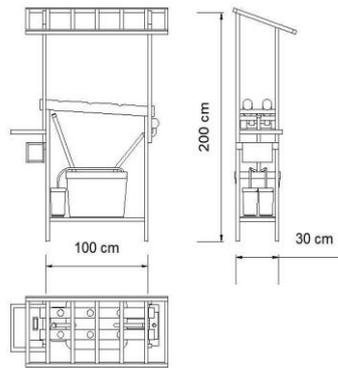
Penelitian ini dilaksanakan pada 1 Februari 2021 hingga 1 Juli 2021 di Cimahi, Jawa Barat. Jenis data yang digunakan yaitu jenis data kontinum, dimana data ini didapatkan dari hasil pengukuran terhadap objek yang dilakukan selama penelitian berlangsung. Atau jenis data kuantitatif dimana data yang didapatkan berupa angka atau bilangan yang mana nantinya data ini diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil dan kesimpulannya. Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu teknik observasi berupa pengamatan atau pengambilan data secara langsung dengan cara melakukan kegiatan pengukuran yang mana data yang didapatkan dicatat pada lembar kerja untuk diolah.

Metode yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada gambar 1.



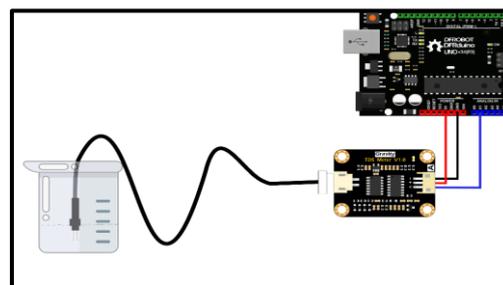
Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

Pada gambar 1 dijelaskan sebagai berikut Perencanaan Proyek Penelitian (Project Planning), spesifikasi dan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan Digunakan dalam pembuatan prototipe pengendali kepekatan nutrisi. Penelitian (Research), alat ini membutuhkan tenaga portable sehingga dapat digunakan dimana saja. Mikrokontroler yang digunakan harus berukuran kecil sehingga dapat menghemat tempat. Sensor yang digunakan harus dapat mendeteksi nilai kepekatan nutrisi secara akurat. Pengetesan Komponen (Part Testing), komponen yang dites merupakan komponen masukan, keluaran dan pemroses. Setelah itu dilakukan perancangan mekanik, elektrik dan perangkat lunak. Perancangan mekanik meninjau terkait konstruksi dan material dari prototipe yang akan dibuat. Untuk konstruksi instalasi hidroponik terbuat dari kayu dan pipa air untuk aliran air pada instalasi hidroponik yang terbuat dari plastik jenis polivinil klorida dan wadah mikrokontroler terbuat dari boks plastik jenis polipropilena. Berikut merupakan konstruksi dari prototipe yang dibuat.



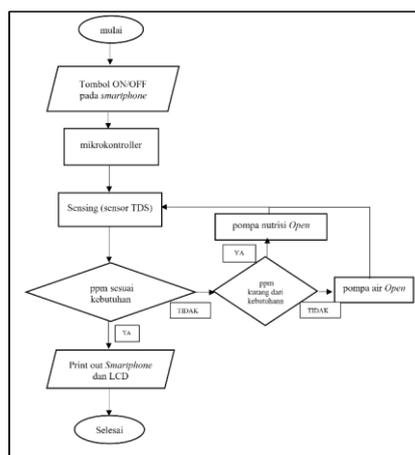
Gambar 2. Konstruksi prototipe

Pada perancangan elektrik meninjau terkait komponen elektrik yang digunakan pada pembuatan prototipe. Pada prototipe ini, komponen elektrik yang digunakan adalah Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor TDS berfungsi untuk mengukur nilai kepekatan nutrisi, NodeMcu berfungsi sebagai perangkat penghubung langsung dengan wifi, relay berfungsi sebagai saklar otomatis, Lcd berfungsi untuk menunjukkan hasil pengukuran dan Pompa berfungsi untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat lainnya. Berikut merupakan gambar sketsa rangkaian sensor tds.



Gambar 3. Sketsa rangkaian sensor TDS

Pada perancangan perangkat lunak meninjau terkait alur kerja sistem yang akan dibuat meliputi masukan sistem, pengolahan data oleh sistem dan keluaran yang dihasilkan sistem. Pada prototipe ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengontrol rangkaian elektronik sekaligus sebagai pengambil keputusan terkait masukan dan keluaran dari sistem prototipe yang dibuat lalu digunakan pula NodeMCU sebagai komunikasi wireless antara prototipe dan telepon seluler. Untuk mengoperasikan Arduino Uno dibutuhkan perangkat lunak yang telah terunggah di komputer berupa Arduino IDE. Setelah kode pemrograman telah selesai diunggah menuju Arduino Uno melalui Arduino IDE, maka mikrokontroler akan beroperasi sesuai dengan kode pemrograman yang telah dibuat. Berikut merupakan diagram alir dari prototipe yang dibuat.



Gambar 4. Diagram Alir Prototipe

Prinsip kerja pada prototipe ini yaitu sebelum menjalankan program, mikrokontroler terlebih dahulu melakukan inisiasi terhadap pin yang akan digunakan untuk kegiatan pengontrolan. Kemudian, Sensor Total Dissolved Solid (TDS) akan melakukan pengukuran nilai padatan terlarut pada objek ukur dan mengirimkan hasil pengukuran menuju mikrokontroler. mikrokontroler akan mengirimkan hasil pengukuran sensor TDS menuju NodeMCU dan layar LCD untuk ditampilkan. Setelah itu, NodeMCU akan mengirim hasil pengukuran menuju aplikasi untuk ditampilkan pada telepon seluler, aplikasi juga dapat memberikan perintah untuk mengaktifkan dua buah aktuator yaitu pompa untuk nutrisi dan air. Saat kadar kepekatan nutrisi terlalu tinggi pompa air akan dinyalakan untuk menurunkan kadar nutrisinya sebaliknya Ketika kadar nutrisi terlalu rendah maka pompa nutrisi akan dinyalakan. Perintah ini dijalankan saat tombol pada aplikasi ditekan yang akan mengirim perintah tersebut menuju NodeMCU. Kedua pompa dihubungkan dengan relay sebagai pemutus arus yang mengalir menuju pompa. Relay yang digunakan ialah relay dua saluran yang dihubungkan pada NodeMCU sebagai penerima sinyal dari aplikasi dan mengirimkannya ke relay.

Setelah perancangan mekanik, elektrik dan perangkat lunak telah selesai. Selanjutnya, rangkaian elektrik yang telah dirancang, diintegrasikan dengan program yang telah dibuat. Langkah selanjutnya yaitu, rangkaian elektrik yang telah terunggah dengan kode program kemudian diletakkan pada wadah sebagai tempat agar rangkaian elektrik tidak terpisah satu sama lain.

Ketika sudah terpasang semua komponen pada prototipe, kemudian dilakukan pengujian dan pengambilan data pada prototipe. Jika hasil pengambilan data dan pengujian prototipe sukses, maka prototipe akan dioptimasi sedemikian rupa agar sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.

PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Total Dissolve Solid (TDS)

Pengujian kalibrasi sensor TDS dilakukan pengambilan data di 3 titik kepekatan dalam rentang 96,2 ppm – 1000 ppm. Pengujian dilakukan dengan cara pengukuran naik dan turun. Pengambilan data diambil sebanyak 35 kali. Data kemudian dirata-rata dan dirangkum lalu diolah dan didapatkan karakteristik pengukuran dari sensor TDS yang dirangkum pada tabel berikut :

Tabel 1 Karakteristik Pengukuran Sensor TDS

Titik Uji (ppm)	Hasil Pengukuran (ppm)		Rata-Rata Bias	Rata-Rata Standar deviasi	Rata-Rata Akurasi (%)	Rata-Rata Error (%)	Rata-Rata Presisi (%)	Rata-Rata Histerisis
	Naik	Turun						
96,2	108	109	-8	4	96	4	89	1.0
500	491	492	8	9	93	7	94	1.0
1000	994	995	6	13	96	4	96	0.9

Hasil Pengujian Perubahan kepekatan Larutan Nutrisi

Pengujian kali ini dilakukan mengenai seberapa besar perubahan nilai kepekatan setiap penambahan sedikit volume pada keadaan sebenarnya. Maksud dari keadaan sebenarnya adalah pelarut yang dipakai merupakan air pdam yang mengalir di rumah rumah dan zat terlarutnya adalah larutan nutrisi AB mix yang sudah dicampur dengan air dengan perbandingan nutrisi A, nutrisi B, dan air secara berturut turut 1:1:4. Apabila ada nutrisi A dengan volume 250 mL dan nutrisi B dengan volume 250 mL, maka air yang dicampurkan adalah 1000 mL atau 1 L. Pada pengujian dilakukan pencampuran nutrisi AB mix dengan perbandingan volume nutrisi A dan nutrisi B 50 mL:50 mL, lalu dimasukkan ke air sebanyak 200 mL sebesar 1 mL – 5 mL. Pengukuran nilai kepekatan itu menggunakan alat ukur kadar kepekatan TDS meter merk TDS-3. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada tabel nilai rata-rata kenaikan kadar kepekatan setiap penambahan larutan nutrisi berikut :

Tabel 2 Nila Rata-Rata kenaikan Kadar Kepekatan

Volume Uji (mL)	n	Rata-Rata Keluaran Kepekatan (ppm)
1	30	301
2	30	486
3	30	656
4	30	841
5	30	1022

Hasil Pengujian Debit Pompa

Debit merupakan salah satu parameter yang digunakan pada jenis pompa. Debit adalah volume fluida yang dipindahkan oleh pompa dari sisi isap ke sisi buang setiap satuan waktu. Pada pengujian, dilakukan pengukuran volume menggunakan gelas ukur kapasitas 250 mL dengn skala minimum 25 mL dan gelas ukur kapasitas 100 mL dengan skala minimal 10 mL. Tujuannya adalah untuk mengetahui rata rata debit pada pompa yang digunakan, yang ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Rata-Rata Debit

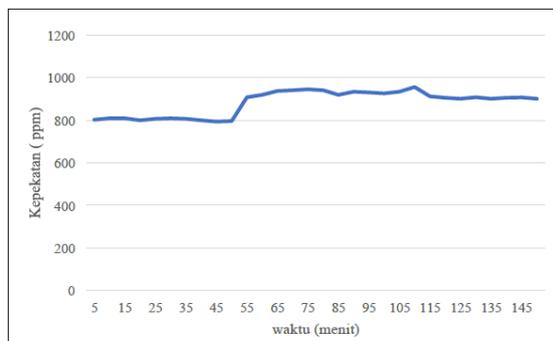
Waktu Uji (s)	N	Pengukuran Naik		Pengukuran Turun	
		Rata Rata Keluaran Volume (mL)	Rata-Rata Debit (mL/s)	Rata Rata Keluaran Volume (mL)	Rata-Rata Debit (mL/s)
5	15	10.00	2.00	10.00	2.00
10	15	33.53	3.35	32.00	3.20
15	15	54.60	3.64	52.33	3.49
20	15	76.27	3.81	73.00	3.65
30	15	117.00	3.90	119.00	3.97
Rata-Rata Debit di keseluruhan pengukuran dan waktu uji (mL)				3.33	

Hasil Pengujian Pengontrolan Nilai Kepekatan Nutrisi Tanaman Tomat Dari Jarak Jauh

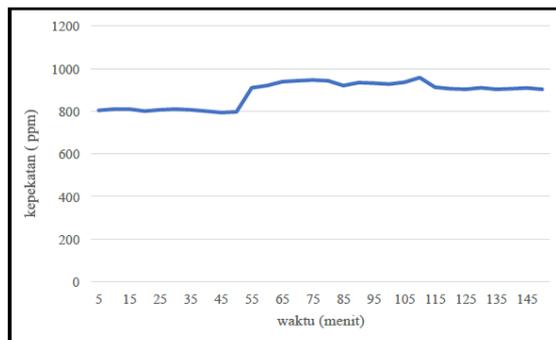
Bisa dipakainya prototipe untuk mengontrol nilai kepekatan pada tanaman tomat hidroponik tanpa pengkabelan atau dapat dikontrol dari jarak jauh tanpa harus ke kebun hidroponik tanaman tomat adalah tujuan dibuatnya prototipe ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian keluaran kepekatan ketika dikontrol pada kebun hidroponik dengan tempat yang jauh dari kebun hidroponik. Pada pengujian ini, tanaman tomat yang dikontrol berumur 14 sampai 20 hari dan jarak terdekat yang diambil adalah 0 km dari tempat instalasi hidroponik sedangkan untuk jarak jauh ada pada 8,1 km menurut jarak yang dihitung dari google maps. Tampilan antarmuka yang dibuat untuk sistem pengontrolan nilai kepekatan nutrisi tanaman tomat dari jarak jauh ini ditampilkan pada gambar 5, sedangkan data pembacaan nilai kepekatan jarak jauh dapat dilihat pada tabel 6 dan 7 berikut ini.



Gambar 5 Tampilan Antarmuka Program Pengontrolan Nilai Kepekatan Nutrisi Tanaman Tomat dari Jarak Jauh



Gambar 6 Pengukuran Kepekatan Nutrisi Tanaman Tomat dari Jarak 8,1 km



Gambar 7 Pengukuran Kepekatan Nutrisi Tanaman Tomat dari Jarak 0 km

SIMPULAN

Prototipe telah dibuat dan dapat digunakan untuk mengontrol kadar kepekatan nutrisi Tanaman Tomat. Komponen yang digunakan untuk membuat prototipe pengontrol kepekatan nutrisi pada tanaman tomat berbasis jaringan sensor nirkabel adalah Arduino UNO, Node MCU, Sensor TDS, LCD, Relay, pompa, Smartphone, dan catu daya. Berdasarkan prototipe yang dibuat karakteristik sensor TDS yang digunakan karakteristik sensor diuji pada tiga titik uji yaitu 96,2 ppm, 500 ppm, dan 1000 ppm. Karakteristik bias sensor pada pengukuran naik secara berturut turut adalah -7 ppm, 9 ppm dan 6 ppm. Sedangkan pada pengukuran naik adalah -8 ppm, 8 ppm, dan 5 ppm. Karakteristik akurasi sensor untuk pengukuran naik secara berturut turut adalah 95%, 92%, dan 95%. Sedangkan untuk pengukuran turun adalah 96%, 94% dan 96%. Karakteristik error pada sensor kebalikan dari akurasi, untuk pengukuran naik persentase error pada sensor secara berturut turut adalah 5%, 8%, dan 5% kemudian untuk pengukuran turun adalah 4%, 6%, dan 4%. Karakteristik selanjutnya adalah presisi sensor. Nilai kepresisian sensor pada pengukuran naik berturut turut yaitu 89%, 94%, dan 96%. Sedangkan untuk pengukuran turun adalah 89%, 95%, dan 96%. Karakteristik terakhir yaitu histerisis. Nilai histerisis pengukuran sensor secara berturut turut yaitu 1,0; 1,0; dan 0,9

Berdasarkan pengujian pengukuran nilai kepekatan, rata rata nilai kepekatan setiap penambahan nutrisi yang diuji pada lima titik uji penambahan larutan nutrisi terhadap 200 mL air. Titik uji yang digunakan yaitu 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, dan 5 mL. Rata-rata nilai kepekatan pada titik 1 mL adalah 301 ppm. Rata-rata nilai kepekatan pada titik 2 mL adalah 486 ppm. Rata-rata nilai kepekatan pada titik 3 mL adalah 656 ppm. Rata-rata nilai kepekatan pada titik 4 mL adalah 841 ppm. Berdasarkan pengujian pengukuran debit titik uji yang digunakan adalah satuan waktu 5 sekon, 10 sekon, 15 sekon, 20 sekon, dan 30 sekon. Dari pengujian tersebut disimpulkan debit pompa adalah 3,33 mL/s. Untuk memastikan nutrisi sudah tercampur rata dan mengoptimalkan akurasi perlu adanya pengukuran pada beberapa tempat kemudian dibandingkan. Berdasarkan pengujian yang membandingkan hasil ukur nilai kepekatan pada nutrisi Tanaman Tomat hasil ukur nilai kepekatan hampir sama pada rentang pengukuran 797 ppm sampai 810 ppm sebelum diaduk dan setelah dilakukan pengadukan kadar kepekatan pun sama pada rentang pengukuran 902 ppm – 950 ppm

DAFTAR PUSTAKA

- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(2), 21–27. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Girindra, F. G., Rosdiana, E., Suhendi, A., Teknik, F., & Telkom, U. (2019). *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Konduktivitas Listrik Larutan Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Design And Development Of Microcontroller-Based Electrical*. 6(2), 5367–5374.
- Helmy, H., Rahmawati, A., Ramadhan, S., Setyawan, T. A., & Nursyahid, A. (2018). Pemantauan dan Pengendalian Kepekatan Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 7(4). <https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i4.456>
- Irwan, F., & Afdal, A. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik Dengan Total Dissolved Solid (TDS) Dan Temperatur Pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 85–93. <http://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/download/192/172>
- Limits, D., Limits, R., Levels, B., Factor, C. S., Factor, U. R., & Safety, O. (2013). *Making Sense of the Data contamination often see long reports full A First Look at Technical Documents Notes for Facilitator*.
- Maryanto, L. E., & Anis, S. (2018). Pengaruh Diameter Roller Terhadap Debit Pompa Peristaltik. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(1), 65–72. <https://doi.org/10.15294/saintekno.v16i1.13550>
- Masfufah, A. (2014). Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati (Biofertilizer) pada Berbagai Dosis Pupuk dan

- Media Tanam yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Tomat. *Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati (Biofertilizer) Pada Berbagai Dosis Pupuk Dan Media Tanam Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Produktivitas Tanama Tomat*, 9–31.
- Putranto, T. D., & Rohman, B. F. (2016). Rancang bangun sistem otomasi pemberian nutrisi dan pencahayaan untuk tahap penyemaian benih selada pada perkebunan surabaya hidroponik. *Tugas Akhir*.
- Spencer, M., & Analytics, W. (2016). *The Fundamental but Misunderstood Conductivity Cell Constant or Why a Little Knowledge can be a Dangerous Thing*.
- TomatHidroponik.com. (2017). *Panduan Lengkap Menanam Tomat Hidroponik*.
- Wasonowati, C. (2011). Meningkatkan (Lycopersicon esculentum) dengan Sistem Budi daya Hidroponik. *Agrovigor*, 4(1), 21–28.
- Wijayanti, E., & Susila, A. D. (2013). Pertumbuhan dan Produksi Dua Varietas Tomat (Lycopersicon esculentum Mill.). *Bul. Agrohorti*, 1(1), 104–112.