



## Sistem Kontrol Nutrisi Otomatis pada Tanaman Tomat Berbasis *Arduino*

Sri Kurniyani Sari<sup>1\*</sup>, Supriadi Sahibu<sup>2</sup>, Zahir Zainuddin<sup>3</sup>, Fajar Husain A<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Teknik Informatika, Universitas Indonesia Timur, Makassar, Indonesia

<sup>2,3</sup> Magister Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, Makassar, Indonesia

<sup>4</sup>Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Pati, Jateng, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [srikurniyans@gmail.com](mailto:srikurniyans@gmail.com)

**Abstract.** *This research aims to develop an automatic nutrient delivery system for tomato plants in order to ensure optimal nutrient concentration and reduce manual labor during cultivation. The system is designed using a TDS sensor to measure nutrient concentration in water, a water level sensor to monitor the volume of solution in the nutrient container, and a relay module to control the activation of the nutrient pumps and circulation pump. The microcontroller processes sensor readings and regulates the addition of nutrients when the concentration falls below the preset threshold. Tests were conducted to evaluate sensor accuracy, pump responsiveness, and the system's overall performance in maintaining nutrient stability. The results indicate that the water level sensor accurately detects changes in water volume, the TDS sensor successfully measures PPM values above 1400, and both nutrient pumps operate effectively to dispense nutrient solutions as required. The circulation pump also functions properly in distributing the nutrient-enriched water into the hydroponic pipes. These findings demonstrate that the proposed Arduino-based automatic nutrient system is capable of maintaining appropriate nutrient levels for tomato cultivation, supporting more efficient and consistent hydroponic plant growth.*

**Keywords:** *Arduino, Automatic System, Hydroponics, TDS Sensor, Tomato Nutrition*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemberian nutrisi otomatis pada tanaman tomat guna memastikan konsentrasi nutrisi tetap optimal serta mengurangi ketergantungan terhadap proses manual dalam proses budidaya. Sistem ini dirancang menggunakan sensor TDS untuk mengukur konsentrasi nutrisi dalam air, sensor ketinggian air untuk memantau volume larutan pada wadah nutrisi, serta modul *relay* untuk mengendalikan operasi pompa nutrisi dan pompa sirkulasi. Mikrokontroler memproses data sensor dan mengatur penambahan nutrisi ketika konsentrasi berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan untuk menganalisis ketepatan sensor, respons pompa, serta kemampuan sistem dalam menjaga stabilitas nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor ketinggian air berfungsi secara akurat dalam mendeteksi perubahan volume air, sensor TDS berhasil mengukur nilai PPM di atas 1400, dan kedua pompa nutrisi bekerja efektif dalam menyalurkan larutan nutrisi sesuai kebutuhan. Pompa sirkulasi juga berjalan dengan baik dalam mendistribusikan larutan nutrisi ke dalam pipa hidroponik. Temuan ini membuktikan bahwa sistem nutrisi otomatis berbasis *Arduino* yang diusulkan mampu mempertahankan kadar nutrisi yang sesuai untuk tanaman tomat sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih efisien dan konsisten.

**Kata kunci:** *Arduino, Hidroponik, Nutrisi Tomat, Sensor TDS, Sistem Otomatis*

### 1. LATAR BELAKANG

Tomat merupakan salah satu komoditas pertanian penting di dunia dan menjadi bagian signifikan dalam konsumsi pangan manusia. Tomat banyak dikonsumsi baik dalam bentuk segar maupun olahan, serta dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk makanan, bumbu dapur, dan produk kecantikan karena kandungan vitamin A dan vitamin C yang tinggi yang bermanfaat bagi kesehatan. Berdasarkan data The World Bank (2013), sekitar 2,5 miliar penduduk atau 86% masyarakat pedesaan di dunia masih bergantung pada produksi pertanian sebagai sumber penghidupan. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan dan prospek komoditas tomat terus meningkat secara global. Pada tahun 2009, produksi tomat dunia mencapai 129,7

juta ton yang dihasilkan dari lahan seluas 5,3 juta hektar dengan kontribusi utama dari Amerika Serikat, Turki, Meksiko, Brasil, Tiongkok, dan Indonesia.

Meskipun permintaan global meningkat, produksi tomat di Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan potensi pengembangan budidayanya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura, rata-rata luasan panen tanaman tomat pada tahun 2013–2017 mencapai 57.324,2 hektar, namun produksi nasional hanya sekitar 6,3 ton per hektar (Wasonawati, 2011). Rendahnya produktivitas ini diduga disebabkan oleh penggunaan varietas yang kurang sesuai, teknik budidaya yang belum optimal, serta alih fungsi lahan pertanian yang menyebabkan penyempitan lahan (Wijayani & Wahyu, 2005).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas tanaman tomat adalah budidaya secara hidroponik. Menurut Lingga dalam laporan akhir percobaan teknologi *greenhouse* dan hidroponik, metode hidroponik memiliki berbagai kelebihan seperti pertumbuhan tanaman yang lebih cepat, produksi yang lebih tinggi, pemakaian pupuk yang lebih efisien, panen yang bersifat kontinyu, serta dapat diterapkan di luar musim dan pada lahan yang kurang sesuai. Namun demikian, sistem hidroponik memiliki kelemahan, yaitu membutuhkan keterampilan khusus dalam pengelolaan peralatan. Larutan nutrisi harus dipantau secara berkala untuk memastikan kadar PPM berada pada rentang ideal bagi tanaman tomat, yaitu 1400–3500 PPM, dan pompa nutrisi harus dinyalakan secara teratur untuk menjaga sirkulasi larutan.

Penelitian sebelumnya oleh Dwi Ario Rinaldo dan Alvino Octaviano (2022) telah merancang alat kontrol air otomatis dengan pendeteksian nutrisi dan pH pada tanaman hidroponik. Namun, sistem tersebut hanya mampu mendeteksi kadar nutrisi tanpa dapat melakukan proses pencampuran atau penambahan nutrisi secara otomatis. Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian (*research gap*) berupa kebutuhan sistem otomatis yang tidak hanya mendeteksi tetapi juga mengatur pemberian nutrisi secara mandiri.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berupaya mengembangkan sistem yang mampu memberikan nutrisi secara otomatis pada tanaman tomat menggunakan mikrokontroler *Arduino*. Oleh karena itu, penulis mengangkat judul “Sistem Pemberi Nutrisi Otomatis pada Tanaman Tomat Berbasis *Arduino*”.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman tanpa tanah dengan memanfaatkan larutan nutrisi yang mengandung unsur hara makro dan mikro. Keunggulan metode ini antara lain efisiensi lahan, pertumbuhan lebih cepat, serta kontrol nutrisi yang lebih presisi. Namun

keberhasilannya sangat bergantung pada kemampuan menjaga stabilitas nutrisi, khususnya konsentrasi PPM yang ideal bagi tanaman tomat, yaitu 1400–3500 PPM.

Pemantauan nutrisi pada sistem hidroponik umumnya menggunakan sensor TDS yang mengukur tingkat padatan terlarut dalam larutan, serta sensor ketinggian air untuk memastikan volume larutan tetap mencukupi. Mikrokontroler Arduino berperan sebagai pengolah data dari kedua sensor tersebut dan sebagai pengendali pompa nutrisi melalui modul relay sehingga proses penambahan nutrisi dapat dilakukan secara otomatis.

### **3. METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *Problem Solving Research*, yaitu pemecahan masalah berdasarkan metode yang telah ada untuk menghasilkan solusi praktis. Penelitian difokuskan pada perancangan sistem pemberi nutrisi otomatis pada tanaman tomat hidroponik menggunakan mikrokontroler *Arduino*. Objek penelitian adalah tanaman tomat hidroponik dengan sistem NFT (*Nutrient Film Technique*).

#### **B. Langkah-Langkah Penelitian**

Proses diawali dengan pengumpulan data dan studi pustaka untuk memperoleh landasan teori serta informasi terkait kebutuhan sistem dan karakteristik tanaman tomat hidroponik. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang mencakup penyusunan alur kerja dan struktur komponen yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan perancangan perangkat keras meliputi pemilihan, pengujian, dan perakitan komponen seperti sensor TDS, sensor ketinggian air, pompa, serta modul Arduino. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak untuk mengatur fungsi sistem secara otomatis melalui pemrograman Arduino. Setelah keseluruhan rancangan selesai, sistem kemudian memasuki tahap pengujian untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai fungsi dan alur yang telah ditetapkan. Tahap akhir adalah penyusunan laporan, yang mendokumentasikan seluruh proses penelitian dan hasil pengujian sebagaimana terlihat pada Gambar 1 Tahapan Penelitian.



**Gambar 1. Tahapan Penelitian**

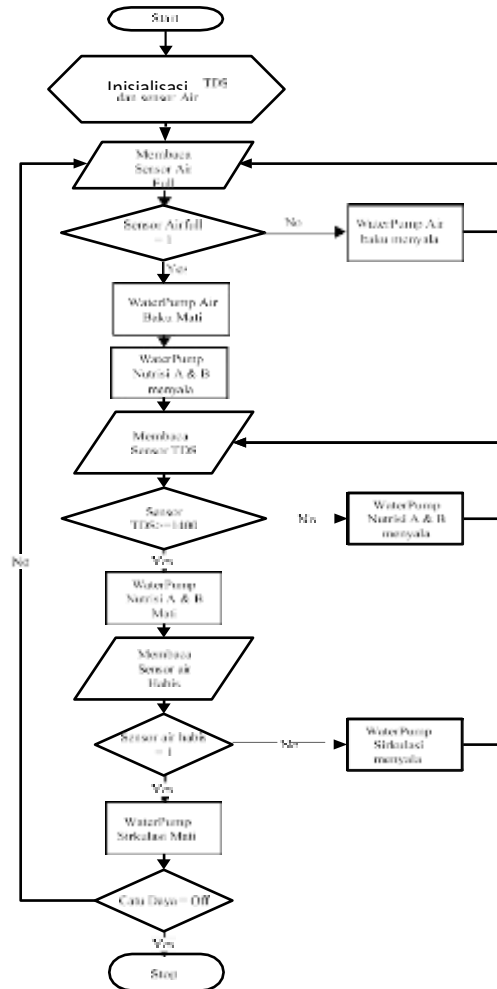
### **C. Desain Penelitian**

Pada tahap desain penelitian ini, dirumuskan alur kerja sistem yang berfungsi sebagai dasar dalam pengembangan mekanisme pemberian nutrisi otomatis pada tanaman tomat. Untuk menggambarkan proses kerja sistem secara terstruktur dan mudah dipahami, disusun sebuah flowchart yang menjelaskan hubungan antar komponen serta urutan operasi yang dilakukan oleh sistem.

#### ***Flowchart System***

Pada *Flowchart* pada Gambar 2 Flowchart System menggambarkan alur kerja sistem pemberi nutrisi otomatis pada tanaman tomat berbasis Arduino. Proses dimulai ketika catu daya diaktifkan, kemudian sistem melakukan inisialisasi sensor TDS dan sensor ketinggian air. Selanjutnya, sensor ketinggian air memeriksa apakah wadah nutrisi telah terisi penuh. Jika wadah sudah penuh, pompa air baku akan berhenti, sedangkan jika belum penuh pompa akan tetap menyala hingga volume mencukupi. Setelah wadah terisi, sistem melakukan proses pencampuran nutrisi A dan B ke dalam air baku. Sensor TDS kemudian mengukur kadar PPM untuk memastikan konsentrasi nutrisi berada pada rentang ideal. Jika nilai PPM berada di bawah 1400 atau melebihi 3500, pompa nutrisi akan aktif hingga mencapai kadar yang sesuai. Apabila konsentrasi telah berada pada kisaran 1400–3500, pompa nutrisi otomatis berhenti. Selanjutnya, sensor mendeteksi ketersediaan air nutrisi dalam wadah. Jika air masih tersedia, pompa sirkulasi akan menyalurkan nutrisi ke tanaman tomat, namun akan berhenti jika wadah

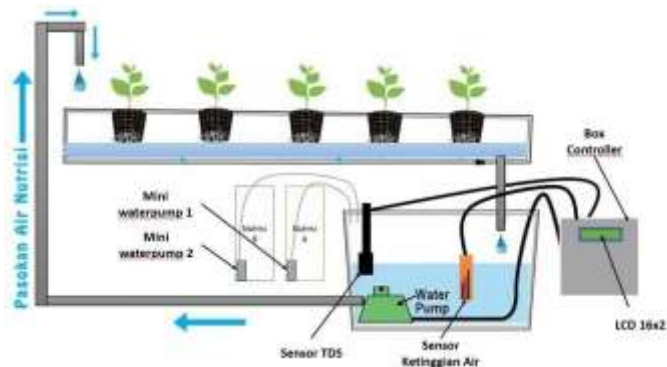
sudah kosong. Proses berakhir ketika sistem dimatikan, namun selama catu daya tetap aktif, seluruh rangkaian prosedur akan berulang secara otomatis.



**Gambar 2. Flowchart System**

**. Rancangan Sistem**

Rancangan sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi seperti terlihat pada gambar 3 diawah ini.



**Gambar 3. Rancangan Sistem**

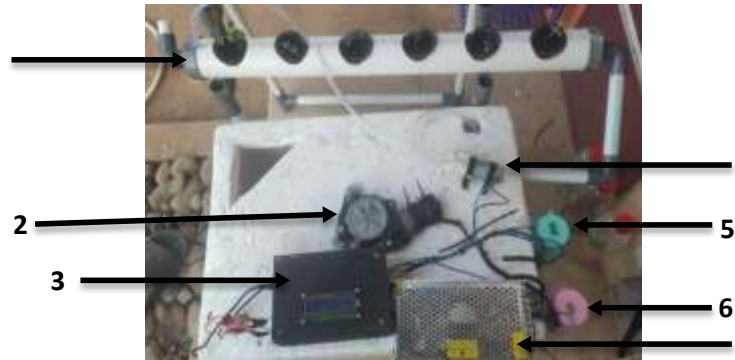
Rancangan sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menjalankan proses pemberian nutrisi otomatis pada tanaman tomat. *Box Controller* berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang dicetak menggunakan printer 3D. LCD 16x2 berbasis komunikasi I2C digunakan untuk menampilkan informasi dan status sistem selama proses berlangsung. Sensor ketinggian air berperan mendeteksi level air dalam wadah nutrisi menggunakan rangkaian op-amp yang menghasilkan keluaran digital, sementara sensor TDS *Gravity* dari DFRobot digunakan untuk mengukur nilai PPM pada larutan nutrisi. Water pump 12V menjadi pompa utama yang menyalurkan nutrisi menuju pipa hidroponik, sedangkan mini water pump 1 dan mini water pump 2 bertenaga 5V masing-masing bertugas menyalurkan nutrisi A dan nutrisi B ke dalam wadah nutrisi. Pipa hidroponik berdiameter 2 inch digunakan sebagai media aliran larutan sekaligus tempat tanaman tomat ditanam, dengan total enam lubang tanam. Bibit tomat yang digunakan merupakan tanaman hidroponik berusia sekitar dua minggu yang kemudian dipindahkan ke sistem NFT untuk proses budidaya.

#### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

##### **A. Implementasi Sistem**

Sistem pemberi nutrisi otomatis pada tanaman tomat yang telah dikembangkan terdiri dari beberapa komponen perangkat keras, yaitu Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, sensor ketinggian air, sensor TDS, *relay*, modul *stepdown*, dan water pump. Seluruh perangkat keras tersebut dirangkai menjadi satu kesatuan sistem yang mampu memantau ketinggian air, mengukur nilai PPM nutrisi, serta mengontrol pompa air dan pompa nutrisi secara otomatis berdasarkan parameter yang ditentukan.

Tampilan keseluruhan implementasi perangkat keras dapat dilihat pada gambar 4. Implementasi Rancangan Sistem. Gambar tersebut menunjukkan susunan komponen yang terintegrasi dalam satu sistem kerja, mulai dari sensor, rangkaian kontrol, hingga pompa yang berfungsi menyalurkan larutan nutrisi ke instalasi hidroponik. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan awal, yaitu mengatur pemberian nutrisi berdasarkan kondisi aktual larutan serta menjaga sirkulasi larutan pada tanaman tomat.



**Gambar 4. Implementasi Rancangan Sistem**

Gambar 4 menunjukkan keseluruhan susunan perangkat keras pada sistem pemberi nutrisi otomatis tanaman tomat berbasis *Arduino*. Pada bagian atas tampak pipa hidroponik yang digunakan sebagai media tanam bagi tanaman tomat. Motor DC berfungsi sebagai penggerak yang mendukung proses aliran nutrisi dalam sistem. Box controller berisi komponen utama seperti *Arduino Uno*, *LCD*, modul *stepdown*, *relay*, modul sensor ketinggian air, dan modul sensor TDS yang berperan dalam mengendalikan seluruh proses otomatisasi. *Water pump* digunakan untuk menyalurkan larutan nutrisi ke pipa hidroponik. Selain itu, sistem dilengkapi dua wadah nutrisi, yaitu wadah Nutrisi A dan wadah Nutrisi B, yang masing-masing akan dicampurkan ke dalam air baku sesuai kebutuhan. Seluruh perangkat memperoleh suplai daya dari adaptor 12V 5A yang memastikan sistem berjalan stabil selama proses operasional.



**Gambar 5. Proses Sirkulasi**

Gambar 5 Proses Sirkulasi di atas menunjukkan proses sirkulasi larutan nutrisi ke tanaman tomat yang dilakukan oleh sistem setelah kadar nutrisi dalam air baku berada pada rentang 1400 ppm hingga 3500 ppm. Pada kondisi tersebut, pompa sirkulasi akan bekerja secara otomatis untuk menyalurkan larutan nutrisi melalui pipa hidroponik menuju tanaman tomat. Proses sirkulasi ini berlangsung terus menerus dan hanya akan berhenti apabila sistem dimatikan oleh pengguna.

## B. Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian menyeluruh terhadap kinerja sistem untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan mengamati seluruh proses operasional sistem saat diaktifkan. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1 Pengujian Sistem Keseluruhan.

**Tabel 1.** Pengujian Sistem Keseluruhan.

Pengujian	Kondisi Air	Sensor TDS	Pompa Nutrisi A	Pompa Nutrisi B	Pompa Sirkulasi	Waktu Pengisian Air Baku (detik)	Waktu Pengisian Nutrisi (detik)
Pengujian 1	Penuh	1440	√	√	√	70	169
Pengujian 2	Penuh	1450	√	√	√	70	171
Pengujian 3	Penuh	1439	√	√	√	70	168
Pengujian 4	Penuh	1511	√	√	√	70	189
Pengujian 5	Penuh	1498	√	√	√	70	175
Pengujian 6	Penuh	1490	√	√	√	70	179
Pengujian 7	Penuh	1472	√	√	√	70	181
Pengujian 8	Penuh	1490	√	√	√	70	176
Pengujian 9	Penuh	1440	√	√	√	70	175
Pengujian 10	Penuh	1444	√	√	√	70	171
<b>Rata-rata</b>						<b>70</b>	<b>175</b>

Keterangan :

√ = Berfungsi

X = Tidak berfungsi

Berdasarkan hasil pengamatan, sistem dimulai dengan kondisi air pada wadah nutrisi yang telah penuh. Selanjutnya, sensor TDS melakukan pengukuran nilai PPM. Ketika nilai PPM terdeteksi berada di bawah 1400, pompa nutrisi A dan pompa nutrisi B aktif untuk menambahkan larutan nutrisi ke dalam wadah hingga sensor TDS mendeteksi nilai PPM lebih dari 1400. Setelah kadar PPM mencapai nilai di atas batas minimal tersebut, pompa sirkulasi menyala untuk menyalurkan larutan nutrisi menuju pipa hidroponik tempat tanaman tomat ditanam.

Sepuluh kali pengujian yang telah dilakukan, sensor TDS secara konsisten berhasil mendeteksi kadar PPM dengan nilai di atas 1400. Pompa nutrisi A dan B juga terbukti berfungsi dengan baik dalam menambahkan nutrisi, dan pompa sirkulasi bekerja optimal dalam mendistribusikan larutan nutrisi ke sistem hidroponik. Rata-rata waktu pengisian air baku adalah 70 detik, sedangkan rata-rata waktu pengeluaran nutrisi adalah 175 detik, sehingga menunjukkan stabilitas kinerja sistem selama proses operasi

## C. Pengujian Pertumbuhan Tanaman

Pada Pada pengujian ini peneliti mengamati pertumbuhan dari tanaman tomat ketika menggunakan sistem yang telah dibuat dengan sistem manual. Tanaman yang di amati adalah



tanaman hasil semai selama 1 minggu dengan ketinggian awal 4 cm sebagaimana terlihat pada Tabel 2 Pengujian Pertumbuhan Tanaman dibawah ini.

**Tabel 1.** Pengujian Pertumbuhan Tanaman

Hari Ke-	Ketinggian tanaman (cm)	
	Sistem yg telah dibuat	Manual
1	4	4
4	6	5
7	11	8

Hasil pengamatan bahwa pertumbuhan tanaman tomat menggunakan sistem otomatis lebih baik dimana pada pengamatan hari ke-7 tinggi tanaman tomat menggunakan sistem yang telah dibuat mencapai ketinggian 11 cm sedangkan menggunakan manual ketinggian mencapai 8 cm. Selain itu, menggunakan sistem yang telah dibuat dapat mengefisienkan waktu karena dapat mencampur dan mengecek nutrisi secara otomatis dibandingkan dengan manual yang setiap saat harus dicek kadar nutrisinya.

Sistem ini memiliki fitur baru yaitu dapat mencampur nutrisi secara otomatis dan menyalurkannya ke pipa hidroponik secara otomatis, jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Dwi Ario Rinaldo dan Alvino Octaviano, (2022) dengan judul penelitian rancang bangun alat kontrol air otomatis dengan pendeteksian tingkat nutrisi dan pH air pada tanaman hidroponik dimana sistem yang dibuat hanya dapat mendeteksi nutrisi yang ada pada wadah nutrisi tanpa bisa mencampur nutrisi secara otomatis.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian terhadap sistem pemberi nutrisi otomatis berbasis Arduino, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang mampu mencampur nutrisi secara otomatis ketika kadar nutrisi kurang dari 1400 ppm dan menyalurkan nutrisi ke tanaman tomat hidroponik secara otomatis ketika kadar nutrisi berada antara 1400 ppm hingga 3500 ppm. Sensor TDS yang digunakan terbukti dapat mendeteksi kadar nutrisi dengan akurat, berdasarkan pengujian sebanyak 10 kali dengan kondisi nutrisi rendah (<1400 ppm) dan nutrisi dalam batas optimal (1400–3500 ppm). Sensor ketinggian air juga berfungsi dengan baik, terbukti dari pengujian sebanyak 10 kali pada kondisi air habis dan penuh. Seluruh komponen sistem, termasuk pompa nutrisi A dan B serta pompa sirkulasi, bekerja sesuai fungsi, yaitu mendeteksi, mencampur, dan menyalurkan nutrisi ke pipa hidroponik. Selain itu, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengisi air baku hingga batas penuh adalah 70 detik, sedangkan pencampuran nutrisi hingga mencapai nilai standar membutuhkan rata-rata 175 detik.

Dari hasil tersebut, disarankan agar sistem pemberi nutrisi otomatis ini terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaannya. Pengembangan selanjutnya dapat memperluas fungsi sistem agar tidak terbatas pada tanaman tomat saja, tetapi juga dapat menyesuaikan pencampuran nutrisi untuk berbagai jenis tanaman hidroponik lainnya, sehingga pengguna memiliki fleksibilitas dalam pemeliharaan tanaman sesuai kebutuhan spesifik masing-masing tanaman.

#### **DAFTAR REFERENSI**

- Alhari, M. I., Nuraliza, H., Faried, A. I., Lubis, M., Aninditya, M. W., Asyari, F. H., ... & Rela, I. Z. (2024). *Konsep smart city untuk membangun kota berkelanjutan*. Yayasan Kita Menulis.
- Asy'ari, F. H., Hazriani, H., & Arda, A. L. (2023). *Sistem peringatan titik rawan tindak kriminal berbasis location awareness*. *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, 7(1), 110–117. <https://doi.org/10.1234/jiko.v7i1.123>
- Atiq, M., Hendrawan, D., Wahyuadi, R. A., Mahardi, R. D., Asyari, F. H., & Prakosa, S. (2024). *Workshop mikrokontroler dengan Wokwi membangun proyek kreatif dan inovatif*. Bengawan: *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 170–178. <https://doi.org/10.5678/bengawan.2024.4.2.170>
- Dwi Ario Rinaldo, & Alvino Octaviano. (2021). *Rancang bangun alat kontrol air otomatis dengan pendeteksian tingkat nutrisi dan pH air pada tanaman hidroponik*.
- Galih Agus Saputra. (2020). *Analisis cara kerja sensor PH-E4502C menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk merancang alat pengendalian pH air pada tambak*.
- Hamidah, M. N., Safitri, N. I., Akbar, D. W., Uly, O. S. I., & Kurnianto, D. (2022). *Prototype sistem monitoring nutrisi dan tingkat pH air pada budidaya hidroponik sayur pakcoy menggunakan teknologi Internet of Things (IoT)*. *Elektron: Jurnal Ilmiah*. <https://doi.org/10.5678/elektron.2022.9.1.45>
- Ida Syamsu Roidah. (2014). *Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik*.
- Ira Puspasari, Yosefine Triwidyastuti, & Harianto. (2018). *Otomasi sistem hidroponik wick terintegrasi pada pembibitan tomat ceri*.
- Kushariyadi, K., Apriyanto, H., Herdiana, Y., Asy'ari, F. H., Judijanto, L., Pasrun, Y. P., & Mardikawati, B. (2024). *Artificial intelligence: Dinamika perkembangan AI beserta penerapannya*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Lubis, M., Sudirman, S., Alhari, M. I., Wihayanti, T., Nurdin, A., Asy'ari, F. H., ... & Djufri, I. (2024). *Desa pintar dan informatika urban*. Yayasan Kita Menulis.

- Maulana, R., & Sidik, A. D. W. M. (2019). *Design of an automatic nutrition system for hydroponic plants with an IoT-based NodeMCU microcontroller*. *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 12–21. <https://doi.org/10.1234/fidelity.2019.1.2.12>
- Muh. Agus. (2021). *Prototipe sistem pemantauan limbah cair pada rumah sakit*.
- Nugroh, H., Maulindar, J., & Irawan, R. D. (2023). *Utilization of the Internet of Things in monitoring hydroponic lettuce cultivation*. *Jurnal BITE*, 5(1), 45–52. <https://doi.org/10.1234/bite.2023.5.1.45>
- Priawardana, S. G., & Surriani, A. (2021). *Design of a monitoring and nutrient management system based on Internet of Things (IoT) for hydroponic method using MIT App Inventor*. *JULIET Journal*, 7(1), 77–85. <https://doi.org/10.1234/juliet.2021.7.1.77>
- Shinta Mustika Julyana, Ronal Meidy Suhendar, & Janizal. (2018). *Sistem pengendalian nutrisi pada tanaman kangkung hidroponik menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560*.
- Shania Devinta Ramadany Putri, et al. (n.d.). *Prototype monitoring dan kontrol alat penyiraman tanaman kangkung menggunakan Arduino berbasis website*.
- Siti Nurdianti Sholihat, M. Ramdhan Kirom, & Dr. Eng Indra Wahyudhin Fathonah. (2018). *Pengaruh kontrol nutrisi pada pertumbuhan kangkung dengan metode hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)*.
- Wardhana, D. A., Solichan, A., & Kiswanto, A. (2025). *Kalibrasi sensor TDS menggunakan metode regresi linear untuk sistem kontrol nutrisi hidroponik berbasis IoT*. *Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi*, 5(1), 22–30. <https://doi.org/10.1234/jtit.2025.5.1.22>
- Waliyyuddin, M., Faridah, L., & Sutisna. (2025). *Automated nutrient control and monitoring system for Internet of Things (IoT)-based hydroponic towers*. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3S1), 105–115. <https://doi.org/10.1234/jitet.2025.13.3S1.105>
- Yussa Ananda, Y., Yogi Ardiansyah Putra, L. A. S., & Indra Roza. (2021). *Perancangan sistem hidroponik pada kontrol pH, nutrisi, kelembaban menggunakan logika fuzzy berbasis IoT*. *Jurnal Telecommunication and Electrical Scientific (JTELS)*, 2(1), 10–19. <https://doi.org/10.1234/jtels.2021.2.1.10>
- Zulkarnain Lubis, et al. (2019). *Kontrol mesin air otomatis berbasis Arduino dengan smartphone*.