

DESAIN DAN FABRIKASI SISTEM OTOMATISASI KONTROL PADA SISTEM HIDROPONIK NUTRISI BERBASIS ARDUINO

M. Fadli Solehudin^{a,1,*}, Kusmiyati^{b,2}, Oscar Haris^{c,3}

^{a,b} Politeknik Pertanian Pembangunan Bogor, Jl. Aria Surialaga No. 1, Pasir Jaya, Kota Bogor 16119, Indonesia

^c Politeknik Digital Boash Indonesia, Jl. Raya Atang Senjaya KM 02 Bogor 16310, Indonesia

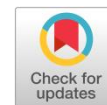
¹ fadli.solehudin.polbangtan@ac.id; ² kusmiyati@polbangtan.ac.id; ³ oscar.haris@pdbi.ac.id

* Penulis Korespondensi

Diterima 02 April 2026; Direvisi 08 April 2026; Diterima 13 April 2026

ABSTRAK

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah yang memanfaatkan larutan nutrisi sebagai sumber unsur hara bagi tanaman. Salah satu faktor penting dalam budidaya hidroponik adalah pengendalian konsentrasi nutrisi agar sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, memfabrikasi, dan menguji sistem otomatisasi kontrol nutrisi pada sistem hidroponik berbasis Arduino. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi tahap perancangan mekanis, perancangan sistem kontrol, pemrograman mikrokontroler, fabrikasi, dan pengujian sistem. Sistem yang dikembangkan terdiri atas Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor Electrical Conductivity (EC) sebagai pendeteksi konsentrasi nutrisi, pompa peristaltik sebagai aktuator penambahan larutan nutrisi, relay, Real Time Clock (RTC), dan LCD I2C sebagai media tampilan data. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor EC terhadap alat ukur referensi TDS/EC meter pada beberapa nilai setpoint nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penambahan nutrisi secara otomatis sesuai nilai setpoint yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan pembacaan maksimum antara sensor EC dan TDS/EC meter sebesar 43 ppm, sehingga sistem memiliki tingkat akurasi yang baik untuk pengendalian nutrisi hidroponik. Sistem yang dikembangkan berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan nutrisi dan mendukung penerapan teknologi smart farming pada budidaya hidroponik.



KATA KUNCI

Hidroponik;
Arduino Uno;
Sensor EC;
Pompa peristaltik;
Sistem kontrol nutrisi;

ABSTRACT

Hydroponics is a soilless cultivation method that utilizes nutrient solutions as the primary source of plant nutrients. One of the most critical factors in hydroponic cultivation is maintaining nutrient concentration according to plant requirements at each growth stage. This study aims to design, fabricate, and evaluate an Arduino-based automated nutrient control system for hydroponic applications. The research employed the Research and Development (R&D) method, which included mechanical design, control system design, microcontroller programming, fabrication, and system testing. The developed system consists of an Arduino Uno as the main controller, an Electrical Conductivity (EC) sensor for nutrient concentration measurement, a peristaltic pump as the nutrient dosing actuator, a relay module, a Real Time Clock (RTC), and an LCD I2C display for real-time monitoring. System performance was evaluated by comparing EC sensor readings with a reference TDS/EC meter at several nutrient setpoints. The results demonstrated that the system was capable of automatically supplying nutrient solution according to the predefined setpoints. The maximum difference between the EC sensor readings and the TDS/EC meter measurements was 43 ppm, indicating satisfactory accuracy for hydroponic nutrient control applications. Therefore, the proposed system has the potential to improve nutrient management efficiency and support the implementation of smart farming technologies in hydroponic cultivation.



KEYWORD

Hydroponics;
Arduino Uno;
EC sensor;
Peristaltic pump;
Nutrient control system



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Sistem pertanian hidroponik telah menjadi salah satu solusi paling inovatif dan efektif dalam mengatasi keterbatasan lahan pertanian konvensional, khususnya di area perkotaan (urban farming). Hidroponik merupakan metode budidaya bercocok tanaman tanpa tanah, sistem ini menggunakan air sebagai media pertumbuhan tanaman, air yang kaya akan unsur hara untuk menyalurkan kebutuhan dasar tanaman secara langsung ke sistem perakaran. Dibandingkan dengan pertanian tradisional, hidroponik menawarkan efisiensi penggunaan air yang jauh lebih tinggi, pertumbuhan tanaman yang lebih cepat, serta kontrol yang lebih baik

terhadap kebersihan produk dari kontaminan tanah. Namun, keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada pemeliharaan lingkungan tumbuh yang konsisten, di mana kelalaian dalam manajemen operasional dapat berdampak fatal terhadap produktivitas hasil panen. Salah satu keuntungan hidroponik adalah tidak memerlukan lahan yang luas karena media dapat ditempatkan disusun ataupun vertikal [1]

Faktor paling krusial yang menentukan optimalisasi pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik adalah pengelolaan nutrisi. Tanaman memerlukan suplai unsur hara makro dan mikro yang seimbang, yang biasanya diukur melalui parameter *Electrical Conductivity* (EC) untuk kepekatan larutan dan tingkat keasaman (pH) air. Ketidakstabilan nilai EC dan pH dapat menghambat penyerapan unsur hara oleh akar, menyebabkan gejala defisiensi, hingga mengakibatkan kematian tanaman. Hingga saat ini, sebagian besar petani hidroponik skala kecil dan menengah masih melakukan pengukuran dan penambahan nutrisi secara manual. Proses konvensional ini tidak hanya memerlukan waktu dan tenaga yang intensif, tetapi juga rentan terhadap human error yang memicu fluktuasi konsentrasi nutrisi secara drastis.

Untuk mengatasi kelemahan proses manual tersebut, penerapan sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler seperti Arduino menjadi sebuah urgensi teknologi yang menjanjikan. Arduino menawarkan platform kontrol yang bersifat open-source, fleksibel, dan ekonomis untuk mengintegrasikan berbagai sensor parameter lingkungan secara real-time. Dengan memanfaatkan sensor pH dan sensor EC yang dihubungkan ke papan Arduino, sistem dapat melakukan pemantauan kondisi larutan nutrisi secara terus-menerus. Ketika parameter terdeteksi berada di luar batas optimal, mikrokontroler akan secara otomatis menggerakkan aktuator seperti pompa peristaltik untuk menginjeksikan larutan nutrisi pekat atau konduktor koreksi pH, sehingga kondisi lingkungan tumbuh tetap terjaga pada titik ideal secara konstan.

Mengingat pentingnya integrasi antara aspek teknik dan sistem kontrol, maka diperlukan sebuah pendekatan komprehensif melalui desain dan fabrikasi sistem otomatisasi hidroponik yang terstruktur. Penelitian ini berfokus pada perancangan mekanis (wadah) hidroponik, tata letak sirkulasi aliran, serta integrasi perangkat keras kontrol otomatis berbasis Arduino ke dalam satu kesatuan sistem yang fungsional. Melalui tahapan desain yang presisi dan fabrikasi yang tepat, diharapkan sistem ini mampu meminimalkan intervensi manual, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, serta menjamin stabilitas kualitas nutrisi. Hasil dari rancang bangun ini diharapkan dapat menjadi model acuan teknologi pertanian cerdas yang aplikatif, andal, dan terjangkau bagi para pengembang budidaya hidroponik di Indonesia.

Penelitian-penelitian terdahulu umumnya menerapkan sistem kendali Arduino untuk pemantauan parameter tunggal secara parsial. Sementara itu, penelitian ini mengembangkan sebuah integrasi mekatronik yang kompak melalui fabrikasi sistem sirkulasi modular secara *real-time*. Kebaruan utama riset ini terletak pada optimasi algoritma respons pompa peristaltik yang mampu mencegah fluktuasi ekstrem nilai EC dan pH secara simultan. Melalui pendekatan konvergen tersebut, sistem ini menawarkan efisiensi fabrikasi dan stabilitas kontrol nutrisi yang lebih tinggi daripada model otomatisasi konvensional di Indonesia.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Hidroponik

Perkembangan teknologi dalam bidang pertanian semakin tahun semakin pesat, sehingga masyarakat khususnya petani tertinggal dalam memanfaatkan kemajuan teknologi tidak akan memperoleh keuntungan yang maksimal dari kegiatan usaha yang dilakukannya. Salah satu teknologi yang layak disebarluaskan adalah teknologi hidroponik, hal ini dikarenakan semakin langkanya lahan pertanian akibat dari banyaknya sektor industri dan jasa, sehingga kegiatan usaha pertanian konvensional semakin tidak kompetitif karena tingginya harga lahan. Teknologi budidaya pertanian dengan sistem hidroponik diharapkan menjadi salah satu alternatif bagi masyarakat yang mempunyai lahan terbatas atau pekarangan, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber penghasilan yang memadai [1]. Guna merealisasikan potensi ekonomi tersebut secara maksimal, penerapan teknologi modern yang tepat guna mutlak diperlukan dalam sistem budidaya ini.

Pemanfaatan teknologi di sektor pertanian, dapat membantu aktivitas masyarakat terutama petani dalam memenuhi kebutuhan pangan dengan teknologi pertanian tanpa menggunakan tanah. Metode modern yang diterapkan masyarakat dalam bercocok tanam salah satunya adalah metode secara hidroponik [2]. Teknologi hidroponik merupakan metode bercocok tanam yang memanfaatkan media air, nutrisi dan oksigen [3]. Keberhasilan metode budidaya ini ditentukan oleh kontrol parameter lingkungan yang tepat di setiap fase pertumbuhannya. Tahapan membuat tanaman hidroponik secara runut yaitu penyemaian benih, pindah tanam, pembuatan media hidroponik, pemberian nutrisi hidroponik, pengkondisian pH air, dan masa panen [4]. Guna

mendukung seluruh rangkaian proses tersebut, diperlukan sebuah mekanisme yang mampu mengalirkan unsur hara secara konsisten.

Menanam dengan sistem hidroponik adalah mengganti tanah dengan menggunakan air sebagai media tanam, diperlukan sistem pengairan dan pemberian nutrisi yang tepat agar tanaman dapat berkembang dengan baik, salah satunya adalah NFT (*Nutrient Film Technique*) sistem ini membuat akar tanaman tersirkulasi sehingga mendapatkan cukup air, nutrisi dan oksigen [5]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem sirkulasi nutrisi yang mampu bekerja secara kontinu dan terkontrol guna menjaga kestabilan aliran air serta distribusi unsur hara agar proses pertumbuhan tanaman hidroponik dapat berlangsung secara optimal pada setiap fase pertumbuhannya.

2.2 Nutrisi Tanaman

Dasar yang paling penting dari sistem budidaya secara hidroponik adalah kandungan hara dalam air berupa larutan yang diberikan secara terus-menerus sebagai nutrisi. Nutrisi tanaman terlarut dalam air yang digunakan dalam hidroponik sebagian besar anorganik dan dalam bentuk ion. Nutrisi utama tersebut diantaranya dalam bentuk kation terlarut (ion bermuatan positif), antara lain Ca^{2+} (kalsium), Mg^{2+} (magnesium), dan K^{+} (kalium); dan larutan nutrisi utama dalam bentuk anion adalah NO_3^- (nitrat), SO_4^{2-} (sulfat), dan H_2PO_4^- (dihidrogen fosfat) [6]. Nutrisi harus terus dipantau dan terus dipertahankan sesuai rentang nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Kurangnya nutrisi dapat menyebabkan antara lain daun tua kuning dan kisut, daun menggulung, daun belang-belang, ataupun daun berjamur. Sementara kelebihan nutrisi dapat menyebabkan antara lain daun hijau tua, ataupun terhambatnya pematangan buah [7]. Nutrisi untuk pemupukan tanaman hidroponik diformulasikan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Program pemupukan tanaman melalui hidroponik walaupun kelihatannya sama untuk berbagai jenis tanaman sayuran, akan tetapi terdapat perbedaan kebutuhan setiap tanaman terhadap nutrisi. Untuk kebutuhan nutrisi pada hidroponik terbagi menjadi dua yaitu nutrisi A dan nutrisi B [8]. Nutrisi A-B Mix atau pupuk racikan adalah larutan yang dibuat dari bahan-bahan kimia yang diberikan melalui media tanam, yang berfungsi sebagai nutrisi tanaman agar tanaman dapat tumbuh dengan baik [9]. Nutrisi tersebut berperan penting dalam menunjang proses pertumbuhan tanaman hidroponik sehingga komposisi dan kandungan unsur hara di dalamnya harus disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Nutrisi dalam hidroponik dibagi menjadi 2 yaitu nutrisi yang mengandung unsur makro dan yang mengandung unsur mikro. Nutrisi yang mengandung unsur makro yaitu nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah banyak seperti N, P, K, S, Ca, dan Mg. Nutrisi yang mengandung unsur mikro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit seperti Mn, Cu, Zn, Cl, Cu, Na dan Fe [10].

2.3 Arduino

Sistem pertanian modern telah menyediakan berbagai solusi dalam mengotomatisasi banyak proses kegiatan pertanian dengan biaya finansial yang rendah. Solusi-solusi tersebut berbasis pada pemanfaatan teknologi mikroprosesor modern, dan secara khusus disebut juga dengan mikrokontroler [11]. Mikrokontroler Arduino adalah open-source yang mudah diprogram dan dapat diperbarui setiap saat. Arduino pertama kali diperkenalkan pada tahun 2005. Pada awalnya, mikrokontroler Arduino dirancang untuk para profesional dan mahasiswa guna mengembangkan perangkat yang dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar melalui sensor [12]. Saat ini, Arduino telah berkembang ke dalam berbagai jenis model dan bentuk komponen seperti yang terlihat pada Gambar 1

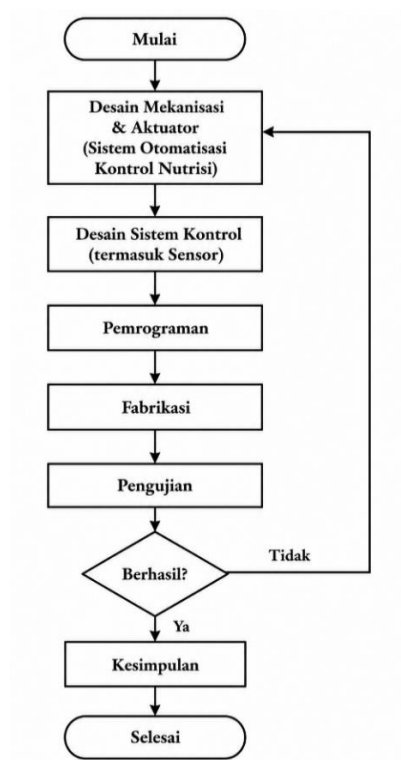


Gambar 1. Mikrokontroler Arduino [12]

Pemanfaatan Arduino pada sistem hidroponik memungkinkan proses pengontrolan nutrisi, debit air, pH, suhu, kelembaban, hingga pengoperasian pompa dapat dilakukan secara *real-time* dan lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Mikrokontroler Arduino khususnya Arduino Uno yang dikombinasikan dengan sensor TDS, menawarkan konsistensi, presisi, efisiensi tenaga kerja, peningkatan kesehatan tanaman, serta manfaat lingkungan. Dengan mengatasi tantangan lama yang berkaitan dengan pemberian nutrisi secara manual [13].

3. Metodologi Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian desain dan fabrikasi sistem otomatisasi kontrol nutrisi hidroponik ini dilakukan secara sistematis. Alur pengerjaan penelitian secara menyeluruh, mulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan, ditunjukkan pada diagram alir Gambar 2.



Gambar2. Blok Diagram Penelitian

3.1 Desain Mekanisasi & Sistim Kontrol Nutrisi

Sistem pengontrol otomatis kadar ph dan nutrisi menggunakan arduino sebagai mikrokontroller, sensor TDS meter untuk mengukur kadar nutrisi, serta menggunakan pompa peristaltik untuk menyalurkan larutan AB *mix* ke dalam penampungan.

Komponen tambahan yang digunakan :

1. Botol 4 L, yang digunakan untuk meyimpan larutan nutrisi A dan B
2. kontainer 45 L, digunkanan untuk tempat pengadukan nutrisi.
3. Airator, berfungsi sebagai alat untuk membantu pencampuran nutrisi.
4. Lcd i2c 16x2, berfungsi untuk menampilkan nilai PPM

Cara kerja alat ini yaitu sensor EC disimpan tempat pencampuran larutan nutrisi dan pada saat sensor EC membaca larutan kadar PPM yang kurang dari 500 PPM maka pompa akan mengalirkan nutrisi A dan B ke dalam tempat pencampuran, pada saat sensor membaca kadar PPM sudah sesuai dengan yang direncanakan maka larutan sudah bisa digunakan untuk budidaya hidroponik.

3.2 Desain Sensor

Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah sensor Electrical Conductivity (EC) yang berfungsi untuk membaca resistansi serta mengatur tingkat kadar nutrisi pada larutan hidroponik. Sensor EC ini bekerja dengan cara membaca konduktivitas listrik larutan yang menghasilkan data keluaran dengan satuan mS/cm. Di dalam

pemrograman Arduino, hasil pembacaan tersebut kemudian dikonversi ke satuan PPM (Parts Per Million) menggunakan rumus konversi:

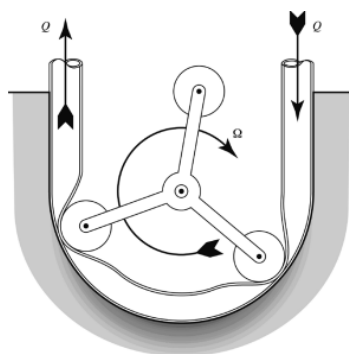
$$\text{PPM} = \text{EC} \times 700$$

Nilai PPM ini merepresentasikan kepekatan kadar nutrisi yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Adapun jenis perangkat yang diimplementasikan pada penelitian ini adalah Sensor *DFRobot Gravity Analog EC Sensor for Arduino* tipe DFR0300. Secara teknis, sensor ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu *Signal Transmitter Board* dan EC Probe. Pada bagian *Signal Transmitter Board*, modul ini beroperasi pada tegangan suplai sebesar 3,0 hingga 5,0 Volt dengan rentang tegangan keluaran sebesar 0 hingga 3,4 Volt. Modul sirkuit yang memiliki dimensi ringkas sebesar 42 mm X 32 mm atau 65 in X 1,26, menggunakan konektor tipe BNC untuk dihubungkan ke probe, serta konektor PH2.0-3Pin untuk jalur transmisi sinyalnya. Tingkat akurasi pengukuran (*measurement accuracy*) yang dihasilkan oleh *board* pemancar sinyal ini berada pada rentang 5 % Full Scale. Komponen kedua, yaitu EC Probe, memiliki konstanta sel (*cell constant*) sebesar 1,0 dengan kemampuan rentang deteksi (*support detection range*) dari 0 hingga 20 mS/cm. Meskipun demikian, rentang deteksi yang lebih direkomendasikan demi menjaga konsistensi data adalah pada nilai 1 hingga 15 mS/cm. Komponen probe yang dilengkapi dengan kabel sepanjang 100 cm ini dirancang untuk bekerja optimal pada rentang suhu lingkungan (*temperature range*) antara 0⁰ hingga 40 ⁰C, serta memiliki estimasi masa pakai (*probe life*) lebih dari 0,5 tahun yang durabilitasnya sangat bergantung pada frekuensi intensitas penggunaan di lapangan.

3.3 Desain Pompa

Pompa digunakan untuk menyalurkan larutan AB mix, pompa yang digunakan pada sistem ini yaitu pompa peristaltik, alasan digunakannya peristaltik karna sangat sukar untuk terkontaminasi dari kotoran dan bakteri lainnya dan juga pengeluaran volume air pompa peristaltik dapat dikontrol menggunakan mikrotroller arduino. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa peristaltik.

Pompa peristaltik merupakan pompa perpindahan mekanis (*mechanical displacement pump*) yang menghasilkan aliran fluida di dalam saluran berdinding fleksibel yang terisi fluida melalui mekanisme peristaltik, yaitu proses perpindahan akibat gelombang kontraksi yang bergerak. Pada skala makro, pompa peristaltik hadir dalam berbagai konfigurasi desain. Namun, pada sistem mikropompa yang berbasis prinsip ini, umumnya digunakan mekanisme kontraksi dan ekspansi berurutan dari sejumlah kecil aktuatur diskrit [14].



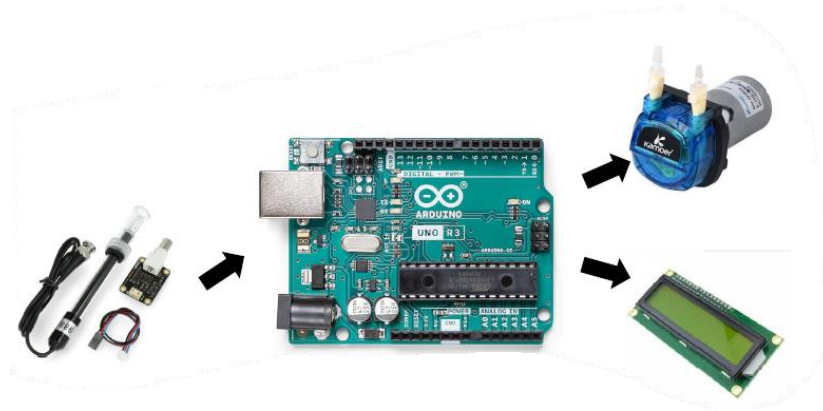
Gambar 3. Desain Khas Pompa Peristaltik Rotary Skala Makro [14]

3.4 Desain Sistim Kontrol

Sistem kontrol pada rancangan ini berpusat pada mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai unit pemroses utama (*main brain*). Komponen ini bertugas mengolah sinyal masukan analog dari sensor EC/TDS, untuk kemudian menginstruksikan modul relay dalam mengalirkan arus listrik menuju pompa peristaltik guna mendistribusikan larutan nutrisi AB Mix. Selain itu, mikrokontroler ini juga mengatur keluaran data digital untuk menampilkan nilai PPM larutan secara real-time pada layar LCD.

Mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan berbasis chip ATmega328 yang memiliki arsitektur pendukung yang spesifik untuk menjamin stabilitas instrumentasi. Untuk mendukung fungsionalitas kendali otomatisasi ini, Arduino Uno dilengkapi dengan 14 pin input/output digital, di mana 6 pin di antaranya memiliki kapabilitas untuk dikonfigurasi sebagai output Pulse Width Modulation (PWM). Pemrosesan data sensor

didukung oleh 6 pin input analog dengan basis osilator kristal berkecepatan 16 MHz untuk menjaga akurasi pewaktuan (timing loop) program. Seluruh subsistem ini diintegrasikan melalui koneksi USB untuk komunikasi data, jack power sebagai suplai tegangan eksternal, ICSP header, serta tombol reset untuk inisialisasi ulang sistem. Secara visual, interkoneksi perangkat keras pada sistem kontrol ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. interkoneksi perangkat keras pada sistem kontrol

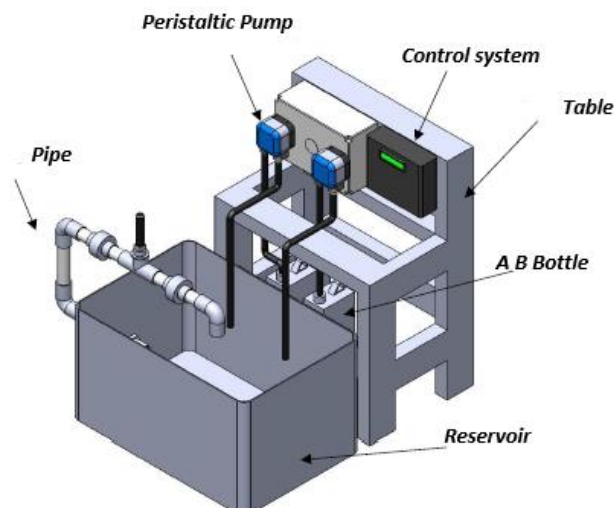
4. Hasil Pembahasan

4.1. Hasil

4.1.1. Desain dan Fabrikasi Sistem

Sistem otomatisasi kontrol nutrisi hidroponik berhasil dirancang dan difabrikasi menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kendali. Sistem terdiri atas sensor Electrical Conductivity (EC), pompa peristaltik, modul relay, LCD I2C, Real Time Clock (RTC), serta wadah pencampuran nutrisi. Sistem bekerja dengan prinsip pembacaan nilai EC larutan nutrisi secara real-time yang kemudian dikonversi menjadi nilai Total Dissolved Solid (TDS) dalam satuan ppm.

Apabila nilai nutrisi yang terbaca berada di bawah nilai setpoint yang telah ditentukan, Arduino mengaktifkan pompa peristaltik untuk menginjeksikan larutan AB Mix ke dalam tangki pencampuran. Setelah nilai nutrisi mencapai setpoint, pompa secara otomatis berhenti bekerja. Konsep ini memungkinkan proses pengaturan nutrisi berlangsung secara otomatis tanpa intervensi operator.



Gambar 5. Hasil Fabrikasi Sistem Otomatisasi Kontrol Nutrisi Hidroponik Berbasis Arduino

4.1.2 Hasil Pengujian Sensor EC

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor EC terhadap alat ukur TDS/EC Meter sebagai alat referensi. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi setpoint untuk mengetahui tingkat akurasi sistem dalam mempertahankan konsentrasi nutrisi. Hasil pengujian sistim kontrol nutrisi ditunjukkan pada tabel 1.

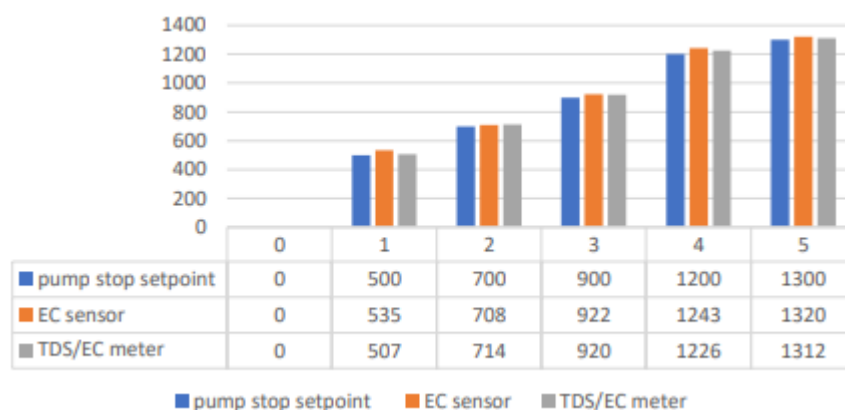
Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Kontrol Nutrisi

Set Point (ppm)	Set Point (ppm)	Set Point (ppm)	Set Point (ppm)
500	535	507	28
700	708	714	6
900	922	920	2
1200	1243	1226	17
1300	1320	1312	8

Data menunjukkan bahwa sistem mampu mengikuti perubahan setpoint dengan baik. Nilai pembacaan sensor EC memiliki perbedaan yang relatif kecil dibandingkan alat ukur referensi. Selisih terbesar terjadi pada setpoint 500 ppm sebesar 28 ppm, sedangkan selisih terkecil terjadi pada setpoint 900 ppm sebesar 2 ppm.

4.1.3 Hubungan Setpoint dan Pembacaan Sensor

Hubungan antara nilai setpoint, hasil pembacaan sensor EC, dan hasil pengukuran TDS meter ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Setpoint dan Pembacaan Sensor

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi kontrol nutrisi berbasis Arduino mampu menjalankan fungsi monitoring dan pengendalian nutrisi secara otomatis. Integrasi antara sensor EC, mikrokontroler Arduino Uno, relay, dan pompa peristaltik memungkinkan proses penambahan nutrisi dilakukan secara otomatis ketika nilai nutrisi berada di bawah batas yang ditentukan.

Keberhasilan sistem dalam mempertahankan nilai nutrisi disebabkan oleh penggunaan sensor EC sebagai umpan balik (feedback) pada sistem kontrol. Sensor membaca konduktivitas listrik larutan yang berbanding lurus dengan konsentrasi nutrisi terlarut. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh Arduino untuk menentukan kondisi ON atau OFF pompa peristaltik. Mekanisme ini membentuk sistem kontrol tertutup (closed-loop control) yang mampu melakukan koreksi otomatis terhadap perubahan konsentrasi nutrisi.

Berdasarkan hasil pengujian, perbedaan pembacaan antara sensor EC dan TDS meter berada pada rentang 2–28 ppm, sedangkan berdasarkan pengujian keseluruhan diperoleh deviasi maksimum sebesar 43 ppm. Nilai tersebut masih tergolong kecil dibandingkan rentang pengukuran nutrisi hidroponik yang umumnya berada pada kisaran 500–1300 ppm sehingga sistem dapat dikategorikan memiliki tingkat akurasi yang baik.

Berdasarkan hasil pengujian, perbedaan pembacaan antara sensor EC dan TDS meter berada pada rentang 2–28 ppm, sedangkan berdasarkan pengujian keseluruhan diperoleh deviasi maksimum sebesar 43 ppm. Nilai tersebut masih tergolong kecil dibandingkan rentang pengukuran nutrisi hidroponik yang umumnya berada pada kisaran 500–1300 ppm sehingga sistem dapat dikategorikan memiliki tingkat akurasi yang baik.

Selain meningkatkan akurasi pemberian nutrisi, sistem juga berpotensi meningkatkan efisiensi operasional karena petani tidak perlu melakukan pengukuran nutrisi secara manual menggunakan TDS meter secara berkala. Monitoring dapat dilakukan langsung melalui LCD yang menampilkan nilai ppm secara real-time. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu mendukung implementasi teknologi otomasi pada budidaya hidroponik modern dan menjadi salah satu solusi menuju penerapan smart farming berbasis mikrokontroler.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan memfabrikasi sistem otomatisasi kontrol nutrisi pada sistem hidroponik berbasis Arduino yang terdiri atas sensor Electrical Conductivity (EC), Arduino Uno, relay, pompa peristaltik, RTC, dan LCD I2C sebagai komponen utama sistem kontrol. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring dan pengendalian konsentrasi nutrisi secara otomatis berdasarkan nilai setpoint yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengaktifkan pompa peristaltik untuk menambahkan larutan nutrisi ketika nilai konsentrasi berada di bawah setpoint dan menghentikan penambahan nutrisi setelah nilai yang diinginkan tercapai. Berdasarkan hasil validasi menggunakan TDS/EC meter, diperoleh perbedaan pembacaan maksimum sebesar 43 ppm, sehingga sensor EC yang digunakan dapat dikategorikan memiliki tingkat akurasi yang baik untuk aplikasi kontrol nutrisi hidroponik. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan nutrisi serta berpotensi mendukung penerapan teknologi smart farming pada budidaya hidroponik.

5.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, diperlukan proses kalibrasi sensor EC secara berkala menggunakan alat ukur yang telah tervalidasi agar akurasi pembacaan nutrisi dapat dipertahankan pada berbagai kondisi operasi. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor pH dan sensor suhu larutan sehingga parameter kualitas nutrisi dapat dipantau secara lebih komprehensif. Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) juga dapat diterapkan untuk memungkinkan monitoring dan pengendalian sistem secara jarak jauh melalui perangkat bergerak atau platform berbasis web. Pengembangan metode kontrol yang lebih adaptif, seperti PID atau Fuzzy Logic, juga berpotensi meningkatkan stabilitas dan ketepatan pengaturan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan.

Daftar Pustaka

- [1] I. S. Roidah, "PEMANFAATAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROPONIK," vol. 1, no. 2, pp. 43–50, 2014.
- [2] M. A. Fauzan *et al.*, "ANALISIS PEMILIHAN TEKNOLOGI HIDROPONIK BERDASARKAN PROSES BISNIS , PRODUKTIVITAS DAN FINANSIAL," vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [3] S. A. Mulasari, "PENERAPAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA (PENANAM HIDROPONIK MENGGUNAKAN MEDIA TANAM) BAGI MASYARAKAT," vol. 2, no. 3, pp. 425–430, 2018.
- [4] S. Fuada *et al.*, "NARATIVE REVIEW PEMANFAATAN INTERNET-OF-THINGS UNTUK APLIKASI SEED MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM PADA MEDIA TANAMAN," vol. 9, no. 1, pp. 40–45, 2023.
- [5] N. D. Setiawan, "Otomasi Pencampur Nutrisi Hidroponik Sistem NTF (Nutrient Film Technique) Berbasis Arduino Mega 2560," vol. 03, no. 605, pp. 78–82, 2018.
- [6] D. Bertanam, *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik* |.
- [7] P. Manufaktur, "Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik berbasis Fuzzy Logic berdasarkan Objek Tanam," vol. 9, no. 2, pp. 263–278, 2021.
- [8] A. D. Purwanto and F. Supegina, "Sistem Kontrol Dan Monitor Suplai Nutrisi Hidroponik Sistem Deep Flow Technique (DFT) Berbasis Arduino NodeMCU Dan Aplikasi Android," vol. 10, no. 3, pp. 152–158, 2019.

- [9] P. Caisim, S. Hidroponik, and D. System, "Pengaruh konsentrasi nutrisi a-b mix terhadap pertumbuhan caisim secara hidroponik (drip system)," vol. 18, no. 1, pp. 20–32, 2019.
- [10] L. Hidayanti and T. Kartika, "Pengaruh Nutrisi Ab Mix Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L .) Secara Hidroponik," vol. 16, no. 2, 2019, doi: 10.31851/sainmatika.v16i1.3214.
- [11] E. Science, "The prospects of microcontroller application in the agriculture digitalization The prospects of microcontroller application in the agriculture digitalization", doi: 10.1088/1755-1315/315/3/032011.
- [12] A. S. Ismailov, "Study of arduino microcontroller board," vol. 3, no. 3, pp. 172–179, 2022.
- [13] S. Aisyah, S. Suhendra, K. Saharja, and Y. Ali, "Development of an Automated Feeding System for Hydroponic Plant Nutrition Using Arduino Uno," vol. 2024, pp. 164–174, 2024, doi: 10.18502/keg.v6i1.15365.
- [14] "n o c e r f o," pp. 1–8, 2007.