



## PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN LARUTAN NUTRISI PADA TANAMAN HIDROPONIK METODE RAKIT APUNG BERBASIS IOT

Elsis Deo Marinus Nainggolan<sup>1)</sup>, Toni Kusuma Wijaya<sup>2)</sup>, Missvamsu Algusri<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

Jl. Pahlawan No.99, Bukit Tempayan, Kec. Batu Aji, Kota Batam, Kepulauan Riau 29425

E-mail: [elsisdeo88@gmail.com](mailto:elsisdeo88@gmail.com)<sup>1)</sup>, [tonikusuma26@yahoo.co.id](mailto:tonikusuma26@yahoo.co.id)<sup>2)</sup>, [malgusri75@gmail.com](mailto:malgusri75@gmail.com)<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan dan kendali larutan nutrisi pada tanaman hidroponik metode rakit apung berbasis Internet of Things (IoT). Permasalahan yang diangkat adalah bagaimana cara efektif untuk memantau kadar TDS dan ketinggian larutan nutrisi secara otomatis. Metode yang digunakan meliputi pemanfaatan mikrokontroler ESP-32 sebagai kontroler utama, sensor TDS untuk mengukur kadar nutrisi, dan sensor water float untuk memantau ketinggian larutan. Data yang diperoleh dari sensor ditampilkan pada LCD dan dikirim ke aplikasi Android melalui koneksi Wi-Fi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu menjaga kadar larutan nutrisi dalam rentang optimal 560-840 ppm untuk pertumbuhan tanaman selada. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem yang dikembangkan mampu mengukur larutan nutrisi secara otomatis dan mengirimkan hasil pengukuran ke aplikasi android, toleransi pengukuran antara sistem dan alat ukur eksternal adalah sebesar 12.23% kemampuan yang dimiliki sistem dapat meningkatkan efisiensi dalam budidaya hidroponik.

Kata kunci : hidroponik, IoT, pemantauan, TDS, sistem kendali

### ABSTRACT

*This study aims to design a monitoring and control system for nutrient solutions in hydroponic plants using the floating raft method based on the Internet of Things (IoT). The problem raised is how to effectively monitor TDS levels and nutrient solution heights automatically. The methods used include the use of an ESP-32 microcontroller as the main controller, a TDS sensor to measure nutrient levels, and a water float sensor to monitor solution heights. Data obtained from the sensor is displayed on the LCD and sent to an Android application via a Wi-Fi connection. The results of the study showed that the designed system was able to maintain nutrient solution levels in the optimal range of 560-840 ppm for lettuce plant growth. The conclusion of this study is that the developed system is able to measure nutrient solutions automatically and send measurement results to the Android application, the measurement tolerance between the system and external measuring instruments is 12.23%, the system's capabilities can increase efficiency in hydroponic cultivation.*

*Keywords: hydroponics, IoT, monitoring, TDS, control system*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, pertanian hidroponik telah mengalami perkembangan yang pesat sebagai alternatif berkelanjutan untuk pertanian konvensional. Metode hidroponik, khususnya rakitan apung, menawarkan sejumlah keuntungan signifikan seperti efisiensi penggunaan air, ruang, dan nutrisi. Dengan sistem ini, tanaman dapat tumbuh secara optimal di lingkungan yang terkontrol tanpa memerlukan tanah, yang memudahkan kontrol dan penyesuaian kondisi tumbuh (Kraft, 2021).

Namun, salah satu tantangan utama dalam hidroponik adalah pemantauan dan pengelolaan larutan nutrisi. Nutrisi yang tidak tepat atau fluktuasi konsentrasi dapat memengaruhi kesehatan tanaman dan hasil panen secara signifikan (Smith & Smith, 2022). Oleh karena itu, sistem pemantauan yang akurat dan real-time sangat diperlukan untuk memastikan keberhasilan dalam pertanian hidroponik.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi potensial untuk masalah ini. IoT memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara real-time dari berbagai sensor yang terhubung, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dan larutan nutrisi secara efisien (Brown et al., 2023). Integrasi teknologi ini dalam sistem hidroponik dapat meningkatkan akurasi pemantauan dan memudahkan pengelolaan sistem.

Dalam konteks ini, perancangan sistem pemantauan larutan nutrisi berbasis IoT untuk metode rakitan apung dalam hidroponik menjadi penting. Sistem ini tidak hanya akan memantau parameter penting seperti pH, konduktivitas listrik, dan suhu, tetapi juga akan memberikan informasi yang berguna untuk pengaturan otomatis dan responsif terhadap perubahan kondisi (Lee & Kim, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT yang dapat secara efektif mengukur dan mengontrol larutan nutrisi dalam metode rakitan apung hidroponik. Dengan merancang sistem yang terintegrasi dan mudah dioperasikan, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keberhasilan pertanian hidroponik.

Kebutuhan akan sistem pemantauan yang efisien semakin mendesak, terutama mengingat pertumbuhan populasi global dan kebutuhan akan solusi pertanian yang berkelanjutan. Dengan sistem yang dirancang dengan baik, para petani hidroponik dapat mengoptimalkan hasil panen dan mengurangi pemborosan sumber daya, memberikan kontribusi positif terhadap ketahanan pangan dan lingkungan (Johnson et al., 2024).

Secara keseluruhan, penelitian ini akan mengkaji berbagai aspek dari sistem pemantauan larutan nutrisi, termasuk desain sensor, integrasi data, dan implementasi IoT. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis dan inovatif bagi pengembangan sistem hidroponik yang lebih baik di masa depan.

Pentingnya inovasi teknologi dalam pertanian hidroponik tidak dapat diabaikan, mengingat perannya dalam mengatasi tantangan yang dihadapi sektor pertanian saat ini. Dengan mengadopsi pendekatan berbasis IoT, penelitian ini berusaha untuk memajukan teknologi pemantauan larutan nutrisi dan meningkatkan praktik pertanian hidroponik secara keseluruhan.

Lebih lanjut, sistem yang dirancang akan diuji dalam kondisi nyata untuk memastikan kinerjanya dan efektivitasnya dalam berbagai situasi. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem ini dapat diterapkan secara luas dan memberikan manfaat praktis bagi pengguna akhir.

Dengan fokus pada inovasi dan efisiensi, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi pertanian yang lebih canggih, dan pada akhirnya mendukung pertanian berkelanjutan yang lebih efektif dan ramah lingkungan (Miller & Davis, 2024).

Melalui analisis menyeluruh dan desain sistem yang terintegrasi, penelitian ini berharap untuk memberikan solusi yang tidak hanya teoritis tetapi juga praktis dan aplikatif untuk kebutuhan pemantauan larutan nutrisi dalam hidroponik.

Hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan baru dan menambah pengetahuan dalam bidang teknologi pertanian, khususnya dalam penerapan IoT pada sistem hidroponik (Anderson et al., 2023).

Dengan tujuan tersebut, penelitian ini akan membahas secara mendalam metodologi, hasil, dan implikasi dari sistem pemantauan larutan nutrisi

berbasis IoT, serta potensi untuk pengembangan lebih lanjut di masa depan.

Harapan terbesar dari penelitian ini adalah untuk memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi pertanian yang lebih baik dan lebih efisien, serta mendorong adopsi teknologi modern dalam praktik pertanian hidroponik.

Dengan landasan ini, diharapkan penelitian ini dapat menjawab kebutuhan mendesak dalam pengelolaan nutrisi tanaman hidroponik dan memperkenalkan solusi yang inovatif untuk tantangan yang ada.

Pengembangan sistem pemantauan berbasis IoT dalam konteks hidroponik rakitan apung juga membuka peluang baru dalam hal pengumpulan data dan analisis. Teknologi sensor yang digunakan dalam sistem ini dapat memantau berbagai parameter secara simultan dan mengirimkan data secara real-time ke platform cloud. Hal ini memungkinkan para peneliti dan petani untuk mengakses data tersebut dari jarak jauh, sehingga dapat melakukan penyesuaian yang diperlukan tanpa harus berada di lokasi (Harrison et al., 2023).

Lebih lanjut, sistem berbasis IoT ini juga berpotensi untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi masalah. Misalnya, perubahan mendadak dalam konsentrasi nutrisi atau pH dapat segera diidentifikasi dan ditindaklanjuti sebelum menyebabkan dampak negatif yang signifikan pada tanaman (Nguyen & Tran, 2022). Sistem ini juga memungkinkan pemantauan berkelanjutan yang penting untuk memahami pola pertumbuhan tanaman dan respons mereka terhadap perubahan dalam larutan nutrisi.

Dalam implementasinya, perancangan sistem ini melibatkan beberapa tahap, mulai dari pemilihan dan kalibrasi sensor, integrasi dengan perangkat IoT, hingga pengembangan antarmuka pengguna yang intuitif. Proses ini memerlukan perhatian terhadap detail teknis dan keakuratan data untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan optimal dan memberikan hasil yang dapat diandalkan (Chen et al., 2024).

Di samping itu, tantangan lain yang harus dihadapi adalah pengelolaan data besar yang dihasilkan oleh sistem pemantauan ini. Teknologi cloud computing dan big data analytics akan memainkan peran penting dalam menyimpan,

mengelola, dan menganalisis data untuk mendapatkan wawasan yang berguna. Oleh karena itu, integrasi antara sistem pemantauan dan platform analitik harus dirancang dengan hati-hati untuk memastikan efisiensi dan efektivitas (Williams & Anderson, 2023).

Kepentingan dari penelitian ini tidak hanya terbatas pada pengembangan teknologi tetapi juga pada aplikasi praktisnya. Dengan mengimplementasikan sistem pemantauan larutan nutrisi berbasis IoT, diharapkan dapat memperbaiki praktik pertanian hidroponik, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi risiko kerugian. Selain itu, pendekatan ini dapat menjadi model untuk sistem pertanian cerdas lainnya di masa depan (Garcia et al., 2024).

Kebutuhan akan sistem yang efisien dalam pengelolaan tanaman hidroponik juga relevan dalam konteks perubahan iklim dan penurunan sumber daya alam. Sistem yang dirancang harus mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih fleksibel dan responsif (Martinez et al., 2023).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengetahuan dan praktik dalam pertanian hidroponik. Sistem pemantauan yang diusulkan tidak hanya diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan nutrisi dan sumber daya lainnya, tetapi juga dapat memberikan data yang berharga untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan teknologi pertanian (Robinson & Lee, 2022).

Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan fitur tambahan dan integrasi teknologi baru di masa depan. Misalnya, integrasi dengan sistem otomatisasi lainnya, seperti sistem irigasi dan kontrol suhu, dapat lebih meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pemantauan (Thompson & Young, 2024).

Akhirnya, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mempengaruhi kebijakan dan praktik dalam sektor pertanian hidroponik dan teknologi IoT secara umum. Dengan memanfaatkan teknologi modern, diharapkan dapat menciptakan solusi yang lebih baik untuk tantangan yang dihadapi oleh industri pertanian saat ini (Wilson et al., 2023).

Secara keseluruhan, perancangan sistem pemantauan larutan nutrisi berbasis IoT dalam metode rakitan apung hidroponik merupakan langkah penting dalam mengatasi tantangan dalam pertanian modern. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, keberhasilan, dan keberlanjutan pertanian hidroponik serta memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan teknologi pertanian di masa depan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Cara Perancangan Sistem Pemantauan Larutan Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Metode Rakit Apung berbasis IOT

Perancangan sistem pemantauan larutan nutrisi pada tanaman hidroponik dengan metode rakit apung berbasis IoT (Internet of Things) memerlukan pemahaman mendalam tentang kebutuhan nutrisi tanaman serta kemampuan teknologi untuk memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan secara real-time. Sistem ini bertujuan untuk memastikan bahwa tanaman menerima nutrisi yang optimal, yang pada gilirannya akan mendukung pertumbuhan yang sehat dan produktivitas yang maksimal.

Langkah pertama dalam perancangan sistem ini adalah memahami komponen utama yang dibutuhkan. Komponen tersebut meliputi sensor untuk mengukur berbagai parameter penting seperti pH, konduktivitas listrik (EC), suhu larutan, dan tingkat oksigen terlarut. Sensor-sensor ini harus mampu memberikan data yang akurat dan konsisten, karena perubahan kecil dalam kondisi ini dapat berdampak signifikan pada kesehatan tanaman.

Setelah menentukan sensor yang tepat, langkah selanjutnya adalah merancang jaringan komunikasi yang memungkinkan data dari sensor dikirimkan ke pusat kontrol. Dalam konteks IoT, ini biasanya melibatkan penggunaan modul komunikasi seperti Wi-Fi atau LoRa yang memungkinkan transmisi data jarak jauh. Pemilihan teknologi komunikasi ini sangat penting untuk memastikan data dapat diterima secara real-time tanpa gangguan.

Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut akan diproses oleh sebuah mikrokontroler atau unit pengolah data yang berfungsi sebagai otak dari sistem ini. Mikrokontroler akan memantau data secara terus menerus dan membandingkannya dengan nilai-nilai standar yang telah ditetapkan untuk parameter-parameter nutrisi. Jika terdeteksi adanya anomali, sistem dapat memberikan peringatan atau bahkan secara otomatis menyesuaikan kondisi larutan nutrisi.

Sistem ini juga memerlukan perangkat lunak atau platform yang mampu menampilkan data secara real-time kepada pengguna. Pengguna dapat memantau kondisi larutan nutrisi melalui aplikasi mobile atau dashboard berbasis web yang dirancang khusus untuk sistem ini. Tampilan antarmuka pengguna harus dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dipahami dan digunakan, bahkan oleh pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis.

Selain memantau, sistem ini juga harus dapat mengendalikan pompa, katup, atau perangkat lain yang digunakan untuk menyesuaikan pH, menambah nutrisi, atau mengatur suhu larutan. Integrasi antara pemantauan dan kontrol ini adalah kunci untuk memastikan tanaman tetap berada dalam kondisi optimal tanpa memerlukan intervensi manual yang terus-menerus.

Keandalan dan keamanan sistem adalah aspek lain yang harus dipertimbangkan dalam perancangan. Sistem harus dirancang untuk tetap berfungsi dengan baik bahkan dalam kondisi gangguan seperti kehilangan koneksi internet atau kegagalan perangkat keras. Selain itu, data yang dikumpulkan oleh sistem harus disimpan dengan aman dan dilindungi dari potensi ancaman keamanan siber.

Dalam proses perancangan, penting juga untuk mempertimbangkan kebutuhan energi dari sistem ini. Karena sistem pemantauan akan beroperasi 24/7, penggunaan energi yang efisien sangat penting. Penggunaan sumber daya energi terbarukan seperti panel surya dapat menjadi solusi untuk memastikan sistem tetap berjalan secara berkelanjutan.

Untuk mengoptimalkan kinerja sistem, algoritma pemrosesan data yang digunakan harus mampu mengidentifikasi pola dari data yang

dikumpulkan dan memberikan rekomendasi yang tepat kepada pengguna. Misalnya, sistem dapat memprediksi kapan tanaman membutuhkan penambahan nutrisi berdasarkan pola pertumbuhan yang terdeteksi.

Pengujian dan kalibrasi sistem juga merupakan langkah penting dalam perancangan. Setiap sensor harus dikalibrasi dengan tepat untuk memastikan akurasi data yang dikumpulkan. Pengujian sistem secara keseluruhan juga harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi sesuai dengan desain dan tidak ada kesalahan atau bug dalam perangkat lunak.

Aspek lain yang tidak kalah penting adalah faktor biaya. Sistem harus dirancang sedemikian rupa sehingga biaya produksi dan operasionalnya tetap terjangkau, terutama jika sistem ini akan digunakan oleh petani kecil atau hobiis. Pemilihan komponen yang tepat dengan mempertimbangkan harga dan kualitas menjadi faktor penentu dalam menekan biaya.

Dalam jangka panjang, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur-fitur tambahan seperti analisis data berbasis kecerdasan buatan (AI). Dengan AI, sistem dapat belajar dari data historis untuk memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan bahkan mendeteksi masalah potensial sebelum terjadi.

Sistem pemantauan nutrisi berbasis IoT ini juga harus mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan. Penggunaan bahan dan komponen yang ramah lingkungan serta desain yang hemat energi dapat mendukung tujuan keberlanjutan jangka panjang.

Kolaborasi antara ahli agronomi, teknisi, dan insinyur IoT sangat diperlukan dalam tahap perancangan ini. Setiap pihak dapat memberikan wawasan yang berharga untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang tidak hanya efektif tetapi juga praktis dan mudah diimplementasikan.

Dalam hal implementasi, pelatihan pengguna juga menjadi faktor penting. Pengguna harus memahami cara kerja sistem dan bagaimana memanfaatkannya secara optimal. Panduan dan dukungan teknis yang memadai akan membantu dalam hal ini.

Dokumentasi yang rinci dan jelas juga penting dalam perancangan sistem ini.

Dokumentasi harus mencakup spesifikasi teknis, petunjuk instalasi, serta panduan troubleshooting yang akan sangat berguna bagi pengguna di lapangan.

Setelah sistem berhasil diimplementasikan, evaluasi berkala perlu dilakukan untuk menilai kinerja sistem. Hasil evaluasi ini dapat digunakan untuk melakukan perbaikan atau penyesuaian sistem sesuai dengan kebutuhan yang berkembang.

Sistem ini juga memiliki potensi untuk diintegrasikan dengan teknologi lain seperti drone atau robot pertanian, yang dapat melakukan tugas-tugas tambahan seperti inspeksi visual atau pemanenan otomatis, semakin meningkatkan efisiensi budidaya tanaman hidroponik.

Dengan perancangan yang tepat, sistem pemantauan larutan nutrisi berbasis IoT ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi budidaya tanaman hidroponik tetapi juga berkontribusi pada pertanian yang lebih modern dan berkelanjutan. Sistem ini dapat menjadi solusi bagi para petani untuk mengatasi tantangan dalam memastikan tanaman mendapatkan nutrisi yang tepat dalam waktu yang tepat.

## 2.2 Metode Hidroponik Rakit Apung

Metode hidroponik rakit apung adalah salah satu teknik budidaya tanaman yang memanfaatkan air sebagai media tanam, tanpa menggunakan tanah. Dalam sistem ini, tanaman ditanam dalam pot kecil atau netpot yang ditempatkan pada rakit yang mengapung di atas larutan nutrisi. Nutrisi ini mengandung semua elemen yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh, termasuk nitrogen, fosfor, kalium, dan elemen mikro lainnya. Rakit apung memungkinkan akar tanaman untuk terus-menerus terendam dalam larutan nutrisi, sehingga tanaman dapat menyerap air dan nutrisi secara optimal.

Keuntungan utama dari metode rakit apung adalah kesederhanaan dan kemudahan implementasinya. Metode ini tidak memerlukan banyak peralatan canggih, sehingga cocok untuk pemula yang baru memulai budidaya hidroponik. Selain itu, karena akar tanaman selalu terendam dalam larutan nutrisi, tanaman tidak akan kekurangan air, yang merupakan masalah umum

pada metode hidroponik lainnya. Hal ini juga membuat rakit apung menjadi pilihan yang efisien untuk daerah yang kekurangan air.

Rakit apung dapat dibuat dari berbagai jenis bahan, termasuk styrofoam, plastik, atau bahan ringan lainnya yang mampu mengapung di atas permukaan air. Lubang-lubang dibuat pada rakit untuk menempatkan netpot yang berisi media tanam seperti rockwool atau cocopeat. Setelah tanaman ditanam, rakit diletakkan di atas wadah berisi larutan nutrisi. Sistem ini biasanya diletakkan di dalam wadah besar atau kolam yang berisi larutan nutrisi, sehingga rakit dan tanaman dapat mengapung dengan stabil.

Metode ini sangat ideal untuk menanam tanaman dengan kebutuhan air yang tinggi, seperti selada, bayam, kangkung, dan berbagai jenis sayuran hijau lainnya. Tanaman-tanaman ini tumbuh dengan cepat dan subur dalam sistem rakit apung karena mereka mendapatkan akses konstan ke nutrisi yang diperlukan. Waktu panen untuk sayuran hijau dalam sistem ini juga relatif singkat, biasanya hanya memerlukan waktu sekitar 3-4 minggu.

Kontrol lingkungan yang baik sangat penting dalam metode hidroponik rakit apung. Suhu larutan nutrisi harus dijaga agar tetap sejuk, idealnya antara 18-22 derajat Celsius. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan akar tanaman mengalami stres, yang pada akhirnya dapat mengurangi efisiensi penyerapan nutrisi dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Selain itu, tingkat pH larutan nutrisi juga perlu dipantau secara teratur agar tetap berada pada kisaran 5.5-6.5, yang merupakan rentang pH optimal untuk sebagian besar tanaman hidroponik.

Oksigenasi dalam larutan nutrisi adalah faktor penting lainnya yang harus diperhatikan. Dalam sistem rakit apung, akar tanaman yang terus-menerus terendam memerlukan oksigen yang cukup untuk mencegah terjadinya kondisi anaerobik yang bisa menyebabkan pembusukan akar. Ini biasanya dicapai dengan menggunakan aerator atau batu aerasi untuk menambahkan oksigen ke dalam larutan nutrisi. Dengan oksigenasi yang baik, tanaman dapat tumbuh lebih sehat dan lebih cepat.

Sistem rakit apung juga memiliki fleksibilitas dalam hal skala dan lokasi. Sistem ini bisa

diimplementasikan di berbagai skala, mulai dari skala kecil untuk penggunaan di rumah atau di pekarangan, hingga skala besar untuk produksi komersial di dalam rumah kaca atau pertanian vertikal. Karena tidak memerlukan lahan yang luas, metode ini sangat cocok untuk digunakan di daerah perkotaan atau di daerah dengan lahan pertanian yang terbatas.

Salah satu tantangan yang sering dihadapi dalam metode rakit apung adalah pengendalian hama dan penyakit. Karena tanaman dalam sistem ini ditanam dalam lingkungan yang lembap dan padat, risiko serangan hama dan penyakit tertentu, seperti jamur atau alga, bisa meningkat. Oleh karena itu, pemantauan rutin dan penerapan langkah-langkah pencegahan, seperti penggunaan larutan disinfektan dan pengendalian biologis, sangat penting untuk menjaga kesehatan tanaman.

Selain itu, metode hidroponik rakit apung juga memerlukan pemeliharaan yang cukup teliti terhadap larutan nutrisi. Nutrisi dalam larutan perlu ditambahkan secara berkala karena tanaman terus menyerapnya selama pertumbuhan. Konsentrasi nutrisi yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan tanaman, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada akar tanaman. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengukuran rutin terhadap kandungan nutrisi dalam larutan.

Sistem ini juga memungkinkan petani untuk melakukan rotasi tanaman secara lebih efisien. Karena tanaman hidroponik cenderung tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan tanaman yang ditanam di tanah, petani dapat menanam dan memanen lebih banyak siklus tanaman dalam waktu yang lebih singkat. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan nutrisi.

Metode rakit apung juga dapat diintegrasikan dengan teknologi modern untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan pengelolaan. Penggunaan sensor untuk memantau kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan kandungan nutrisi dapat membantu petani dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Selain itu, sistem ini juga dapat dihubungkan dengan perangkat IoT (Internet of Things) yang memungkinkan pemantauan dan

kontrol jarak jauh melalui aplikasi mobile atau platform berbasis web.

Salah satu inovasi yang bisa diterapkan pada sistem rakit apung adalah penggunaan sumber energi terbarukan seperti panel surya untuk menjalankan pompa air dan aerator. Ini tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga membuat sistem lebih ramah lingkungan. Energi yang dihasilkan dari panel surya dapat digunakan untuk menjaga sirkulasi air dan oksigenasi larutan, yang sangat penting untuk kesehatan tanaman.

Untuk meningkatkan keberlanjutan, metode rakit apung juga dapat memanfaatkan air hujan yang ditampung sebagai sumber air utama untuk sistem hidroponik. Air hujan biasanya memiliki kualitas yang baik untuk digunakan dalam sistem hidroponik karena rendah kandungan mineral yang tidak diinginkan. Dengan menggunakan air hujan, petani dapat mengurangi ketergantungan pada sumber air dari jaringan umum, sekaligus mengurangi biaya.

Sistem rakit apung juga cocok untuk diaplikasikan dalam pertanian organik. Meskipun hidroponik umumnya menggunakan pupuk anorganik, sistem ini bisa diadaptasi untuk menggunakan nutrisi organik yang berasal dari kompos, pupuk kandang, atau ekstrak tanaman tertentu. Penggunaan nutrisi organik tidak hanya mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan tetapi juga meningkatkan kualitas dan cita rasa produk yang dihasilkan.

Dalam penerapan skala besar, metode rakit apung juga dapat dikombinasikan dengan sistem akuaponik, di mana limbah dari ikan yang dipelihara dalam sistem akuakultur digunakan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman hidroponik. Kombinasi ini menciptakan siklus yang hampir tertutup, di mana ikan dan tanaman saling mendukung satu sama lain. Selain menghasilkan tanaman, petani juga bisa memanen ikan, sehingga meningkatkan diversifikasi hasil pertanian.

Selain itu, metode hidroponik rakit apung memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pendidikan dan penelitian. Karena sistem ini sederhana dan mudah diatur, banyak sekolah dan universitas menggunakannya sebagai alat untuk mengajarkan prinsip-prinsip dasar botani, ekologi, dan teknologi pertanian modern. Dengan

menggunakan sistem ini, siswa dapat mempelajari bagaimana tanaman tumbuh, bagaimana lingkungan mempengaruhi pertumbuhan, dan bagaimana teknologi dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pertanian.

Di masa depan, metode hidroponik rakit apung diperkirakan akan terus berkembang dan diadaptasi untuk berbagai kondisi iklim dan geografis. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut kemungkinan akan menghasilkan varian baru dari sistem ini yang lebih efisien, lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, dan lebih mudah diimplementasikan di berbagai lokasi. Potensinya yang besar dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan mendukung keberlanjutan menjadikan metode ini sebagai salah satu solusi pertanian masa depan yang menjanjikan.

Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan pentingnya pertanian berkelanjutan dan kebutuhan untuk mengoptimalkan penggunaan lahan, metode rakit apung menawarkan alternatif yang menarik untuk sistem pertanian konvensional. Kemampuannya untuk menghasilkan tanaman dengan cepat dan efisien, bahkan di daerah dengan sumber daya terbatas, menjadikannya pilihan yang semakin populer di kalangan petani modern. Metode ini tidak hanya berkontribusi pada ketahanan pangan tetapi juga pada upaya konservasi lingkungan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat di seluruh dunia.

### **2.3 Nutrisi Tanaman**

Nutrisi tanaman merupakan elemen penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman membutuhkan berbagai nutrisi yang dapat dibagi menjadi dua kategori utama: makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien, yang diperlukan dalam jumlah besar, mencakup nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Nutrisi ini sering disebut sebagai NPK dan biasanya ditemukan dalam pupuk komersial. Nitrogen berperan penting dalam pembentukan daun dan batang, fosfor mendukung perkembangan akar dan bunga, sementara kalium memperkuat sistem pertahanan tanaman dan meningkatkan kualitas buah.

Selain makronutrien, tanaman juga membutuhkan mikronutrien dalam jumlah yang lebih kecil namun sama pentingnya. Mikronutrien ini termasuk zat besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), boron (B), tembaga (Cu), molibdenum (Mo), dan klorin (Cl). Meskipun diperlukan dalam jumlah sedikit, kekurangan mikronutrien dapat menyebabkan gejala defisiensi yang serius, seperti daun yang menguning, pertumbuhan yang terhambat, dan rendahnya produksi bunga atau buah. Oleh karena itu, keseimbangan nutrisi yang tepat sangat penting untuk memastikan kesehatan dan produktivitas tanaman.

Dalam sistem pertanian tradisional, tanaman biasanya mendapatkan nutrisi dari tanah, yang mengandung berbagai unsur hara alami. Namun, kualitas dan kuantitas nutrisi yang tersedia di tanah sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan praktik pengelolaan lahan. Penggunaan pupuk organik dan anorganik seringkali diperlukan untuk menggantikan nutrisi yang hilang selama proses pertanian. Pupuk organik, seperti kompos dan pupuk kandang, menyediakan nutrisi secara perlahan seiring dengan dekomposisi bahan organik. Sebaliknya, pupuk anorganik memberikan nutrisi yang lebih cepat tersedia untuk tanaman, namun dapat menyebabkan penumpukan garam dan ketidakseimbangan pH jika digunakan secara berlebihan.

Dalam sistem hidroponik, nutrisi tanaman disediakan langsung melalui larutan nutrisi yang mengandung semua elemen yang diperlukan untuk pertumbuhan. Sistem ini memungkinkan kontrol yang lebih tepat atas jenis dan jumlah nutrisi yang diberikan kepada tanaman. Dalam hidroponik, air berfungsi sebagai media pengantar nutrisi, dan akar tanaman langsung menyerap nutrisi dari larutan yang diperkaya. Ini memungkinkan pertumbuhan yang lebih cepat dan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode penanaman konvensional, karena tanaman tidak perlu menghabiskan energi untuk mencari nutrisi di dalam tanah.

Keseimbangan nutrisi adalah kunci dalam memastikan tanaman tumbuh dengan optimal. Setiap elemen memiliki peran spesifik, dan ketidakseimbangan antara makronutrien dan mikronutrien dapat menyebabkan masalah yang

disebut defisiensi atau toksisitas nutrisi. Misalnya, kelebihan nitrogen dapat mendorong pertumbuhan vegetatif yang berlebihan namun mengurangi pembentukan bunga dan buah, sementara kekurangan kalium dapat membuat tanaman lebih rentan terhadap penyakit dan stress lingkungan. Oleh karena itu, pemantauan rutin dan penyesuaian nutrisi diperlukan untuk menjaga kesehatan tanaman.

Faktor lain yang mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman adalah pH tanah atau larutan nutrisi. pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat penyerapan nutrisi tertentu, meskipun nutrisi tersebut ada dalam jumlah yang cukup. Sebagai contoh, pH yang terlalu rendah (asam) dapat mengurangi ketersediaan fosfor, sementara pH yang terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan defisiensi zat besi. Oleh karena itu, menjaga pH dalam kisaran optimal sangat penting untuk memastikan bahwa tanaman dapat memanfaatkan nutrisi yang diberikan.

Selain itu, interaksi antara berbagai nutrisi juga mempengaruhi penyerapan dan efektivitas nutrisi tersebut. Beberapa nutrisi dapat bersaing untuk penyerapan oleh akar tanaman, seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Keberadaan satu elemen dalam jumlah berlebih dapat menghambat penyerapan elemen lain. Hal ini disebut antagonisme nutrisi, dan memahami interaksi ini penting dalam pengelolaan nutrisi tanaman. Pendekatan yang hati-hati dan seimbang dalam pemberian nutrisi dapat membantu menghindari masalah ini dan memastikan tanaman mendapatkan semua elemen yang dibutuhkannya.

Peran nutrisi juga sangat dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman. Selama tahap awal pertumbuhan, tanaman membutuhkan lebih banyak nitrogen untuk mendukung pembentukan daun dan batang yang kuat. Namun, ketika tanaman mulai berbunga dan berbuah, kebutuhan akan fosfor dan kalium meningkat untuk mendukung pembentukan bunga, pengembangan buah, dan peningkatan kualitas hasil panen. Oleh karena itu, pengelolaan nutrisi yang dinamis dan disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman adalah strategi penting dalam praktik pertanian yang sukses.

Nutrisi tanaman tidak hanya penting untuk pertumbuhan fisik, tetapi juga untuk meningkatkan

ketahanan tanaman terhadap berbagai stress lingkungan dan penyakit. Kalium, misalnya, dikenal memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan serangan hama. Mikronutrien seperti tembaga dan mangan juga berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman, termasuk produksi enzim dan senyawa yang melindungi tanaman dari patogen. Dengan demikian, manajemen nutrisi yang baik tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga meningkatkan keberlanjutan pertanian.

Akhirnya, dalam konteks pertanian modern, pengelolaan nutrisi tanaman juga harus mempertimbangkan dampak lingkungan. Penggunaan pupuk yang berlebihan atau tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air, yang pada gilirannya dapat berdampak negatif pada ekosistem. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan praktik pengelolaan nutrisi yang berkelanjutan, seperti penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, dan metode pengujian tanah yang tepat untuk memastikan bahwa nutrisi yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman tanpa merusak lingkungan.

## 2.4 Sensor dan Aktuator

Sensor dan aktuator adalah dua komponen penting dalam sistem otomasi dan kontrol, yang berperan dalam menghubungkan dunia fisik dengan sistem digital. Sensor adalah perangkat yang bertugas mendeteksi perubahan atau fenomena fisik dalam lingkungannya, seperti suhu, cahaya, kelembaban, tekanan, atau gerakan, dan mengubah informasi tersebut menjadi sinyal yang dapat dianalisis oleh sistem elektronik. Sementara itu, aktuator adalah perangkat yang bertindak sebagai penggerak atau eksekutor yang merespons sinyal kontrol dari sistem, menghasilkan aksi fisik seperti menggerakkan motor, membuka katup, atau menghidupkan lampu. Kedua komponen ini bekerja secara sinergis dalam berbagai aplikasi, mulai dari sistem rumah pintar hingga industri manufaktur.

Peran sensor sangat krusial dalam sistem kontrol karena mereka adalah sumber data primer yang menggambarkan kondisi nyata di lingkungan yang sedang dipantau. Misalnya, sensor suhu di sebuah ruangan akan mengukur suhu saat ini dan

mengirimkan data tersebut ke sistem pengontrol, yang kemudian memutuskan apakah perlu menyalakan atau mematikan AC untuk mencapai suhu yang diinginkan. Tanpa sensor, sistem kontrol tidak akan memiliki informasi akurat untuk mendasarkan keputusan, sehingga keseluruhan proses otomasi tidak akan efektif atau bahkan mungkin gagal.

Di sisi lain, aktuator memainkan peran sebagai alat yang mengeksekusi tindakan berdasarkan keputusan yang dibuat oleh sistem kontrol. Setelah sensor memberikan data, sistem kontrol akan memproses informasi tersebut dan mengirimkan sinyal ke aktuator untuk melakukan tindakan tertentu. Contohnya, dalam sistem irigasi otomatis, sensor kelembaban tanah mendeteksi kadar air di tanah, dan jika kadar air rendah, sistem kontrol akan mengirim sinyal ke aktuator untuk membuka katup air dan menyirami tanaman. Aktuator bertindak sebagai jembatan antara perintah digital dan aksi fisik di dunia nyata.

Interaksi antara sensor dan aktuator menjadi lebih kompleks dan canggih dalam sistem berbasis Internet of Things (IoT). Dalam konteks IoT, sensor mengumpulkan data dari berbagai sumber yang tersebar, dan data tersebut dikirimkan ke platform cloud untuk analisis lebih lanjut. Berdasarkan hasil analisis ini, keputusan dibuat dan perintah dikirim kembali ke aktuator untuk melakukan tindakan yang diperlukan. Misalnya, dalam sistem pemantauan rumah pintar, sensor gerak dapat mendeteksi keberadaan orang di dalam ruangan dan sistem dapat mengirim sinyal ke aktuator untuk menyalakan lampu atau alarm berdasarkan data tersebut.

Teknologi sensor dan aktuator juga sangat berkembang dengan integrasi kecerdasan buatan (AI) dan machine learning (ML). Dengan teknologi ini, sistem tidak hanya bereaksi terhadap data sensor secara langsung, tetapi juga dapat belajar dari pola data sebelumnya untuk membuat prediksi dan mengambil keputusan yang lebih cerdas. Misalnya, sensor cuaca yang dipasangkan dengan AI dapat memprediksi hujan berdasarkan data atmosfer sebelumnya dan menutup jendela rumah secara otomatis melalui aktuator, sebelum hujan benar-benar turun. Integrasi ini membuka jalan bagi sistem yang lebih adaptif dan responsif, yang dapat

meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam berbagai aplikasi.

Selain itu, keberadaan sensor dan aktuator dalam industri 4.0 membawa revolusi besar dalam manufaktur dan produksi. Dalam pabrik pintar, sensor mengumpulkan data secara real-time dari berbagai mesin dan proses, memungkinkan manajer untuk memantau kinerja dan kondisi peralatan dari jarak jauh. Jika sensor mendeteksi adanya anomali atau potensi kerusakan, sistem dapat langsung mengirimkan perintah ke aktuator untuk menghentikan mesin atau melakukan perawatan otomatis, sehingga mencegah kerusakan yang lebih parah dan mengurangi waktu henti produksi. Ini juga memungkinkan produksi yang lebih fleksibel dan responsif terhadap permintaan pasar yang dinamis.

Komunikasi antara sensor dan aktuator dalam sistem yang lebih besar biasanya diatur oleh protokol komunikasi tertentu, seperti MQTT, Zigbee, atau Bluetooth, yang memastikan data ditransfer dengan cepat dan akurat. Protokol ini mengatur bagaimana data sensor dikirim ke sistem kontrol dan bagaimana sinyal kontrol diteruskan ke aktuator. Efisiensi dan keandalan protokol komunikasi ini sangat penting, terutama dalam aplikasi yang memerlukan respons cepat, seperti dalam sistem keamanan atau otomasi industri di mana jeda waktu bisa berakibat fatal.

Energi yang digunakan oleh sensor dan aktuator juga menjadi perhatian utama, terutama dalam aplikasi IoT yang tersebar luas di lingkungan yang tidak memiliki akses listrik. Inovasi dalam energi rendah atau teknologi harvesting energi memungkinkan sensor dan aktuator bekerja dalam waktu yang lebih lama dengan sumber daya yang terbatas, seperti menggunakan energi dari sinar matahari, getaran, atau panas. Hal ini sangat penting untuk memastikan keberlanjutan dan operasional jangka panjang dari sistem yang dipasang di lokasi terpencil atau sulit dijangkau.

Kendala teknis dalam integrasi sensor dan aktuator termasuk kalibrasi, latensi, dan kompatibilitas antara berbagai perangkat. Sensor harus dikalibrasi dengan tepat untuk memberikan data yang akurat, dan latensi dalam pengiriman data dari sensor ke sistem kontrol dan akhirnya ke aktuator harus diminimalkan untuk memastikan

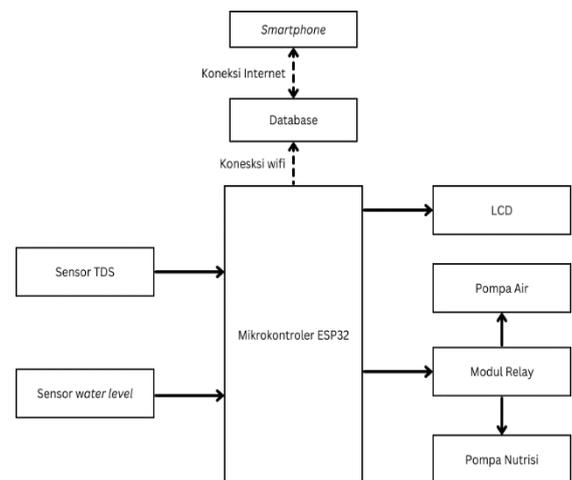
respons yang cepat. Selain itu, dengan banyaknya produsen sensor dan aktuator di pasar, kompatibilitas antara perangkat dari berbagai pabrikan juga bisa menjadi tantangan. Namun, kemajuan dalam standar industri dan interoperabilitas terus meningkatkan integrasi ini.

Akhirnya, keamanan dalam sistem yang melibatkan sensor dan aktuator juga menjadi isu yang semakin penting. Karena sensor mengumpulkan data dari lingkungan yang seringkali sensitif dan aktuator mengontrol aksi fisik yang kritis, keamanan dari segi akses data dan kontrol harus dijamin. Serangan terhadap sensor atau aktuator bisa mengakibatkan kerusakan fisik atau gangguan pada operasi sistem yang lebih luas. Oleh karena itu, enkripsi data, otentikasi yang kuat, dan protokol keamanan yang canggih diperlukan untuk melindungi sistem dari potensi ancaman.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Perancangan Hardware

Setelah Analisa kebutuhan sistem selesai, penelitian berlanjut ke perancangan sistem. Bahan bahan yang telah di paparkan sebelumnya akan dirangkai menurut diagram blok berikut :

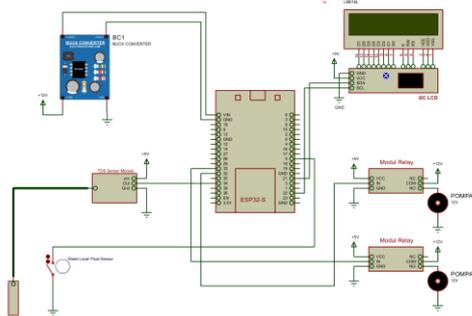


Gambar: Diagram blok sistem

Pada diagram ini terlihat bahwa ada tiga input utama dari sistem ini, yaitu sensor TDS dan sensor water level. Output utama dari sistem ini juga berjumlah tiga yaitu pompa motor, LED indikator

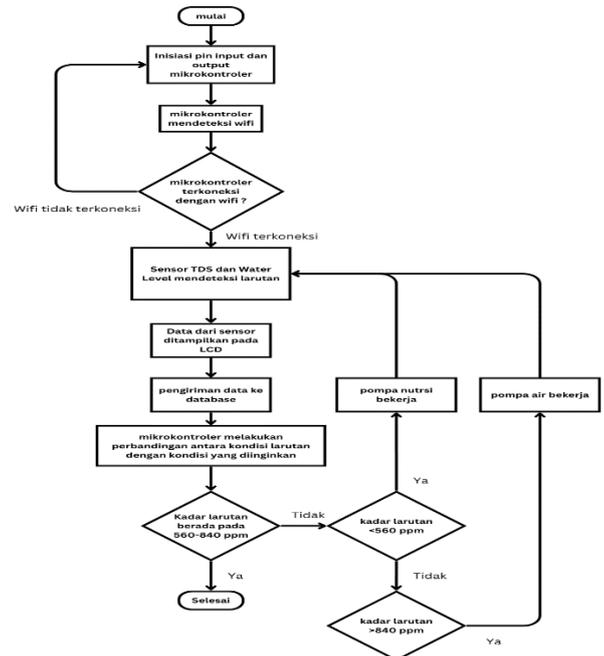
dan LCD. Proses keseluruhan dari sistem ini akan dilaksanakan sesuai dengan program yang akan di unggah pada mikrokontroler. Mikrokontroler telah di integrasi dengan wifi sehingga hasil dari pengukuran sistem seluruhnya dapat dikirim ke database dan diakses dari smartphome.

Adapun diagram pengawatan (wiring diagram) dari sistem adalah sebagai berikut:



Gambar : Skema rangkaian sistem

Pada rangkaian ini terlihat ilustrasi dari keseluruhan dari hardware, Pada skema terlihat mikrokontroler memiliki 4 input sensor input yaitu TDS sensor dan tiga sensor water level. Untuk output dari miktokontroler terdapat satu modul LCD dan dua pompa. Dua test poin juga telah di sediakan pada rangkaian ini yaitu terletak pada output dari motor, test poin ini digunakan untuk mengetes tegangan kerja dari motor. Langkah kerja yang akan dieksekusi oleh sistem ini tertera pada diagram alir berikut



Gambar ; Diagram alir cara kerja sistem

Langkah kerja dimulai dari inisiasi pin keluaran dan masukan dari mikrokontroler, kemudian dilanjutkan dengan pengecekan koneksi wifi, jika wifi tidak terkoneksi, mikrokontroler akan melakukan koneksi ulang hingga wifi terkoneksi. setelah koneksi wifi terhubung, pembacaan data sensor akan dilakukan oleh sensor, data tersebut kemudian akan ditampilkan pada LCD dan dikirim ke database. Kondisi dari larutan harus sesuai dengan kriteria yang diperlukan tanaman, yaitu dengan kadar larutan 560-840 ppm untuk tanaman berjenis selada, saat kondisi dari larutan belum memenuhi kriteria maka pompa larutan penyeimbang akan mengalirkan larutan penyeimbang. Bentuk fisik dari sistem dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar : Tampilan fisik sistem

### 3.2 Perancangan Software

Perancangan Software / Perangkat Lunak, hal ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman yang ada pada Arduino IDE dan juga penggunaan database firebase sebagai alat komunikasi sehingga dapat dilakukan monitoring fungsi alat perancangan secara online melalui IoT. Source code sistem akan dilampirkan pada bagian lampiran penelitian dan berikut tampilan output sistem pada aplikasi android



Gambar: Tampilan aplikasi android

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian motor berfungsi sesuai dengan yang dikehendaki dengan tegangan kerja yang terukur 11,8 V dan 11,9 V. Pada pengukuran kadar larutan yang dilakukan sebanyak tiga kali, didapatkan tingkat keakuratan dari sensor sebagai

$$\text{Error} = \frac{(\text{Hasil Ukur TDS Meter} - \text{Hasil Ukur Sistem})}{\text{Hasil Ukur TDS Meter}} \times 100\%$$

$$= \frac{(672 - 601)}{601} \times 100\% = 11,8\%$$

berikut :

Tabel : Hasil perhitungan sistem dan TDS meter

Percobaan	Selisih hasil ukur (ppm)	Error (selisih / hasil alat ukur) %
1	71	11.8
2	65	12.4
3	66	12.5
Rata rata		12.23

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan cara yang sistematis, dapat disimpulkan bahwa cara perancangan sistem pemantauan larutan nutrisi pada tanaman hidroponik metode rakit apung adalah dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP-32 sebagai kontroler utama dari sistem, fungsi pemantauan sekaligus input dari sistem dilaksanakan oleh sensor TDS (Total Dissolved Solid) dan sensor water float, data kondisi larutan yang dideteksi oleh input dan diproses oleh mikrokontroler selanjutnya akan ditampilkan pada LCD dan juga aplikasi android melalui koneksi wifi, selain aplikasi android dan LCD, output dari sistem juga memanfaatkan motor sebagai penggerak pompa air dan nutrisi untuk menyeimbangkan larutan nutrisi pada wadah hidroponik. Setelah sistem bekerja sesuai dengan perancangan, dilakukan pengukuran kedua dengan menggunakan alat ukur eksternal didapatkan tingkat akurasi sistem dengan error sebesar 12.23%.

### 5.2 Saran

Berikut beberapa saran untuk perancangan sistem pemantauan larutan nutrisi pada tanaman hidroponik metode rakit apung berbasis IoT: kendali sistem, sistem yang telah dirancang belum dapat mengendalikan sistem secara jarak jauh dari *smartphone*, seperti pengendalian pompa motor untuk bekerja saat diinginkan oleh pengguna. Ketidakmampuan sistem untuk melakukan kontrol sistem dari jarak jauh dapat diatasi dengan menambahkan mikrokontroler yang dikhususkan sebagai pengendali dari sistem, ESP-32 yang telah ada pada sistem akan fokus pada proses pemantauan sistem dan pengiriman data ke internet, sedangkan mikrokontroler tambahan akan fokus pada proses kendali dari sistem. Kekurangan kedua berikutnya dari sistem adalah fitur notifikasi, sistem dapat menampilkan kadar nutrisi yang terdapat pada larutan, namun tidak dapat mengirimkan notifikasi ke *smartphone* pengguna, sebagai contoh, saat kadar TDS dari larutan melampaui kadar yang telah ditetapkan yaitu 560-840 ppm, sistem tidak dapat

memberikan notifikasi khusus untuk mengingatkan pengguna. Kelemahan ini dapat diatasi dengan mengembangkan aplikasi android yang digunakan sistem, yaitu dengan menambahkan dialog notifikasi ke aplikasi dengan menggunakan *software* Appinventor. Penambahan fitur ini dapat meningkatkan pengawasan yang lebih baik terhadap tanaman jika terjadi perubahan signifikan dari kadar larutan nutrisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Edriati, S., Husnita, L., Amri, E., Samudra, A. A., & Kamil, N. (2021a). Penggunaan Mit App Inventor untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 12(4), 652–657.
- [2] Edriati, S., Husnita, L., Amri, E., Samudra, A. A., & Kamil, N. (2021b). Penggunaan Mit App Inventor untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 12(4), 652–657.
- [3] Marisa, M., Carudin, C., & Ramdani, R. (2021). Otomatisasi sistem pengendalian dan pemantauan kadar nutrisi air menggunakan teknologi NodeMCU ESP8266 pada tanaman hidroponik. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), 127–134.
- [4] Pezzotti, I., Saldarriaga, A., Moscatelli, M., Orro, A., Gnocchi, M., & Milanese, L. (n.d.). *Development and Simulation of a Low Cost Closed Thermal System to Generate Thermal Cycles through PID Control and IoT Applications*.
- [5] Putri, R. E., Harahap, H. M., & Putri, I. (2023). Pengembangan Sistem Kontrol Nutrisi Budidaya Hidroponik Berbasis IoT (Internet of Things) Sawi Samhong (*Brassicasinensis* L.). *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 11(2), 197–206.



- [6] Scherz, P. (2006). *Practical electronics for inventors*. McGraw-Hill, Inc.
- [7] Subagyo, L. A., & Suprianto, B. (2017). Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(3), 213–221.
- [8] Susilawati, S., & Si, M. (2019). Dasar-dasar bertanam secara hidroponik. *Kampus Unsri Palembang: Universitas Sriwijaya*.
- [9] Waher, P. (2015a). *Learning internet of things*. Packt publishing.
- [10] Waher, P. (2015b). *Learning internet of things*. Packt publishing.
- [11] Wirman, R. P., Wardhana, I., & Isnaini, V. A. (2019). Kajian tingkat akurasi sensor pada rancang bangun alat ukur total dissolved solids (tds) dan tingkat kekeruhan air. *Jurnal Fisika*, 9(1), 37–46.