

PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN NUTRISI DAN PENGENDALIAN SUHU PADA SIRKULASI AIR TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS TELEGRAM

Maria Christina¹, Sudimanto², M. Arby Sofyan Sauri³

^{1,2,3} Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer LIKMI

E-mail:

¹mariachristinalikmi@gmail.com

²Sudianen@yahoo.com

³arby77078@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya permintaan sayuran oleh masyarakat berbanding terbalik dengan kondisi lahan pertanian di Indonesia. Salah satu solusi untuk menangani masalah tersebut salah satunya dengan penggunaan tanaman hidroponik. Air merupakan media terpenting dalam penanaman tanaman hidroponik karena air mengandung nutrisi dan unsur hara. Akan tetapi, untuk menjaga agar nutrisi dan unsur hara pada air terjaga, diperlukan pemantauan dan pengendalian yang tidak mudah dilakukan apabila posisi tempat penampungan air berada pada posisi yang sulit dijangkau.

Pada penelitian ini, dirancang sistem yang mampu memantau nutrisi dan mengendalikan suhu pada sirkulasi air. Sistem yang digunakan adalah mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang berfungsi untuk melakukan pengontrolan jarak jauh berdasarkan perintah yang dikirimkan oleh pengguna. NodeMCU ESP32 dibantu oleh Relay yang juga berfungsi sebagai saklar pengontrol untuk menjalankan alat eksternal lainnya. Alat yang digunakan untuk melakukan pemantauan dan pengukuran adalah sensor suhu DS18B20 yang berfungsi sebagai alat pengukuran suhu air dan sensor TDS meter yang berfungsi sebagai alat pengukuran konsentrasi larutan air, dimana alat ini dikontrol oleh relay berdasarkan perintah dari NodeMCU ESP32.

Penelitian ini memberikan hasil yang positif dimana sistem dapat berfungsi dengan baik dengan melakukan pemantauan secara nyata dan dari jarak yang jauh serta mampu menjalankan perintah yang dikirimkan. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran juga memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dengan error rate sebesar 0,51% bagi sensor TDS meter, dan nilai *error rate* sebesar 1,12% bagi sensor suhu sehingga data yang dihasilkan dapat dikatakan cukup valid.

Kata kunci : Hidroponik, Mikrokontroler, Relay, Sensor Suhu DS18b20, Sensor TDS

1. PENDAHULUAN

Peningkatan populasi yang terjadi berbanding lurus dengan permintaan masyarakat akan sayuran semakin meningkat. Dikutip dari buletin konsumsi pangan, pada tahun 2020 pengeluaran nominal masyarakat dalam konsumsi sayuran tumbuh sebesar 19,78% dibandingkan dengan tahun sebelumnya (Sabarella *et al.*, 2021). Hal tersebut berbanding terbalik dimana kondisi lahan pertanian saat ini semakin memburuk. Berdasarkan data dari buku Statistik Lahan Pertanian Tahun 2015-2019 (2020), luas lahan pertanian di Indonesia mengalami penurunan dari 29.392.325 Ha pada tahun 2015 menjadi 27.730.368 Ha pada

tahun 2019 (Abdurachman, 2020). Masalah tersebut dapat ditangani dengan meningkatkan penerapan pertanian lahan sempit, salah satunya dengan metode penanaman hidroponik (Nasrulloh *et al.*, 2022).

Hidroponik merupakan salah satu metode pembudidayaan tanaman dengan menggunakan media air dimana akar-akar tanaman akan menyerap unsur hara dan nutrisi yang terkandung pada air. Terdapat beberapa sistem hidroponik yang biasa digunakan oleh masyarakat diantaranya adalah sistem *Deep Water Culture* (DWC), *Nutrient Film Technique* (NFT), dan *Deep Flow Technique* (DFT). Pertumbuhan akar yang berada di dalam air yang mengandung nutrisi dan unsur hara ini dimanfaatkan oleh model DFT. Air yang merendam akar tanaman memiliki ketinggian sekitar 3-4 cm, memastikan bahwa akar akan selalu berada di dalam air yang berisi nutrisi (Wibowo, 2020). Oleh karena itu, kondisi air pada tanaman hidroponik harus sangat diperhatikan. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk kebutuhan tanaman hidroponik diantaranya adalah nutrisi dan suhu (Mohammad *et al.*, 2021), akan tetapi pemantauan nilai nutrisi dan suhu akan sulit dilakukan apabila posisi tempat penampungan air berada di posisi yang sulit diakses.

Penelitian yang dilakukan untuk memantau nutrisi serta pengendalian suhu pada sirkulasi air terhadap tanaman hidroponik berbasis telegram ini diharapkan mampu memberikan kemudahan kepada petani hidroponik khususnya ketika melakukan pemantauan nutrisi dan suhu pada sirkulasi air tanaman hidroponik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hidroponik

Prasetyo (2022) menyatakan bahwa secara etimologi, Hidroponik berasal dari dua kata bahasa Yunani yaitu Hydro dan Phonos. Hydro memiliki arti air Sedangkan Phonos memiliki arti daya. Hidroponik juga dikenal dengan sebutan Soiles Culture yang memiliki arti budidaya tanaman media tanah (Prasetyo, Nugroho and Setyawan, 2022). Sedangkan Masyhura (2019) menyatakan bahwa Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman dengan air sebagai media utamanya dan mengutamakan pertumbuhan nutrisi (MD and Arianty, 2019).

Menurut Rahmah (2019) penggunaan air yang lebih sedikit membuat Hidroponik menjadi teknik budidaya yang lebih efisien dibandingkan dengan teknik budidaya menggunakan media tanah. Selain itu, tanaman yang relatif bersih serta nutrisi yang mudah dipantau mampu menghemat tenaga ketika melakukan perawatan. Dengan manfaat yang ditawarkan, hidroponik membuat sistem pertanian menjadi lebih efisien yang memungkinkan untuk melakukan produksi secara terus menerus (Rahmah, Hidayanti and Innah, 2019)

2.2. *Internet of Things* (IoT)

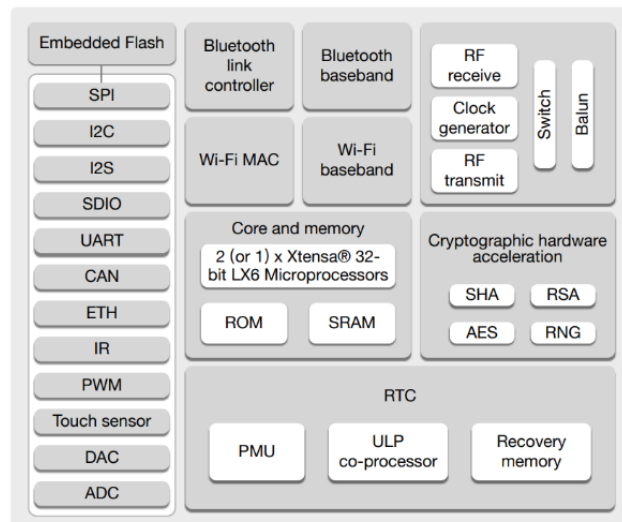
Tahun 1999 Kevin Ashton mendefinisikan kumpulan perangkat fisik yang memiliki kemampuan canggih dalam melakukan pertukaran informasi serta operator layanan perangkat terintegrasi dikenal dengan istilah *Internet of Things* (IoT). Beberapa komponen juga ditanamkan pada komponen *Internet of Things* sehingga memungkinkan sistem melakukan komputasi data berdasarkan input yang dimasukkan dan beroperasi melalui internet (Nababan, Andromeda and Soetrisno, 2020)

Wasista (2019) turut menyatakan bahwa *Internet of Things* adalah alat yang dikembangkan menggunakan perangkat elektronik Arduino dan dapat diintegrasikan dengan Android untuk melakukan pertukaran informasi menggunakan internet (Wasista *et al.*, 2019).

2.3. Mikrokontroler NodeMCU ESP32

Mikrokontroler merupakan komputer kecil yang berfungsi untuk mengendalikan sebuah perangkat secara otomatis (Junaedi, Puspitasari and Maulidina, 2021). Mikrokontroler dapat mengendalikan sebuah perangkat secara jarak jauh dimana perangkat tersebut dapat berfungsi untuk melakukan monitoring.

Salah satu mikrokontroler yang biasa digunakan adalah ESP32. ESP32 adalah mikrokontroler buatan Espressif yang memiliki berbagai fitur didalamnya seperti wifi, dan konektivitas Bluetooth Low Energy. ESP32 merupakan penerus dari jenis mikrokontroler ESP8266 dimana beberapa aspek yang dimiliki telah ditingkatkan (Najib *et al.*, 2023).



Gambar 1. Diagram Blok ESP32
(Espressif Systems, 2021)

2.4. Sensor

DS18B20 merupakan sensor suhu yang berfungsi untuk melakukan konversi dari besaran suhu menjadi besaran tegangan listrik. Sensor ini memiliki fitur yang dapat mengkalibrasikan ke derajat celcius dengan ketelitian sebesar 0,5o pada suhu ruang (25o). Untuk mengoperasikan sensor suhu ini diperlukan tegangan sebesar 4-30V dengan arus operasi < 60μA (Chuzaini and Dzulkiflih, 2022).

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan alat untuk mengukur padatan larutan dalam air. Alat ini menghasilkan satuan PPM dimana PPM memiliki arti jumlah ion pada larutan. Nilai TDS yang makin tinggi pada air yang diukur menunjukkan bahwa kualitas air yang semakin buruk (Rahadithia Prayudha, 2020). Sensor TDS memiliki prinsip kerja yang berdasar pada konduktivitas listrik, dimana konduktivitas listrik cairan diukur dengan dua elektroda yang berbeda. Hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah kandungan partikel ion dan sifat elektrolit cairan (Wirman, Wardhana and Isnaini, 2019).

2.5. Unified Modelling Language (UML)

Menurut Sonata dan Sari (2019), UML adalah model yang sering digunakan dalam merancang pengembangan perangkat lunak berbasis objek. Selain sebagai alat, UML memiliki fungsi lain yaitu memberikan pedoman dalam menyusun rancangan system (Sonata and Sari, 2019).

UML merupakan bahasa populer di kalangan industri yang berguna dalam mendefinisikan kebutuhan, analisis desain, serta penggambaran arsitektur pada pemrograman objek (Putra and Andriani, 2019).

Use case diagram adalah pemodelan sistem yang akan dibangun. *Use case* mendeskripsikan melalui cerita antara interaksi pengguna atau actor dengan sistem tentang bagaimana sistem tersebut digunakan (Putra and Andriani, 2019).

Use case diagram dapat diartikan sebagai rangkuman interaksi sistem dan pengguna yang disajikan dalam sebuah diagram sebagai representasi grafis. *Use case* biasa digunakan untuk melakukan identifikasi persyaratan sistem dengan mengkomunikasikan langsung mengenai fungsional sistem kepada pengguna. Dengan cara yang sederhana, diagram *use case* mampu memberikan gambaran fungsional dari sistem dan tipe pengguna yang menjalankan sistemnya (Santoso and Migunani, 2021)

2.6. Telegram

Telegram merupakan layanan aplikasi pengirim pesan yang memungkinkan pengguna untuk bertukar pesan dalam berbagai bentuk seperti pesan teks, foto, video, dan mampu mengirim berbagai macam berkas seperti dokumen, *audio*, dan lain sebagainya. Telegram ini berbasis cloud dan enkripsi, dimana yang berarti perangkat penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan data dan pesan pengguna berada pada server Telegram. Telegram memiliki banyak fitur unggulan salah satunya adalah fitur bot. Fitur bot memungkinkan pengguna membuat sebuah bot untuk menjalankan berbagai pekerjaan.

3. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1. Gambaran Umum Sistem

Sistem yang dirancang merupakan sistem pemantauan kandungan nutrisi serta pengendalian suhu pada sirkulasi air tanaman hidroponik berbasis telegram. Alat yang digunakan untuk mendukung sistem adalah sensor suhu DS18B20 dan satu sensor TDS Meter. Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP32 Doit V1, dan alat ini dilengkapi dengan satu stepdown untuk menurunkan tegangan yang masuk dari power supply. Kontrol suhu dilakukan melalui relay yang terhubung dengan pemanas air dan pompa tambahan untuk mempercepat sirkulasi air pada talang hidroponik.

Mikrokontroler NodeMCU ESP32 berfungsi untuk mengolah hasil masukan dari sensor TDS dan suhu. Hasil tersebut dapat dikirimkan melalui bot telegram ke akun telegram pengguna. Selain itu, NodeMCU ESP32 juga berfungsi sebagai pengendali relay. Ketika NodeMCU ESP32 menerima pesan dari telegram untuk menyalakan salah satu relay, NodeMCU ESP32 akan mengirimkan sinyal ke relay untuk menyala. Sensor suhu DS18B20 berfungsi untuk melakukan pengukuran suhu air. Penelitian ini melibatkan dua sensor suhu yang ditempatkan pada tandon atau tempat penampungan air. Sensor pertama berfungsi sebagai pengukur suhu yang akan ditampilkan ketika pengguna meminta pengecekan, dan juga menjadi salah satu variabel untuk menghitung kadar *Part Per Million* (PPM) yang terdapat di dalam tandon. Sedangkan suhu aliran air pada talang hidroponik akan diukur dengan sensor suhu kedua.

Sensor TDS Meter berperan sebagai alat untuk mengukur konsentrasi nutrisi pada tandon dengan mendeteksi *Part Per Million* (PPM) atau kandungan partikel yang terkandung dalam tandon. Pengukuran ini membantu petani hidroponik dalam memantau tingkat nutrisi dalam tandon, sehingga memungkinkan mereka untuk melakukan pengendalian yang tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman hidroponik.

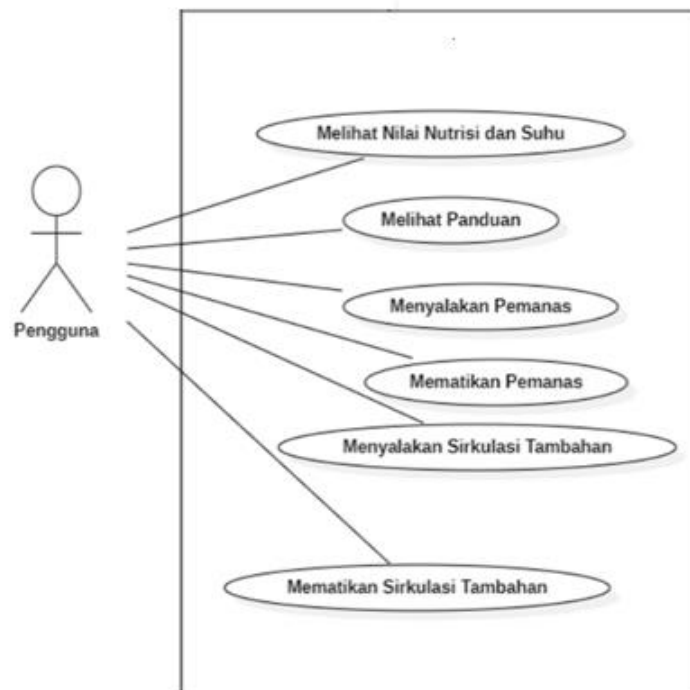
Relay berfungsi sebagai saklar pengontrol untuk menyalakan dan mematikan pemanas air dan pompa tambahan. Pemanas air bertugas meningkatkan suhu air dalam sirkulasi air tanaman hidroponik, sementara pompa tambahan berperan dalam mempercepat sirkulasi air pada talang hidroponik.

Stepdown berfungsi untuk menurunkan tegangan dari power supply ke semua komponen yang terlibat. *Stepdown* sangat penting untuk mencegah terjadinya *overvoltage*

yang dapat menyebabkan disfungsi pada satu atau lebih komponen. Dengan kata lain, stepdown beroperasi sebagai pengaman tegangan yang memastikan bahwa setiap elemen dalam sistem menerima daya listrik dengan tingkat tegangan yang sesuai.

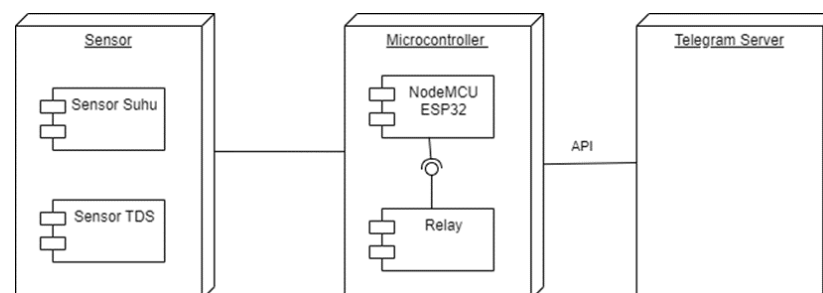
3.2. Use Case Diagram

Gambar 2 memberikan gambaran mengenai apa saja interaksi yang dapat dilakukan oleh *actor* dengan sebuah sistem. Disini *actor* merujuk pada pengguna dari sistem. Terdapat beberapa use case yang dimiliki oleh sistem seperti melihat nilai nutrisi dan suhu, melihat panduan, menyalakan pemanas, mematikan pemanas, menyalakan sirkulasi tambahan, dan mematikan sirkulasi tambahan. Setiap tindakan yang dapat dilakukan oleh *actor* pada *use case* ditunjukkan oleh garis yang menghubungkan keduanya.



Gambar 2. Use Case Diagram

3.3. Component dan Deployment Diagram



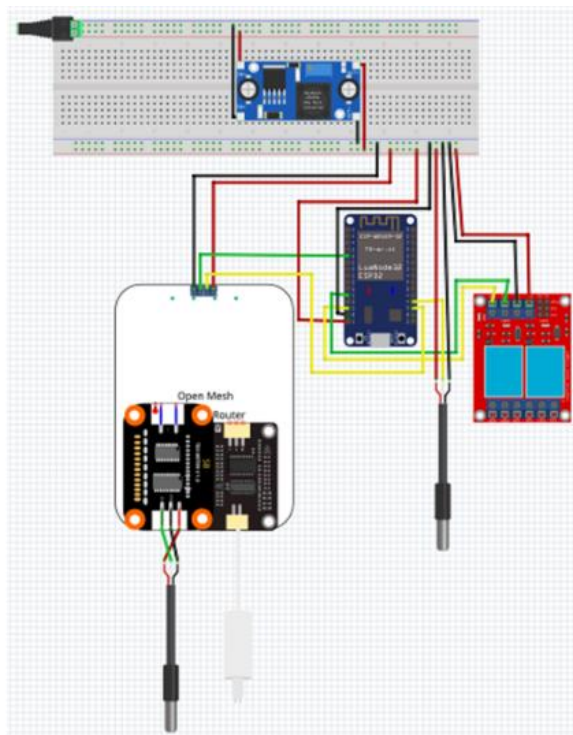
Gambar 3. Component dan Deployment Diagram

Gambar 3 menjelaskan mengenai komponen sistem yang berinteraksi satu sama lain antara perangkat keras (sensor dan mikrokontroler) dengan perangkat lunak (telegram server). Komponen sensor digunakan untuk melakukan pengukuran, komponen mikrokontroler digunakan untuk melakukan pengolahan data dari sensor dan

mengirimkannya ke server, komponen telegram server digunakan untuk menerima data dari mikrokontroler dan mengirimkan pesan data menggunakan fitur bot yang ada pada telegram.

Alur kerja dari sistem diawali dengan komponen sensor melakukan pengukuran. Data dari sensor suhu dan sensor TDS dikirimkan ke NodeMCU ESP32. Data tersebut akan diolah oleh NodeMCU ESP32 yang berhubungan dengan relay, dimana relay dapat mengontrol perangkat elektronik lain seperti menyalakan pemanas, pompa, dan perangkat lainnya berdasarkan kondisi dari data yang telah diolah. NodeMCU ESP32 juga mengirimkan data yang telah diolah menuju server telegram. Data akan diterima oleh server telegram dari NodeMCU ESP32 dan mengirimkan pesan berupa data kepada pengguna dengan memanfaatkan fitur bot. Selain mengirimkan data, NodeMCU ESP32 juga dapat menerima pesan atau perintah yang dikirimkan oleh pengguna melalui bot telegram. NodeMCU ESP32 mengolah perintah tersebut dan akan menghubungi relay untuk melakukan sebuah tindakan tertentu yang sesuai dengan perintah.

3.4. Skematik Diagram



Gambar 4. Skematik Diagram

Gambar 4 merupakan skematik diagram sistem. Komponen yang saling terhubung antara lain adalah stepdown, ESP32, Relay, Sensor suhu, Modul TDS Meter, dan Sensor TDS, dimana ESP32 menjadi pusat kendali seluruh komponen dengan mengumpulkan data dan mengirimkan data. Alur kerja dari sistem yang digambarkan berawal dari diberikannya tegangan oleh sumber daya menuju ke stepdown. Stepdown akan menyesuaikan tegangan dengan menurunkannya sehingga dapat digunakan oleh komponen lain. Sensor suhu dan TDS akan bekerja dengan mengukur parameter lingkungan setelah mendapatkan tegangan yang sesuai. Data yang didapatkan oleh masing-masing sensor akan dikirimkan ke ESP32. ESP32 akan mengolah data yang diterima dari sensor dan akan mengambil tindakan berdasarkan kondisi dari pengolahan data dengan memberikan perintah kepada relay yang berhubungan dengan ESP32. Relay dapat mengontrol perangkat eksternal lainnya.

4. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Proses pengujian yang dilakukan pada perangkat keras untuk memantau nutrisi serta pengendalian suhu menggunakan salah satu sistem hidroponik yaitu DFT (*Deep Flow Technique*), diman sistem hidroponik yang menggunakan genangan air nutrisi untuk memberikan makanan tanaman. Sedangkan proses pemantauan dan pengendalian suhu, dilakukan pada tendon hidroponik, yaitu tempat untuk menyimpan larutan nutrisi yang digunakan untuk mengalirkan dan menampung kembali air yang mengalir dalam pipa hidroponik.

4.1. Implementasi Perangkat Keras

Rancangan sistem pemantauan nutrisi dan pengendalian suhu menggunakan NodeMCU ESP32 Doit V1 sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan dua sensor, yaitu sensor *Total Dissolved Solids* (TDS) untuk mengukur kepekatan nutrisi serta sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu pada sirkulasi air tanaman hidroponik.

Mikrokontroler ini akan terhubung dengan bot pada Telegram melalui API Token. Sistem ini menerima sinyal dari sensor TDS dan sensor suhu, kemudian menampilkan data tersebut ketika menerima perintah tertentu dari Telegram. Selain pemantauan, sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk mengirim perintah untuk menyalakan pemanas air serta pompa tambahan.

Pengendalian suhu dilakukan menggunakan pemanas air akuarium yang berfungsi untuk memanaskan sirkulasi air tanaman hidroponik. Selain itu, pompa tambahan digunakan untuk mempercepat sirkulasi air, sehingga suhu pada talang air tetap terjaga dengan baik.

4.2. Pengujian Sensor TDS dan Sensor Suhu

Sensor TDS diuji untuk membaca nilai *part per million* (PPM) pada penampungan air dalam sirkulasi air tanaman hidroponik. Pengujian dilakukan untuk memastikan keakuratan alat pengujian dalam mengukur konsentrasi jumlah larutan dalam air nutrisi. Hasil pengukuran dari sensor TDS ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan TDS meter konvensional yang umum digunakan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor TDS

| No | Sensor TDS yang dirancang | Sensor TDS Konvensional | Selisih |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 42,58 | 43 | 0,42 |
| 2 | 43,12 | 43 | 0,12 |
| 3 | 44,09 | 44 | 0,9 |
| 4 | 69,16 | 69 | 0,16 |
| 5 | 80,89 | 81 | 0,11 |
| 6 | 76,21 | 76 | 0,21 |
| 7 | 80,98 | 81 | 0,02 |
| 8 | 80,65 | 81 | 0,35 |
| 9 | 74,53 | 74 | 0,53 |
| 10 | 87,02 | 87 | 0,02 |
| <i>Error Rate</i> | | | 0,51% |

Tabel 1 merupakan hasil pengujian dari sensor TDS. Sensor TDS dalam sistem menunjukkan akurasi dan konsistensi yang baik dengan hasil yang sangat mendekati pengukuran konvensional. Selisih terbesar adalah 0.9 ppm dan selisih terkecil adalah 0.53 ppm, semuanya berada dalam rentang ± 1 ppm.

Error rate yang dihasilkan dari pengujian pada Tabel 1 sebesar 0,51% merupakan hasil perbandingan antara nilai yang diperoleh dari alat pengukuran TDS meter konvensional dengan nilai yang didapat dari bot Telegram. *Error rate* adalah hasil perhitungan dari rumus berikut:

$$\text{Error rate \%} = \frac{|\text{Sensor TDS yang dirancang} - \text{Sensor TDS Konvensional}|}{\text{Sensor TDS Konvensional}} \times 100\%$$

Tabel 2 merupakan hasil pengujian terhadap sensor suhu. Sensor suhu diuji untuk membaca suhu pada sirkulasi air tanaman hidroponik. Data yang diperoleh dari pengujian lalu dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat TDS meter konvensional yang juga memiliki fitur pengukuran suhu. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk melihat akurasi dari sensor suhu. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sensor suhu dapat memberikan hasil yang akurat dan andal dalam waktu yang berbeda-beda.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Suhu Ds18b20

| No | Sensor Suhu yang dirancang | Sensor Suhu Konvensional | Selisih |
|-------------------|----------------------------|--------------------------|---------|
| 1 | 28,87 | 29,2 | 0,33 |
| 2 | 23,06 | 23,9 | 0,84 |
| 3 | 28,31 | 28,7 | 0,39 |
| 4 | 23,81 | 24,5 | 0,69 |
| 5 | 23,83 | 23,8 | 0,03 |
| 6 | 27,55 | 27,5 | 0,05 |
| 7 | 28,95 | 29,1 | 0,15 |
| 8 | 27,35 | 27,6 | 0,25 |
| 9 | 26,34 | 26,4 | 0,06 |
| 10 | 27,92 | 27,8 | 0,12 |
| <i>Error Rate</i> | | | 1,12% |

Berdasarkan Tabel 2 hasil dari pengujian sensor suhu DS18B20, sensor suhu dalam sistem menunjukkan akurasi dan konsistensi yang baik dengan hasil yang sangat mendekati pengukuran manual. Selisih terbesar adalah 0.84°C dan selisih terkecil adalah 0.03°C, semuanya berada dalam rentang ±1°C. Pengukuran dilakukan pada berbagai waktu dan tanggal, menunjukkan bahwa sensor dan sistem kontrol bekerja baik dalam berbagai kondisi.

Error rate yang dihasilkan dari pengujian yang tertera pada Tabel 2 sebesar 1,12% merupakan hasil perbandingan antara nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran suhu pada alat TDS meter konvensional dengan nilai yang didapat dari bot Telegram. *Error rate* adalah hasil perhitungan dari rumus berikut:

$$\text{Error rate \%} = \frac{|\text{Sensor suhu yang dirancang} - \text{Sensor Suhu Konvensional}|}{\text{Sensor Suhu Konvensional}} \times 100\%$$

4.3. Pengujian Sistem

Pada pengujian ini, dilakukan uji sistem untuk memastikan di mana semua komponen seperti mikrokontroler, sensor, relay, dan program dapat berfungsi dengan baik dan mampu menjalankan perintah yang dikirimkan melalui bot Telegram.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem

| Percobaan | Suhu | TDS | Perintah Telegram | Hasil Yang diharapkan | Hasil Pengujian | Ket |
|-------------|----------|-----------|------------------------|---|--|----------|
| Pengujian 1 | 24,95 °C | 80,98 ppm | /Cek | Bot mengirimkan nilai TDS dan suhu | Bot berhasil mengirimkan nilai TDS dan suhu | Berhasil |
| Pengujian 2 | 29,32 °C | 80,65 ppm | /Cek dan /pendingin_on | Bot mengirimkan nilai TDS dan suhu, serta menyalakan pompa air tambahan | Bot berhasil mengirimkan nilai TDS dan suhu, serta menyalakan pompa air tambahan | Berhasil |
| Pengujian 3 | 22,81 °C | 69,16 ppm | /Cek dan /pemanasan_on | Bot mengirimkan nilai TDS dan suhu, serta menyalakan pemanas air | Bot mengirimkan nilai TDS dan suhu, serta menyalakan pemanas air | Berhasil |
| Pengujian 4 | 28,31 °C | 68,85 ppm | /Cek | Bot mengirimkan nilai TDS dan suhu | Bot berhasil mengirimkan nilai TDS dan suhu | Berhasil |
| Pengujian 5 | 23,06 °C | 69,58 | /Cek | Bot mengirimkan nilai TDS dan suhu | Bot berhasil mengirimkan nilai TDS dan suhu | Berhasil |

Hasil dari simulasi pengujian ini telah diberikan batas suhu atas pada 29 derajat Celsius untuk menguji keberfungsian pompa. Batas suhu bawah ditetapkan pada 22 derajat Celsius untuk menguji keberfungsian pemanas air. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa kedua perangkat dapat beroperasi dengan baik dalam menjaga suhu air pada rentang yang diinginkan.

Berdasarkan tabel 3, semua komponen sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan indikator yang ditentukan. NodeMCU ESP32 berhasil terhubung dengan Telegram dan mengirimkan perintah yang tepat. Sensor TDS dan sensor suhu DS18B20 mampu membaca nilai konsentrasi padatan terlarut dan suhu air. Modul relay juga berfungsi baik, menghidupkan pemanas air dan pompa tambahan sesuai perintah. Keseluruhan sistem kontrol, termasuk mikrokontroler, sensor, dan bot Telegram menunjukkan kinerja optimal dalam semua pengujian.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil pengujian adalah, bahwa sistem berhasil dibuat serta dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Sensor TDS yang dirancang memiliki tingkat akurasi tinggi dengan nilai *Mean Absolute Error* sebesar 0,51%, dimana hal ini menunjukkan bahwa perbedaan antara sensor TDS yang dirancang dengan sensor

TDS konvensional memiliki perbedaan yang sangat tipis. Sehingga nilai yang dihasilkan dari sensor TDS yang dirancang cukup akurat untuk digunakan. Selain sensor TDS, pengujian juga dilakukan pada sensor suhu. Sensor suhu yang dirancang juga memiliki nilai rata-rata kesalahan yang memuaskan dengan nilai sebesar 1,12%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perbedaan sensor suhu yang dirancang dengan sensor suhu konvensional memiliki perbedaan yang kecil. Berdasarkan data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sensor suhu memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur suhu air.

Sistem yang dirancang telah teruji keandalannya dalam melakukan monitoring jarak jauh berbasis telegram. Hal ini dibuktikan dengan sistem yang mampu menjalankan perintah yang telah dirancang dan dijelaskan pada diagram-diagram seperti menjalankan pemanas, menghidupkan pendingin, mengecek suhu, dan sebagainya. Dengan sistem yang dapat melakukan monitoring jarak jauh, tentu mampu memudahkan pengguna untuk melakukan pemantauan dan mengontrol kondisi tanaman hidroponik secara real-time.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang dan dibangun ini dapat dinyatakan berhasil karena sistem dapat berjalan sebagaimana fungsi yang telah ditetapkan serta memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dan dapat diandalkan. Ditambah lagi, sistem menggunakan aplikasi telegram untuk memberikan kemudahan pengguna dalam melakukan pemantauan dan pengendalian tanaman hidroponik secara jarak jauh dan real-time, menjadikannya solusi yang efektif dan efisien untuk pengembangan tanaman hidroponik modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A.A. (2020) ‘Statistik Lahan Pertanian Tahun 2015-2019’, *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian*, p. 201. Available at: <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/arsip-perstatistikan/167-statistik/statistik-lahan/719-statistik-data-lahan-pertanian-tahun-2015-2019>.
- Chuzaini, F. and Dzulkifli (2022) ‘IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS)’, *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), pp. 46–56.
- Espressif Systems (2021) ‘ESP32 Series’, *Esp32*, pp. 1–65. Available at: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s2_datasheet_en.pdf.
- Junaedi, A., Puspitasari, M.D.M. and Maulidina, M. (2021) ‘Pengaruh (Intensor) Induktor Heater Menggunakan Thermal Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano Dalam Mengolah Logam’, *Nusantara of Engineering (NOE)*, 4(2), pp. 169–175. Available at: <https://doi.org/10.29407/noe.v4i2.16754>.
- MD, M. and Arianty, N. (2019) ‘Pemanfaatan Pekarangan dalam Usaha Budidaya Sayuran secara Hidroponik’, *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan*, 1(1), pp. 182–186.
- Mohammad, L. et al. (2021) ‘Pengembangan Sistem Hidroponik Otomatis-Modern Berbasis Panel Surya dan Baterai’, *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 10(1), pp. 77–84.
- Nababan, P., Andromeda, T. and Soetrisno, Y.A.A. (2020) ‘Perancangan Sistem Monitoring Hidroponik Nutrient Film Technique (Nft) Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Web Server Thingspeak’, *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(4), pp. 547–555. Available at: <https://doi.org/10.14710/transient.v9i4.547-555>.

- Najib, M.A. *et al.* (2023) 'Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Esp32 Dan Arduino', *Seminar Nasional Teknologi dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASTEKMU)*, 3(1), pp. 211–218. Available at: <https://doi.org/10.51903/semnastekmu.v3i1.216>.
- Nasrulloh, M.F. *et al.* (2022) 'Pelatihan Bertani Hidroponik dengan Memanfaatkan Lahan Pekarangan untuk Meningkatkan Kreativitas dan Ekonomi', *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), pp. 54–58. Available at: <https://doi.org/10.32764/abdimasper.v3i2.2159>.
- Prasetyo, A., Nugroho, A.B. and Setyawan, H. (2022) 'Perancangan Sistem Monitoring Pada Hidroponik Selada (*Lactuca Sativa L.*) Dengan Metode NFT Berbasis Internet of Things (IoT)', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 4(2), pp. 99–109. Available at: <https://doi.org/10.32528/elkom.v4i2.6102>.
- Putra, D.W.T. and Andriani, R. (2019) 'Unified Modelling Language (UML) dalam Perancangan Sistem Informasi Permohonan Pembayaran Restitusi SPPD', *Jurnal TeknoIf*, 7(1), p. 32. Available at: <https://doi.org/10.21063/jtif.2019.v7.1.32-39>.
- Rahadithia Prayudha (2020) 'Sistem Pendeteksi Kualitas Air Bersih Menggunakan Sensor Ph Dan Sensor Tds Berbasis Mobile', *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*, p. 110. Available at: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/53774>.
- Rahmah, F., Hidayanti, F. and Innah, M. (2019) 'Penerapan Smart Sensor untuk Kendali pH dan Level Larutan Nutrisi pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy', *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(5), pp. 527–534. Available at: <https://doi.org/10.25126/jtiik.2019651738>.
- Sabarella *et al.* (2021) 'BULETIN KONSUMSI PANGAN', *Pusat data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jendral Kementerian Pertanian*, pp. 1–107. Available at: <http://epublikasi.pertanian.go.id/arsip-buletin/53-buletin-konsumsi/677-buletin-konsumsi-vol-10-no-2-2019>.
- Santoso, J.T. and Migunani (2021) 'DESAIN & ANALISIS Sistem Berorientasi Obyek dengan UML', *Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik*, pp. 1–521.
- Sonata, F. and Sari, V.W. (2019) 'Pemanfaatan UML (Unified Modeling Language) Dalam Perancangan Sistem Informasi E-Commerce Jenis Customer-To-Customer', *Jurnal Komunika : Jurnal Komunikasi, Media dan Informatika*, 8(1), p. 22. Available at: <https://doi.org/10.31504/komunika.v8i1.1832>.
- Wasista, S. *et al.* (2019) *Aplikasi Internet of Things (IOT) dengan Arduino dan Android "Membangun Smart Home Dan Smart Robot Berbasis Arduino Dan Android"*. Deepublish.
- Wibowo, S. (2020) 'Pengaruh Aplikasi Tiga Model Hidroponik DFT Terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*)', *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 8(3), pp. 245–252. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.03.06>.
- Wirman, R.P., Wardhana, I. and Isnaini, V.A. (2019) 'Kajian Tingkat Akurasi Sensor pada Rancang Bangun Alat Ukur Total Dissolved Solids (TDS) dan Tingkat Kekeuhan Air', *Jurnal Fisika*, 9(1), pp. 37–46.