

SISTEM MONITORING SUHU AIR DAN NUTRISI KEBUN HIDROPONIK UNTUK TANAMAN SELADA BERBASIS IOT

Adi Mardiansah¹, Tika Hafzara Siregar², Iwan Sumirat³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro,

Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl.KH Soleh Iskandar Km 2, Bogor, Kode Pos 16164

²Pusat Riset Argoindustri, Badan Riset dan Inovasi Nasional

KST BJ Habibie, Jl. Raya Serpong, Muncul, Kec. Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

email : adimardiansahxi@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman selada merupakan salah satu tumbuhan yang sering dibudidayakan secara hidroponik. Suhu optimal dalam penanaman tumbuhan selada sendiri yaitu pada kisaran 18 °C sampai 24 °C serta diperlukan kondisi nutrisi yang spesifik yaitu 560-840 ppm. Pengecekan yang dilakukan secara teratur, menjadi tantangan tersendiri karena harus dilakukan terus menerus. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem *monitoring* suhu air dan nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT. Sistem dibangun menggunakan algoritma yang sudah ditanamkan pada *microcontroller* Arduino Mega 2560 dan Esp32, sistem menggunakan LCD dan aplikasi Blynk untuk menampilkan *monitoring* dan notifikasi. Adapun untuk sistem pendingin menggunakan sistem pendingin *peltier*. Hasil dari penelitian ini didapat nilai akurasi pengukuran sensor suhu sebesar 98,72% dan sensor TDS sebesar 91,89%, kedua sensor ini layak untuk digunakan. Sistem notifikasi berfungsi dengan baik dalam memberikan peringatan ketika nilai TDS berada di luar kisaran 560-840 ppm, dan mengontrol serta memberikan pemberitahuan ketika sistem pendingin aktif pada suhu di atas 26°C dan mencapai kondisi optimal pada suhu $\leq 24^{\circ}\text{C}$.

Kata Kunci : hidroponik, *internet of things*, sensor, sistem *monitoring*, sistem notifikasi

ABSTRACT

Lettuce is one of the most commonly cultivated plants using hydroponic systems. The optimal temperature for growing lettuce ranges between 18°C and 24°C, and it requires specific nutrient conditions, namely 560–840 ppm. Regular monitoring presents a challenge, as it must be conducted continuously. The objective of this research is to develop an IoT-based temperature and nutrient monitoring system for hydroponic lettuce cultivation. The system is built using algorithms embedded in the Arduino Mega 2560 and ESP32 microcontrollers. It utilizes an LCD display and the Blynk application to provide real-time monitoring and notifications. The cooling system employed is based on a Peltier module. The results of this study show that the temperature sensor achieved a measurement accuracy of 98.72%, while the TDS sensor reached 91.89%, indicating that both sensors are suitable for use. The notification system effectively alerts users when TDS levels fall outside the 560–840 ppm range and controls the cooling mechanism while sending notifications when the temperature exceeds 26°C, reaching optimal conditions at temperatures $\leq 24^{\circ}\text{C}$.

Keywords: hydroponics, *Internet of Things*, sensor, monitoring system, notification system

I. PENDAHULUAN

Sistem hidroponik merupakan metode bercocok tanam modern yang menggunakan air sebagai media tanam pengganti tanah dengan pemberian nutrisi dan oksigen terlarut. Meskipun sistem ini menawarkan berbagai keunggulan seperti efisiensi lahan, penggunaan pupuk dan air yang optimal, serta kemudahan pengendalian hama, sistem ini memiliki tantangan signifikan dalam hal pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan [1][2]. Khususnya untuk tanaman selada, diperlukan kondisi nutrisi yang spesifik yaitu 560-840 ppm [3][4] dan suhu optimal antara 18°C hingga 24°C, ketidakstabilan suhu dan nutrisi dapat berdampak serius pada metabolisme tanaman dan hasil panen [5][6], sehingga pemantauan berkala menjadi kebutuhan penting dalam sistem hidroponik.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa suhu air yang tidak terkendali dapat mempengaruhi penyerapan nutrisi, metabolisme, dan hasil panen tanaman selada [5][6]. Petani hidroponik harus melakukan pengecekan suhu air dan nutrisi secara berkala untuk memastikan stabilitas sistem, yang menjadi tantangan tersendiri karena harus dilakukan secara terus-menerus. *Internet of Things* (IoT) telah terbukti menjadi solusi efektif dalam sistem pemantauan dan pengendalian otomatis[7][8]. IoT berfungsi sebagai penghubung antara perangkat fisik dan aplikasi yang menyediakan sarana untuk akses dan kendali perangkat tersebut [9][10]. Peralatan yang terintegrasi dalam sistem IoT dapat berkomunikasi dengan jaringan internet dan memungkinkan pengukuran, pencarian, penjadwalan, perekaman, pencatatan, pemeliharaan, dan pelaporan serta pemantauan dan pelaporan dari jarak jauh [11][12].

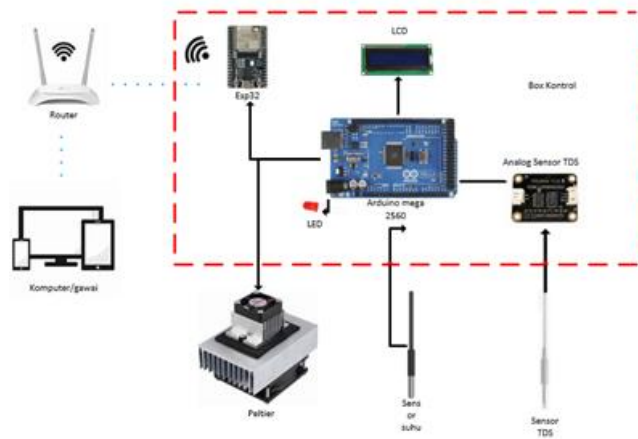
Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem *monitoring* air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT. Berbeda dengan sistem konvensional yang memerlukan pemantauan manual, sistem yang dikembangkan mengintegrasikan teknologi IoT untuk pemantauan *real-time* suhu dan nutrisi, dilengkapi dengan sistem pendingin otomatis menggunakan modul *peltier* dan notifikasi sistem dengan aplikasi Blynk. Sistem ini dirancang untuk mengelola hidroponik dengan kapasitas 50 liter air menggunakan Arduino Mega 2560 dan ESP32 sebagai *microcontroller* dan sensor suhu DS18B20 untuk pembacaan nilai suhu, kemudian sensor *Total Dissolved Solids* (TDS) untuk pembacaan nilai nutrisi, serta nutrisi AB mix untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman selada..

II. METODE PENELITIAN

A. Pembuatan Bentuk Fisik

Pembuatan fisik rancang bangun sistem sistem *monitoring* air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT, dilakukan melalui (i) pembuatan kotak panel sistem *monitoring* suhu air nutrisi; (ii) pengawatan pada sistem *microcontroller*; dan (iii) pemrograman sistem *microcontroller*.

Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan bentuk fisik sistem *monitoring* suhu air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT menggunakan *microcontroller* Arduino Mega 2560, kemudian sensor membaca parameter suhu air dan nilai nutrisi dalam air nutrisi kebun hidroponik tanaman selada yang kemudian data sensor disambungkan ke modul Arduino Mega 2560. Sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20 dimana sensor ini dapat digunakan dalam lingkungan yang lembab atau bahkan terendam air [13].



Gambar 1. Bentuk fisik sistem

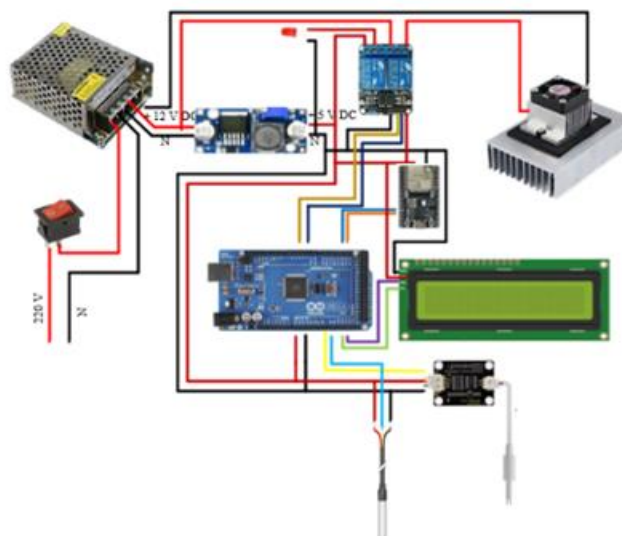
Kemudian untuk sensor pembacaan nilai nutrisi menggunakan sensor TDS yang dapat mengukur konsentrasi total padatan terlarut dalam larutan, yang merupakan indikator penting dari kadar nutrisi yang tersedia bagi tanaman [14]. *Microcontroller* Esp32 mengirimkan hasil pengukuran alat ke *smartphone* atau PC melalui jaringan lokal, juga dikenal sebagai *Local Area Network (LAN)*. Hasil pengukuran disimpan dan ditampilkan pada LCD. Nilai suhu air dan nilai nutrisi dalam air nutrisi kebun hidroponik mempengaruhi sistem pendingin untuk *on/off*, dan untuk sistem pendingin menggunakan elemen *peltier*.

- Pembuatan kotak panel sistem *monitoring*

Kotak panel sistem *monitoring* berfungsi sebagai wadah untuk menempatkan berbagai komponen pendukung yang diperlukan dalam pengoperasian sistem *monitoring* suhu air dan tingkat nutrisi (TDS). Kotak panel sistem dengan ukuran panjang 21,5 cm; lebar 7,5 cm ; dan tinggi 25 cm, pada kotak panel tersebut akan dipasangkan Arduino Mega 2560, Esp32, Relay, Sensor TDS, Sensor Suhu, PCB, Stepdown DC to DC, dan LCD.

- Pengawatan pada sistem *monitoring*

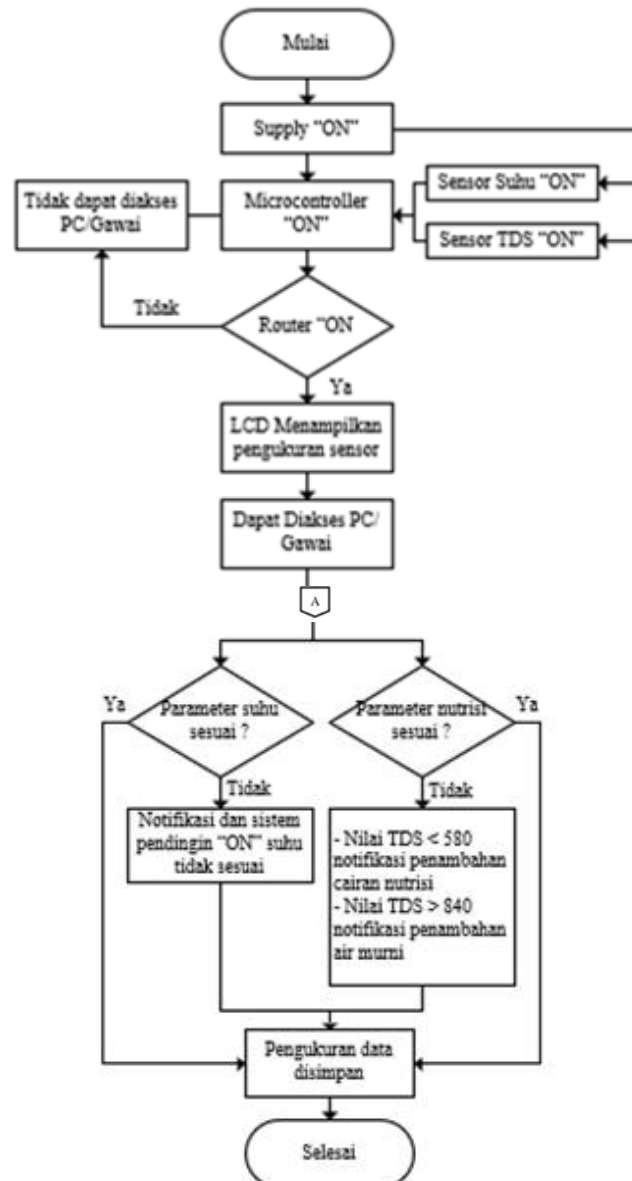
Komponen-komponen pada sistem *monitoring* suhu air nutrisi untuk kebun hidroponik berbasis IoT, meliputi (i) *Microcontroller* Arduino Mega 2560, (ii) Esp32, (iii) *Relay*, (iv) Sensor TDS, (v) Sensor Suhu, (vi) LCD, (vii) Elemen *Peltier*, dan (viii) kipas DC. Pada Gambar 2 ditunjukkan diagram pengawatan detail koneksi antar komponen.



Gambar 2. Rangkaian sistem *monitoring*

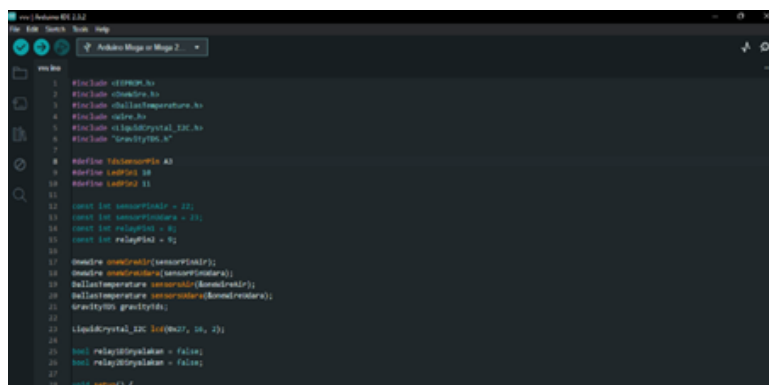
- Pemrograman sistem *microcontroller*

Microcontroller diprogram untuk menjalankan serangkaian instruksi sederhana yang saling terhubung, sehingga dapat melaksanakan tugas-tugas kompleks sesuai dengan kebutuhan yang ditentukan oleh program [15]. Pemrograman *microkontroler* Arduino Mega 2560 dan Esp32 menggunakan *software* Arduino IDE yang dapat diunduh pada website resmi arduino. Algoritma pemrograman sistem *monitoring* pendingin suhu air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT seperti ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Algoritma Pemrograman Sistem

Algoritma pemrograman pada Gambar 3 selanjutnya menjadi acuan dalam proses pemrograman *microcontroller*. Tampilan pada pemrograman *microcontroller* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemrograman sistem *monitoring* dan notifikasi

Setelah penulisan pemrograman *microcontroller* selesai dan kode berhasil diunggah, *board* Arduino akan secara otomatis menjalankan program pengukuran yang dapat ditampilkan pada LCD.

B. Kalibrasi dan Akurasi Alat

Kalibrasi adalah proses untuk menentukan sejauh mana nilai yang dihasilkan dari alat ukur (sensor) atau nilai yang diwakili dari pengukuran bahan, serta membandingkannya dengan nilai yang diketahui dari acuan standar. Dalam hal ini, kalibrasi berguna untuk membandingkan keluaran sensor yang memiliki karakteristik linier (seperti yang ditunjukkan dalam grafik garis) dengan nilai standar. Hasil kalibrasi dapat digunakan untuk mengkonversi keluaran sensor menjadi seperti nilai standar. Untuk konversi nilai keluaran sensor (tegangan) menjadi nilai standar, digunakan perhitungan regresi linear dimana metode statistika ini dapat mengukur korelasi antara variabel tetap (nilai standar) dan variabel bebas (tegangan) [16][17]. Dibawah merupakan model persamaan regresi linear.

$$Y = a + bx \quad (1)$$

Keterangan :

Y = Variable tetap

X = Variable bebas

a = Konstanta

b = Koefisien regresi/kemiringan

dimana nilai a dan b dapat dihitung :

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{1}{n} \sum y - b \frac{1}{n} \sum x \quad (3)$$

Akurasi merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai yang sesungguhnya. Pengukuran akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis yang diperoleh dengan nilai yang dianggap benar. Ketika terdapat penyimpangan dalam akurasi, hal ini menandakan adanya kesalahan yang bersifat sistematis dalam prosedur, baik pada tahap persiapan sampel maupun saat proses analisis berlangsung, adapun nilai persen error untuk sensor suhu adalah 5% dan sensor TDS adalah 10% [3][15][18]. Akurasi dihitung dengan rumus berikut:

$$\% Error = \frac{(\text{Nilai alat standar} - \text{Nilai alat ukur})}{\text{Nilai alat standar}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Akurasi}(\%) = 100\% - \% Error \quad (5)$$

C. Pengukuran Kinerja Sistem

Pengukuran kinerja sistem *monitoring* suhu air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT, dilakukan berdasarkan hasil pembacaan secara *real-time* alat yang dibandingkan dengan hasil pengukuran konvensional yang masih dilakukan di kebun hidroponik PT Lumina Agro Madania Kelurahan Katulampa, Kecamatan Bogor Timur, Kota Bogor. Pengujian kinerja dilakukan untuk mengetahui nilai pembacaan suhu air dan nilai nutrisi serta penurunan suhu yang terjadi selama waktu tertentu. Waktu yang digunakan untuk pengujian yaitu dengan interval setiap 30 menit selama pukul 10.00 – 16.00 WIB dalam tiga hari berturut-turut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk Alat Sistem *monitoring*

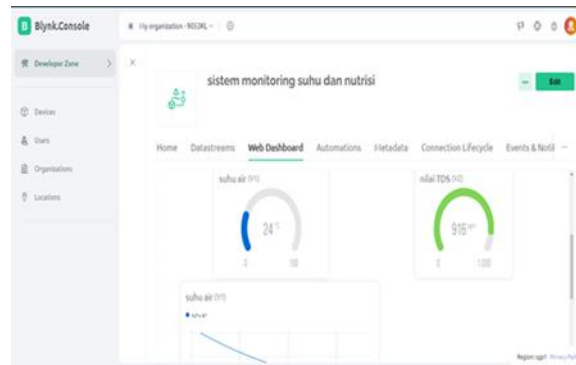
Sistem *monitoring* dibagi menjadi dua kategori utama: yang terdiri dari alat pendingin dan *monitoring* fisik serta alat *monitoring* yang terhubung melalui *Internet of Things* (IoT). Proses dan bentuk alat sistem pendingin *monitoring* diilustrasikan pada Gambar 5 yang menunjukkan representasi visual dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk memantau suatu sistem.



Gambar 5. Bentuk fisik alat sistem *monitoring*

Alat *monitoring* yang terhubung dengan IoT (*internet of things*) berbantuan aplikasi *Blynk*. Sistem mendeteksi nilai suhu air dan TDS, kemudian mengirimkan informasi menggunakan aplikasi *Blynk* untuk menampilkan nilai secara *realtime*. Pengiriman data dilakukan setiap 2 detik. Nilai suhu air dan TDS di visualisasikan dalam aplikasi dengan tanda warna biru dan hijau. Sistem IoT pada *monitoring* suhu air dan nilai TDS ditunjukan pada Gambar 6.

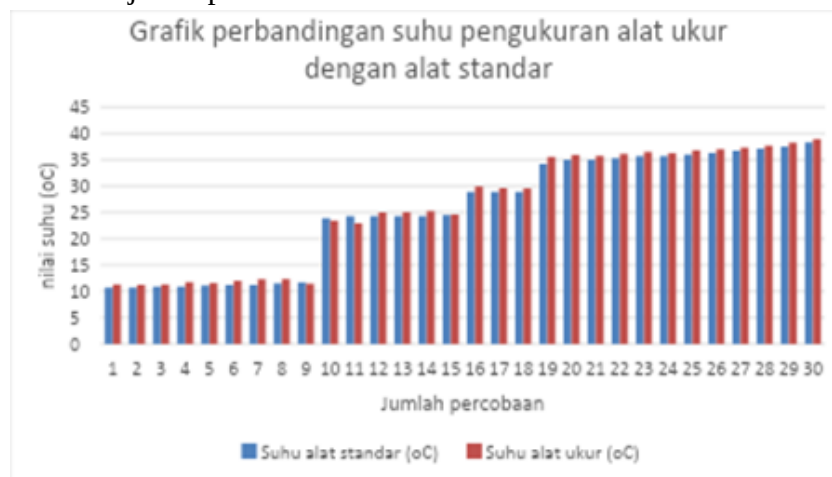




Gambar 6. Bentuk tampilan *monitoring* pada aplikasi Blynk

B. Kalibrasi Sensor Suhu

Pengukuran suhu air pada alat sistem *monitoring* suhu air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT menggunakan sensor suhu DS18B20. Kalibrasi sensor dilakukan dengan metode perbandingan langsung dengan alat Thermometer merek HTC-2. Titik ukur untuk pengujian nilai suhu yang digunakan dalam pengujian berkisar 10°C hingga 40°C dengan 30 kali pengujian. Data kalibrasi sensor suhu ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan pembacaan alat ukur dan alat standar

Berdasarkan Gambar 7, hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata perbedaan antara pengukuran suhu standar dan alat ukur adalah sebesar 0,594°C. Karena perbedaan ini relatif konsisten pada setiap suhu, program disesuaikan dengan menambahkan nilai selisih sebesar 0,594°C pada hasil pengukuran alat.

C. Kalibrasi Sensor TDS

Pengukuran nilai TDS menggunakan sensor analog Total Dissolved Solids DFROBOT, Sensor ini mengukur jumlah miligram zat padat terlarut dalam setiap liter air. Secara umum, semakin tinggi nilai TDS, semakin besar kandungan zat padat terlarut dalam air, yang menunjukkan tingkat kemurnian air semakin rendah. Metode perbandingan langsung digunakan untuk kalibrasi, dengan menyiapkan 45 sampel yang akan diukur nilai TDS, dengan alat ukur standar (TDS meter). Nilai TDS yang digunakan dalam pengujian berkisar 0-1000 ppm. Setelah hasil didapat sampel dibaca oleh sensor yang keluarannya berupa tegangan. Berdasarkan pengambilan data sebanyak 45 kali didapat data sebagai berikut :

$$\sum y = 21146$$

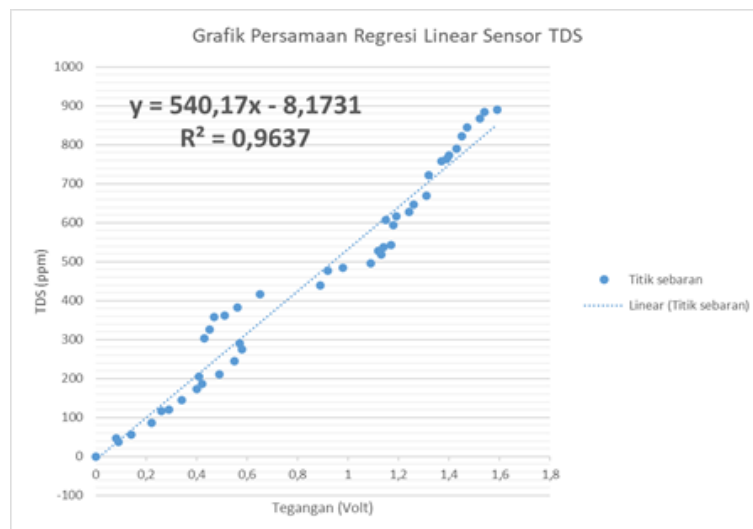
$$\sum x = 39,77$$

$$\begin{aligned}\sum x^2 &= 45,24 \\ \sum xy &= 24177,73 \\ b &= \frac{45(24177,73) - (39,77)(21146)}{45(45,2437) - (39,77)^2} \\ b &= 540,17\end{aligned}$$

Setelah mendapat nilai b selanjutnya mencari nilai a, berikut perhitungan mencari nilai a :

$$\begin{aligned}a &= \frac{1}{n} \sum y - b \frac{1}{n} \sum x \\ a &= \frac{1}{45} (21146) - (540,17) \frac{1}{45} (39,77) \\ a &= -8,17\end{aligned}$$

Hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan regresi linear untuk sensor TDS adalah $Y = 540,17X - 8,17$. Grafik diagram pencar perhitungan persamaan regresi linear pada sensor TDS, dapat dilihat pada Gambar 8.

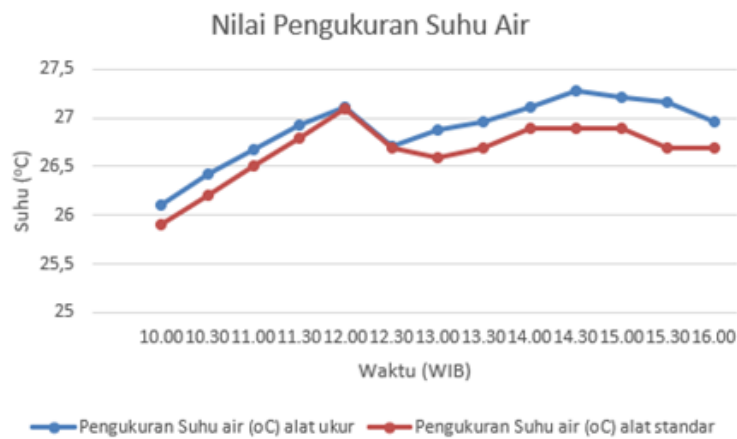


Gambar 8. Grafik persamaan regresi linear sensor TDS

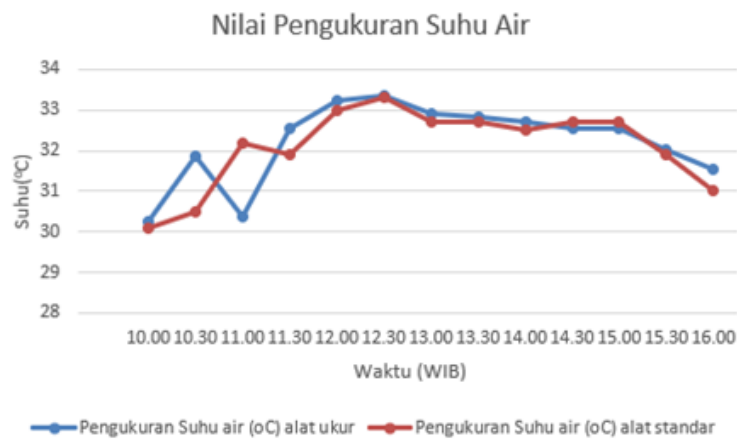
Dari grafik persamaan linear pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai persamaan regresi linearnya adalah $Y = 540,17X - 8,1731$ dimana nilai persamaan tersebut dimasukan kedalam pemrograman sistem dalam pembacaan nilai TDS. Adapun, persamaan regresi linear berfungsi sebagai alat matematis yang menghubungkan pembacaan sensor dengan konsentrasi TDS yang sebenarnya, meningkatkan akurasi dan keandalan pengukuran sensor. Nilai koefisien determinasi R^2 adalah 0,964 hal ini menunjukkan pembacaan alat ukur memiliki ketepatan pengukuran TDS sebesar 96.4% . Nilai R^2 tinggi ini mengindikasikan bahwa pembacaan sensor TDS memiliki kualitas prediksi yang sangat baik.

D. Pengukuran Kinerja Sensor Suhu

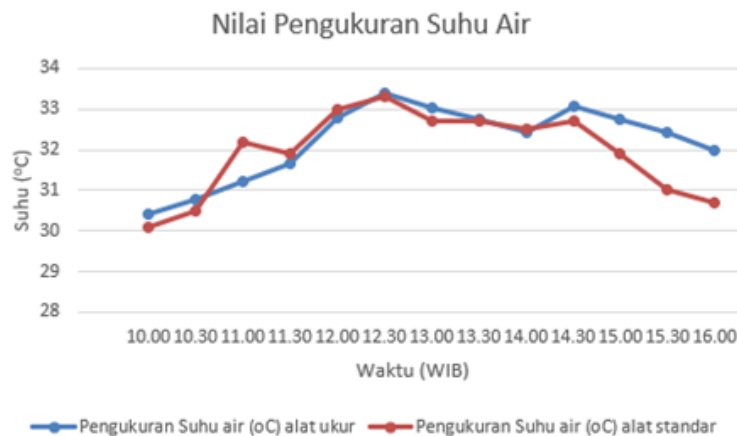
Pengukuran kinerja sensor suhu pada sistem *monitoring* suhu air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT, dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran konvensional dengan hasil pembacaan alat secara *real-time*. Data dibandingkan setiap 30 menit selama tiga hari berturut-turut dari pukul 10.00 hingga 16.00 WIB. Gambar 9 menunjukkan diagram garis pengukuran kinerja sensor suhu.



(A)



(B)



(C)

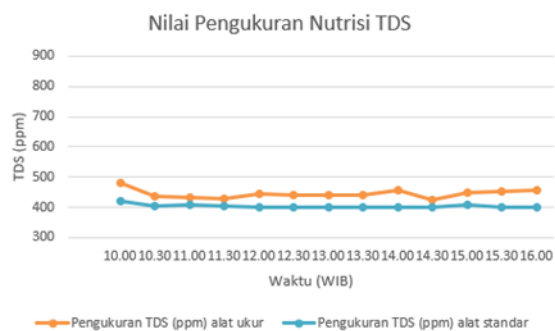
Gambar 9. Grafik pengukuran nilai suhu air (A) hari pertama (B) hari kedua (C) hari ketiga

Berdasarkan data pengukuran alat ukur dengan alat standar pada Gambar 9 kinerja sensor suhu dapat diketahui dengan membandingkan hasil pengukuran alat ukur dengan alat standar yang kemudian didapat hasil dimana nilai pengukuran alat ukur menunjukkan kebanyakan nilai berbeda dengan hasil pengukuran alat standar, namun apabila dilihat dari perbedaan pengukuran paling besar adalah 5,62 % pada pengukuran hari kedua pada pukul 11.00 WIB. Setelah dihitung rata-rata persentase *error* pengukuran sensor suhu pada alat adalah 1,28 %. Dimana nilai tersebut terbilang kecil untuk persentase *error* pengukuran suhu pada alat, dengan nilai persentase *error* 1,28 % maka didapat nilai akurasi pengukuran pada alat adalah 98,72 %. Nilai ini sangat layak untuk digunakan

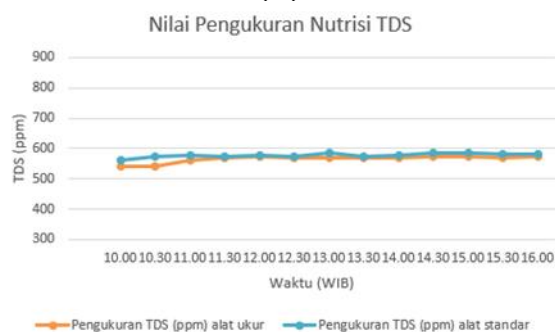
dalam pembacaan nilai suhu air pada kebun hidroponik karena persentase yang diijinkan adalah dibawah 5%.

E. Pengukuran Kinerja Sensor TDS

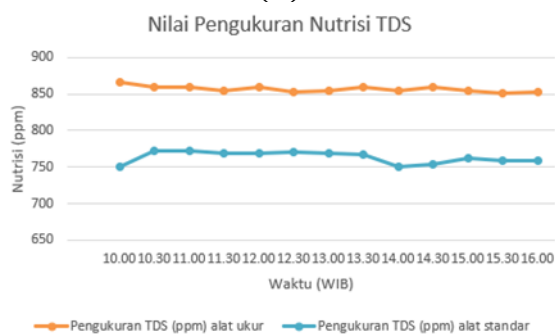
Pengukuran kinerja sensor TDS pada sistem *monitoring* suhu air nutrisi kebun hidroponik untuk tanaman selada berbasis IoT, dilakukan berdasarkan hasil pembacaan secara *real-time* alat yang dibandingkan dengan hasil pengukuran konvensional. Perbandingan data dilakukan dengan interval setiap 30 menit selama pukul 10.00 – 16.00 WIB dalam tiga hari berturut-turut. Grafik diagram garis pengukuran kinerja sensor TDS ditunjukkan seperti Gambar 10.



(A)



(B)



(C)

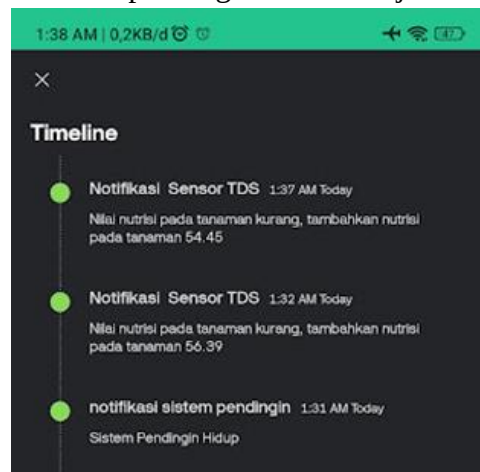
Gambar 10. Grafik pengukuran nilai nutrisi TDS (A) hari pertama (B) hari kedua (C) hari ketiga

Berdasarkan data pengukuran alat ukur dengan alat standar pada Gambar 10 kinerja sensor TDS dapat diketahui dengan membandingkan hasil pengukuran alat ukur dengan alat standar yang kemudian didapat hasil nilai pengukuran alat ukur menunjukkan kebanyakan nilai berbeda dengan hasil pengukuran alat standar. Perbedaan pengukuran paling besar adalah 15,46 % pada pengukuran hari ketiga pada pukul 10.00 WIB. Setelah dihitung rata-rata persentase *error* pengukuran sensor TDS pada alat adalah 8,11 %, dimana nilai tersebut terbilang kecil untuk persentase *error* pengukuran TDS pada alat. Dengan nilai persentase *error* 8,11 % maka didapat nilai akurasi pengukuran pada alat adalah 92,69 %. Adapun perbedaan nilai akurasi pengukuran aktual 91,89 % dibandingkan

akurasi secara teoritis 96,4% terjadi karena adanya faktor suhu air, dimana semakin tinggi suhu air maka nilai konduktivitas air meningkat[19]. Nilai ini sangat layak untuk digunakan dalam pembacaan nilai suhu air pada kebun hidroponik karena persentase yang diijinkan adalah dibawah 10%.

F. Sistem Notifikasi Suhu Air dan Nutrisi

Notifikasi sistem memberikan pemberitahuan ketika sistem pendingin sedang beroperasi dan menunjukkan parameter yang tidak sesuai. Selain itu, notifikasi juga mencantumkan tindakan yang harus diambil oleh petani hidroponik jika nilai parameter tidak sesuai. Selanjutnya, Pengiriman data pada aplikasi *Blynk* sangat bergantung terhadap kualitas jaringan sinyal pengirim data dari Esp32 ke aplikasi *Blynk* [20]. Parameter untuk notifikasi dan sistem pendingin aktif adalah ketika suhu air melebihi 26°C, dan notifikasi akan hilang serta sistem pendingin mati ketika suhu air turun hingga 24°C. Pemberitahuan mengenai sistem pendingin yang sedang beroperasi akan muncul setiap 30 menit. Tampilan notifikasi untuk sistem pendingin aktif ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Notifikasi sistem pendingin hidup

Selain itu, terdapat notifikasi sistem untuk kondisi parameter TDS yang tidak sesuai. Ketika nilai TDS pada pembacaan sistem kurang dari 560 ppm, akan muncul notifikasi berupa hidupnya lampu indikator kuning pada kotak panel sistem dan pemberitahuan pada aplikasi bahwa nilai nutrisi kurang. Perintah yang muncul adalah “Nilai nutrisi pada tanaman kurang, tambahkan nutrisi pada tanaman”. Notifikasi akan muncul selama 1 menit sekali dan notifikasi ini akan hilang jika nutrisi sudah melebihi 560 ppm. Tampilan notifikasi sistem saat nilai TDS kurang ditunjukkan pada Gambar 12.



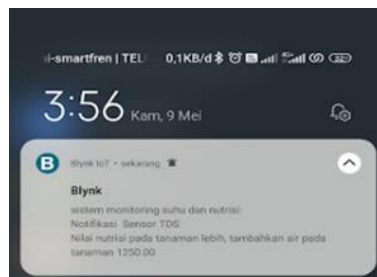
(A)



(B)

Gambar 12. Notifikasi sistem saat nilai TDS kurang (A) tampilan di gawai (B) tampilan pada kotak panel

Notifikasi terakhir berkaitan dengan nilai TDS yang melebihi 840 ppm dalam kondisi ini, akan muncul notifikasi berupa hidupnya lampu indikator merah pada kotak panel sistem dan pemberitahuan pada aplikasi bahwa nilai nutrisi lebih. Perintah yang muncul adalah “Nilai nutrisi pada tanaman lebih, tambahkan air pada tanaman”. Notifikasi akan muncul selama 1 menit sekali dan notifikasi ini akan hilang ketika nilai nutrisi kurang dari 840 ppm. Tampilan notifikasi sistem saat nilai TDS lebih ditunjukkan pada Gambar 13.



(A)



(B)

Gambar 13. Notifikasi sistem saat nilai TDS lebih (A) tampilan di gawai (B) tampilan pada kotak panel

IV. KESIMPULAN

Sistem *monitoring* suhu dan nutrisi pada tanaman hidroponik selada telah berhasil dibuat dan diimplementasikan dengan kinerja yang memuaskan. Sistem ini mampu melakukan *monitoring* suhu air dan nutrisi secara *real-time* melalui LCD dan aplikasi Blynk berbasis IoT, dengan tingkat akurasi sensor suhu mencapai 98,72% dan sensor TDS mencapai 91,89%. Sistem kendali dan notifikasi berfungsi dengan baik dalam memberikan peringatan ketika nilai TDS berada di luar rentang 560-

840 ppm, dan mengendalikan serta memberikan notifikasi saat sistem pendingin aktif pada suhu di atas 26°C dan mencapai kondisi optimal pada suhu $\leq 24^{\circ}\text{C}$. Kemudian saran, pengembangan sistem ke depannya mengintegrasikan sistem kontrol otomatis untuk penyesuaian kadar nutrisi dan memperluas jangkauan *monitoring* untuk skala hidroponik yang lebih besar.

V. REFERENSI

- [1] D. Thakulla, B. Dunn, B. Hu, C. Goad, Dan N. Maness, “Nutrient Solution Temperature Affects Growth And Brix Parameters Of Seventeen Lettuce Cultivars Grown In An Nft Hydroponic System,” *Horticulturae*, Vol. 7, No. 9, Hal. 321, 2021.
- [2] A. Ninasari, K. Suwarno, Dan S. Suleyman, “Inovasi Teknologi Pertanian: Pengaruh Sistem Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Sayuran,” *J. Rev. Pendidik. Dan Pengajaran*, Vol. 7, No. 4, Hal. 17090–17094, 2024.
- [3] M. Handayani Dan . M., “Sistem Pengendali Nutrisi Dan Ph Air Pada Tanaman Hidroponik Selada,” *Juteks (Jurnal Tek. Elektro Dan Sains)*, Vol. 9, No. 2, Hal. 1–7, 2022, Doi: 10.32832/Juteks.V9i2.13505.
- [4] J. N. D. Tiljuir, M. A. A. Gafur, Dan F. Rosalina, “Pengaruh Perbedaan Dosis Nutrisi Ab Mix Sistem Hidroponik Rakit Apung Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*),” *Agriva J. (Journal Agric. Sylva)*, Vol. 1, No. 1, Hal. 26–33, 2023.
- [5] C. E. Moore Et Al., “The Effect Of Increasing Temperature On Crop Photosynthesis: From Enzymes To Ecosystems,” *J. Exp. Bot.*, Vol. 72, No. 8, Hal. 2822–2844, Apr 2021, Doi: 10.1093/Jxb/Erab090.
- [6] D. W. Herdiyanto, W. Cahyadi, Dan M. K. Ni’am, “Repository Universitas Universitas Jember ‘ Peran Teknologi Elektro Untuk Industri 4 . 0 Sektor Agroindustri Di Era New Normal ’ Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Sentro,” No. November, 2021.
- [7] E. E. K. Senoo, E. Akansah, I. Mendonça, Dan M. Aritsugi, “Monitoring And Control Framework For Iot, Implemented For Smart Agriculture,” *Sensors*, Vol. 23, No. 5, Hal. 2714, 2023.
- [8] H. Alexandra, M. F. D. Tanjung, D. T. H. Sihombing, T. A. Al Ghazali, R. A. Sitompul, Dan W. M. Sitorus, “Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Energi Berbasis Iot Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Dalam Lingkungan Cerdas,” *J. Rev. Pendidik. Dan Pengajaran*, Vol. 7, No. 4 Se-Articles, Hal. 16983–16986, Des 2024, Doi: 10.31004/Jrpp.V7i4.38150.
- [9] Y. Prasetya, A. Goeritno, Dan S. Lestari, “Purwarupa Perangkat Tertanam Berbasis Iot Untuk Pengukuran Tegangan Baterai Secara Real-Time Di Gardu Induk Kedungbadak Bogor,” *J. Teknol. Bahan Dan Barang Tek.*, Vol. 12, No. 2, 2025.
- [10] B. Bryan Adam, H. Priyatman, J. Teknik Elektro, Dan F. Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, “Sistem Real-Time Monitoring Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things (Iot),” *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, Vol. 2, No. 1, 2019, [Daring]. Tersedia Pada: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/38083>
- [11] R. I. Fadhil, “Sistem Real Time Monitoring Kecepatan Angin, Arah Angin, Dan Suhu Berbasis Web Menggunakan Proxy Reserve Pada Protokol Transmission Control Protocol (Tcp),” 2016.
- [12] A. Kiswantono, “Transformasi Proteksi Tegangan: Sistem Monitoring Iot Untuk Pemantauan Real-Time,” *Dielektrika*, Vol. 11, No. 2, Hal. 119–128, 2024.
- [13] M. B. R. Huda Dan W. D. Kurniawan, “Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor Ds18b20 Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *J. Rekayasa Mesin*, Vol. 7, No. 02 Se-

- Articles, Hal. 18–23, Jul 2022, [Daring]. Tersedia Pada: <https://Ejournal.Unesa.Ac.Id/Index.Php/Jurnal-Rekayasa-Mesin/Article/View/47897>
- [14] A. R. Sipayung, T. Andromeda, Dan H. Afrisal, “Perancangan Sistem Monitoring Dan Pengendalian Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique (Nft) Menggunakan Kontrol Pid,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, Vol. 9, No. 4, Hal. 564–573, 2020.
- [15] A. R. Maulana, “Real-Time Data Monitoring System Pengolahan Air Limbah Di Pt Tirta Fresindo Jaya (Mayora Group) Plant Ciherang,” *Juteks (Jurnal Tek. Elektro Dan Sains)*, Vol. 9, No. 1, 2022.
- [16] E. Triyanto, H. Sismoro, Dan A. D. Laksito, “Implementasi Algoritma Regresi Linear Berganda Untuk Memprediksi Produksi Padi Di Kabupaten Bantul,” *Rabit J. Teknol. Dan Sist. Inf. Univrab*, 2019, [Daring]. Tersedia Pada: <https://Api.Semanticscholar.Org/Corpusid:199114760>
- [17] N. R. Setyoningrum Dan P. J. Rahimma, “Implementasi Algoritma Regresi Linear Dalam Sistem Prediksi Pendaftar Mahasiswa Baru Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjungpinang,” *Pros. Semin. Nas. Ilmu Sos. Dan Teknol.*, Vol. 4, No. Se-Articles, Hal. 13–18, Jan 2022, [Daring]. Tersedia Pada: <https://Ejournal.Upbatam.Ac.Id/Index.Php/Prosiding/Article/View/5200>
- [18] Y. Malik, “Akurasi Dan Presisi Analisis Kadar Nikel (Ni) Pada Sampel Nikel Laterit Menggunakan X-Ray Fluorescence Spectrometry (Xrf),” *Sains J. Kim. Dan Pendidik. Kim.*, Vol. 12, No. 2 Se-Articles, Hal. 87–94, Feb 2024, [Daring]. Tersedia Pada: <https://Sains.Uho.Ac.Id/Index.Php/Journal/Article/View/47>
- [19] P. L. T. Lumban Toruan, B. Margareta, A. Jumarni, S. S. Pratiwi, Dan A. Atina, “Pengaruh Temperatur Air Terhadap Konduktivitas Dan Total Dissolved Solid,” *J. Kumparan Fis.*, Vol. 6, No. 1 Se-Articles, Hal. 11–16, Mei 2023, Doi: 10.33369/Jkf.6.1.11-16.
- [20] I. Syukhron, “Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Sistem Monitoring Dan Kontrol Jarak Jauh Pada Sistem Kompos Pintar Berbasis Iot,” *Electr. J. Rekayasa Dan Teknol. Elektro*, Vol. 15, No. 1, Hal. 1–11, 2021.