
RANCANG BANGUN HYDROPONIC SMART MINI GREENHOUSE DENGAN MONITORING WEBSITE BERBASIS INTERNET OF THINGS

**Ade Bryan Timothy^{1*}, Damai Emanuel², Pandu Pamungkas Cahyo Waskitho³,
Hoedi Prasetyo⁴, Anggy Yuandari⁵**

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: ade.20202001@student.atmi.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin besar berdampak pada meningkatnya kebutuhan lahan. Data dari Badan Pertanahan Nasional (BPN) menunjukkan bahwa lahan alih fungsi meningkat sekitar 700 hektar per tahun karena dikonversi menjadi lahan industri, pemukiman, dan jalan. Mayoritas pekerja aktif di Indonesia bekerja di sektor pertanian, yang menyebabkan penyusutan lahan yang berdampak pada ketersediaan pangan nasional dan berpotensi memicu krisis pangan. Politeknik ATMI Surakarta telah mengembangkan Smart Mini Greenhouse melalui program studi Mekatronika dengan tema "Rawat Bumi" untuk meningkatkan kelestarian lingkungan dan mengurangi krisis pangan. Smart Mini Greenhouse menggunakan sistem penanaman hidroponik, yaitu tanaman ditanam tanpa tanah menggunakan nutrisi berbasis air. Smart Mini Greenhouse menggunakan perangkat kontrol utama berupa Arduino Mega dan Raspberry Pi 3B+ sebagai user interface. Teknologi ini menerapkan Internet of Things (IoT) sebagai sistem monitoring dan kontrol mesin secara otomatis, yang memungkinkan pengguna untuk memantau pertumbuhan tanaman secara real-time dari mana pun. Dalam memonitoring keadaan tanaman dengan sistem hidroponik, Smart Mini Greenhouse menggunakan beberapa jenis sensor seperti TDS module sensor, sensor BME 280, sensor PH, dan HC-SR04 Ultrasonic Sensor. Smart Mini Greenhouse memiliki User Interface berupa Website yang menampilkan data-data monitoring dan fitur kontrol manual komponen seperti lampu growlight, pompa irigasi, kipas dan humidifier. Smart Mini Greenhouse telah diuji pembacaan sensor pH dan Nutrisi dengan nilai persentase error pembacaan sensor pH sebesar 1,70% dan pembacaan sensor TDS sebesar 1,86%. Pada setting kendali otomatis, batas toleransi minimal yang bisa dicapai oleh sistem untuk mengatur kondisi basa sebesar 14% dan batas toleransi kondisi asam sebesar 20%. sedangkan untuk nutrisi, batas toleransi minimal yang bisa dicapai oleh sistem untuk mengatur nutrisi sebesar 17%.

Kata kunci: Smart Mini Greenhouse, Raspberry Pi, Smart Hydroponic, Monitoring Website, Arduino

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya industri di Indonesia, alih fungsi lahan semakin banyak dilakukan. Menurut buku statistik lahan pertanian, terjadi penurunan Lahan Baku Sawah sebesar 628.959 Ha dari tahun 2015 ke tahun 2019 (Kementan RI, 2020). Salah satu cara yang dilakukan pemerintah dalam mengatasi penyusutan lahan adalah dengan mengadakan *urban farming* atau pertanian dalam perkotaan. Politeknik ATMI Surakarta bersama dengan program studi Teknik Mekatronika membuat *Operation Plan* "Merawat Bumi" untuk menjaga kelestarian lingkungan dan kestabilan pangan. Menanggapi misi tersebut, mahasiswa program studi Teknik Mekatronika membuat sebuah purwarupa bernama *Smart Mini Greenhouse*. *Smart Mini Greenhouse* tahun 2023 merupakan bentuk pengembangan dari *Smart Mini Greenhouse* tahun 2022.

Smart Mini Greenhouse merupakan sebuah perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan penanaman tanaman. Metode penanaman pada *Smart Mini Greenhouse* adalah hidroponik dengan sistem DFT (*Deep Flow Technique*) yaitu sistem pengairan tergenang pada pipa hidroponik. *Smart Mini Greenhouse* menerapkan teknologi otomasi pada bagian kontrol kadar nutrisi, pH, suhu, dan kelembapan. Teknologi tersebut memungkinkan sistem melakukan pengendalian secara otomatis untuk mencapai nilai *set point* yang diatur oleh pengguna. *Set*

point digunakan sebagai pembandingan dengan nilai aktual yang terbaca oleh sensor. Hasil perbandingan akan digunakan untuk menentukan aktuatur mana yang harus dinyalakan.

2. METODOLOGI

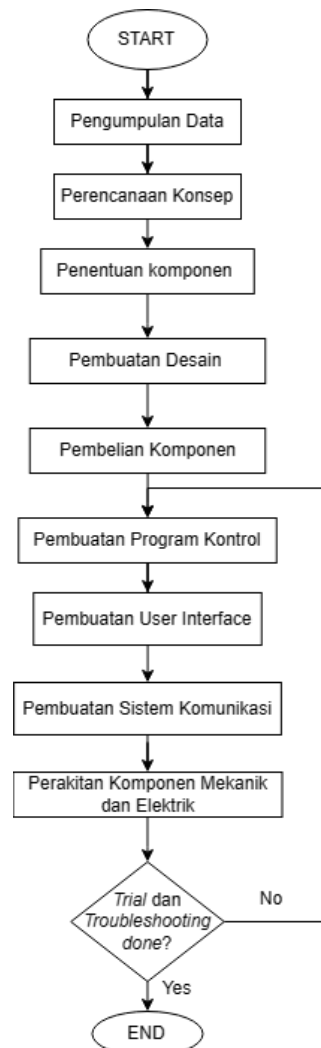
Proses penelitian pada SMART MINI GREENHOUSE memerlukan berbagai bahan dan peralatan sebagai bagian dari proses perancangan. Penelitian tersebut dilakukan secara sistematis guna mencapai tujuan dan rencana yang telah ditentukan.

2.1. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan metode analisis kuantitatif untuk menentukan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Referensi literatur digunakan sebagai landasan untuk mengembangkan perangkat yang didesain berdasarkan data-data lingkungan ideal dari literatur tersebut. Proses analisis melibatkan perbandingan hasil pembacaan sensor pH air dan sensor Nutrisi dengan alat ukur komersil untuk menghitung tingkat kesalahan.

2.2. Proses Penelitian

Proses Metode penelitian dijalankan melalui serangkaian tahapan yang tergambar dalam flowchart berikut:



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

2.2.1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mencari literasi mengenai *Greenhouse* dan mencari indikator ideal yang digunakan untuk melakukan perawatan tanaman yang akan ditanam pada *Smart Mini Greenhouse*. Proses pengumpulan data ini memiliki peran penting karena data yang terkumpul akan digunakan sebagai acuan dalam tahap uji coba dan evaluasi.

2.2.2. Perencanaan Konsep

Tahap perencanaan konsep *Smart Mini Greenhouse* dilakukan dengan merujuk pada data yang telah terkumpul guna menetapkan fitur-fitur serta tujuan penelitian yang akan dicapai. Dalam merancang matriks kebutuhan, data seperti daftar *requirement list* dari *customer* dan informasi dari berbagai sumber literasi digunakan untuk mengidentifikasi komponen yang diperlukan untuk membangun *Smart Mini Greenhouse*.

2.2.3. Penentuan Komponen

Tahap penentuan komponen yaitu mencari komponen yang spesifikasinya sesuai dengan kebutuhan. Dari segi konstruksi, *Smart Mini Greenhouse* menggunakan rangka aluminium dan *cover* akrilik. Komponen kelistrikan utama meliputi Arduino Mega, Raspberry Pi, modul relay, motor servo, pompa air, sensor suhu, sensor kelembapan, sensor pH, sensor ultrasonic dan sensor nutrisi. Pemilihan setiap komponen elektrik memperhatikan nilai tegangan, arus, dan fungsi dari komponen untuk mempermudah dalam perakitan.

2.2.4. Pembuatan Desain

Proses pembuatan desain mekanik menggunakan Solidworks 3D. Desain dibuat secara detail termasuk komponen yang digunakan dengan ukuran yang sesuai dengan ukuran benda. Posisi peletakkan komponen diatur sehingga panjang kabel penghubung dapat di minimalisir. Proses pembuatan desain PCB menggunakan EasyEDA dan dibuat mengikuti komponen yang terpasang pada PCB. Proses pembuatan *wiring diagram* menggunakan Solidworks Electrical dan standar yang digunakan sudah ditetapkan oleh ATMI.

2.2.5. Pembelian Komponen

Pembelian komponen dilakukan setelah menentukan komponen yang sesuai dan sudah dirancang tata letaknya. Pembelian komponen dilakukan secara bertahap dan komponen didapatkan secara beragam dari toko *offline* atau *online*.

2.2.6. Pembuatan Program Kontrol

Sistem kontrol pada *Smart Mini Greenhouse* menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai sistem kendali utama yang berfungsi untuk membaca hasil pembacaan dari sensor PH-4502C (pH), Rs485 (TDS), BME 280 (Suhu & Kelembapan), HC-SR04 (Ultrasonic) dan modul relay untuk mengendalikan mati dan nyala aktuator. Data pembacaan sensor dikirim menuju Raspberry Pi 3B+ melalui *Serial Communication* menggunakan format data JavaScript Object Notation (JSON).

2.2.7. Pembuatan User Interface

User Interface pada Rancang Bangun *Smart Mini Greenhouse* menggunakan *environment* pemrograman visual yaitu Node red. Node red akan menampilkan *user interface* dengan menggunakan browser pada HDMI, selain itu *user interface* dapat diakses melalui perangkat yang terhubung di jaringan internet yang sama dengan menggunakan link yang disediakan. *User interface* memiliki empat tab yang digunakan untuk monitoring, controlling, dan setting.

2.2.8. Pembuatan Sistem Komunikasi

Sistem Komunikasi diperlukan untuk menghubungkan pengiriman data antara kontroler (Raspberry Pi) dengan *user interface*. Platform yang digunakan untuk media komunikasi adalah node red yang juga berfungsi sebagai penyedia *user interface*. *Serial communication* digunakan sebagai jalan keluar masuk data. komunikasi serial diakomodasi dengan perangkat keras berupa level shifter dan Json sebagai format pengiriman data antar perangkat. Json dipilih karena dapat mengirim beberapa data kedalam sebuah format yang dapat dibongkar dan disusun yang dilengkapi dengan *key topic* untuk mengidentifikasi data.

2.2.9. Perakitan Komponen Mekanik dan Elektrik

Tahapan proses *assembly* sebagai berikut:

1. Perakitan setiap batang rangka aluminium membentuk konstruksi sesuai dengan desain 3D yang telah dibuat.
1. Pemasangan seluruh part akrilik meliputi *cover*, *base*, dan dudukan.
2. Pemasangan komponen elektrik dan *wiring* komponen.
3. Pemasangan selang pada pompa air.
4. Pemberian label untuk tanda pada kabel dan selang.
5. Pengisian air bersih pada tangki.
6. Peletakan botol cairan nutrisi dan pH sesuai dengan selang yang telah diberi label.
7. Peletakkan tanaman pada *Smart Mini Greenhouse*.

2.2.10. Trial dan Troubleshoot

Proses *trial* dilakukan setelah proses *wiring* pada komponen kelistrikan. Pengujian dilakukan untuk membuktikan bahwa komponen dapat bekerja. Proses *troubleshoot* dilakukan ketika terdapat komponen yang tidak berfungsi. Proses pengecekan meliputi pengecekan tegangan, kondisi kabel, dan kesesuaian dalam penyambungan kabel. Setelah proses *troubleshoot* akan dilakukan lagi proses *trial* untuk mengetahui perubahan yang terjadi. Kedua proses akan diulangi sampai menunjukkan hasil yang sesuai dengan fungsinya.

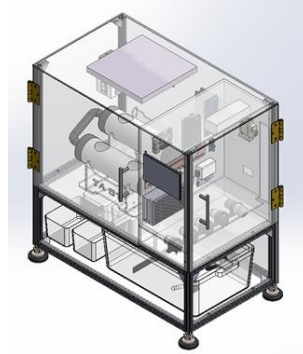
Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian fungsi sistem operasi program yang telah dibuat sesuai dengan rancangan program. Kesalahan sistem yang terjadi akan ditanggulangi dengan pengecekan program kontrol dan ui, analisis kesalahan program, dan repair program. *Trial* dan *troubleshoot* diperlukan untuk meningkatkan akurasi, kestabilan dan konsistensi sistem serta menciptakan sinkronisasi antara aspek program, aspek elektrik dan aspek mekanik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengerjaan Smart Mini Greenhouse dibuktikan oleh beberapa poin, diantaranya:

3.1. Sistem Mekanik

Desain mekanik pada *Smart Mini Greenhouse* yang sebagai berikut:



Gambar 2. Desain Rancangan Smart Mini Greenhouse

Pembuatan desain *Smart Mini Greenhouse* dibuat menggunakan *software* Solidworks 3D. Dalam pembuatan desain, bentuk dan ukuran dibuat sesuai dengan komponen asli. Perakitan bagian mekanik terbagi dalam 3 tahapan yaitu perakitan rangka, perakitan akrilik, dan pemasangan komponen. Material rangka menggunakan aluminium profile 2020 dengan rincian 4 rangka sepanjang 700 mm yang disusun secara vertikal, 4 rangka sepanjang 660 mm yang disusun secara horizontal, dan 4 rangka sepanjang 360 mm yang disusun secara horizontal. Material yang digunakan pada *base*, *cover*, pintu, dudukan pot, tangki *humidifier*, panel box, dan tempat pompa menggunakan akrilik transparan dengan tebal 3 mm dan 5 mm. Setelah rangka dan akrilik dirakit, komponen dipasang pada setiap bagian yang sudah dirancang sebelumnya. Komponen yang dipasang meliputi komponen kelistrikan, tempat penanaman, dan tempat pengairan.

3.2. Sistem Kelistrikan

Sumber kelistrikan utama dari *Smart Mini Greenhouse* adalah listrik PLN 220 VAC yang didistribusikan ke komponen kelistrikan. Komponen yang memerlukan tegangan DC akan mendapatkan suplai dari *power supply* dan adaptor. Pemilihan nilai arus MCB sesuai hasil perhitungan arus komponen sebagai berikut.

3.2.1. Power supply 12 V

$$\text{Peristaltic pump} = 0.25A \times 3 = 0.75A$$

$$\text{Water pump} = 0.5A \times 1 = 0.5A$$

$$\text{Fan} = 0.2A \times 1 = 0.2A$$

$$\text{Boost converter} = \frac{24V \times 1A}{12V \times 94\%} = 2.13A$$

$$\text{Total arus(DC)} = 0.75 + 0.5 + 0.2 + 2.13 = 3.58A$$

$$\text{Total daya} = 12V \times 3.58A = 42.96W$$

$$\text{Total arus(AC)} = \frac{42.96}{200} = 0.215A$$

3.2.2. Adaptor 9V (Arduino)

$$\begin{aligned} \text{Module relay} &= 0.07A \times 7 = 0.49A \\ \text{Sensor ultrasonic} &= 0.015A \times 5 = 0.075A \\ \text{Motor servo} &= 0.35A \\ \text{Modul pH} &= 0.01A \\ \text{Modul TDS} &= 0.02A \\ \text{Sensor BME} &= 0.001A \end{aligned}$$

Total arus (DC) = $0.49 + 0.075 + 0.35 + 0.01 + 0.02 + 0.001 = 0.945 A$ Total arus(DC) = $0.49 + 0.075 + 0.35 + 0.01 + 0.02 + 0.001 = 0.945A$

$$\text{Total daya} = 9V \times 0.945 = 8.505W$$

$$\text{Total arus(AC)} = \frac{8.505}{200} = 0.043A$$

3.2.3. Adaptor 5V (Raspberry Pi)

$$\begin{aligned} \text{Raspberry Pi} &= 0.35A \\ \text{LCD Waveshare} &= 0.55A \end{aligned}$$

$$\text{Total arus(DC)} = 0.35 + 0.55 = 0.9A$$

$$\text{Total daya} = 5V \times 0.9A = 4.5W$$

$$\text{Total arus(AC)} = \frac{4.5}{200} = 0.023A$$

3.2.4. Growlight

$$\text{Growlight} = 45W$$

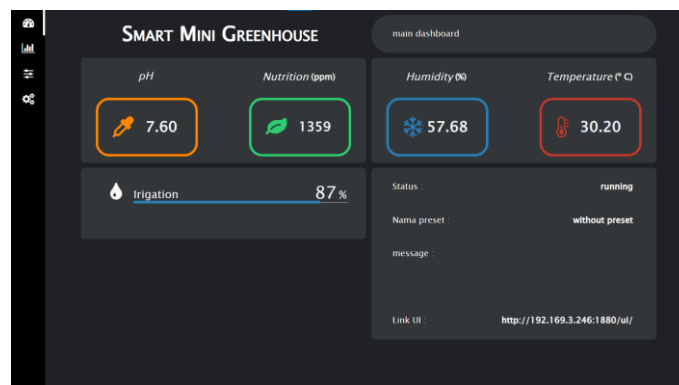
$$\text{Total arus} = 45/200 = 0.225 A \text{ Total arus} = \frac{45}{200} = 0.225A$$

3.2.5. Total Kebutuhan Arus MCB

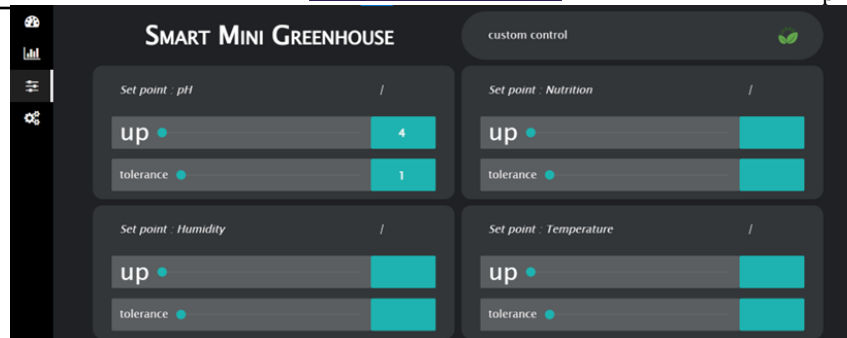
Total arus keseluruhan = $0.215 + 0.043 + 0.023 + 0.225 = 0.506A \times 1.25 = 0.633A$
Berdasarkan varian MCB yang tersedia di pasaran, nilai arus MCB yang dipakai adalah 1 A.

3.3. User Interface

Desain website pada Smart Mini Greenhouse menggunakan framework bootstrap sebagai berikut:



Gambar 3. Desain dashboard utama Smart Mini Greenhouse



Gambar 4. Desain tab Control Smart Mini Greenhouse

Gambar 3 dan 4 menunjukkan tampilan *user interface* Smart Mini Greenhouse. Website pada Smart Mini Greenhouse memiliki fitur-fitur seperti:

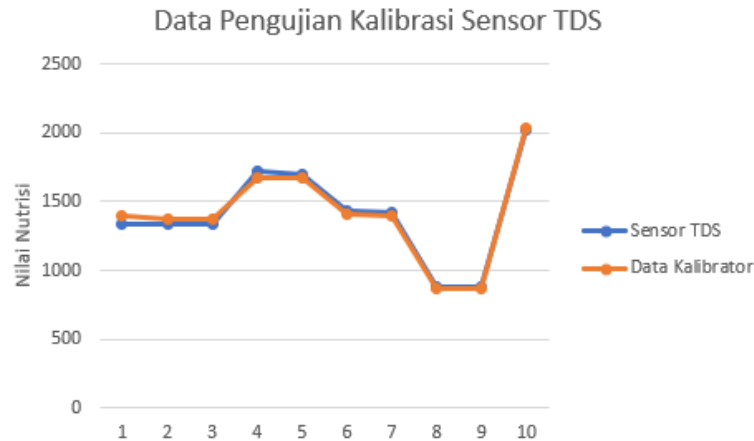
1. System monitoring hasil output sensor
2. System monitoring dalam grafik beserta set point bandingannya
3. Memiliki sistem notifikasi yang terjadi karena hal yang tidak dimungkinkan terjadi
4. Memiliki fitur pengaturan parameter dan save setting
5. Memiliki fitur backup data untuk parameter yang digunakan user
6. Dapat diakses dengan perangkat yang menggunakan jaringan yang sama
7. Dapat melakukan penjadwalan nyala lampu dan mati lampu
8. Input parameter yang digunakan user tersimpan sebagai sebagai backup data
9. Pause sistem otomatis

3.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Proses pengujian Smart Mini Greenhouse terbagi menjadi dua tahap. Pertama, dilakukan pengujian kalibrasi sensor, di mana sensor-sensor diatur untuk memberikan hasil yang akurat dan sesuai. Tahap kedua melibatkan pengujian sistem kendali otomatis, di mana mencari nilai *error* untuk menentukan nilai toleransi yang tepat untuk sistem dapat menagtur kondisi pada cairan. Pengujian sensor TDS dilakukan dengan menggunakan alat ukur TDS-3 Digital yang sudah terkalibrasi. Sensor pH air diuji berdasarkan perbandingan dengan alat ukur pH Meter Digital yang telah diatur ulang sesuai standar. Detail dari berbagai pengujian ini akan dijelaskan lebih lanjut dalam data di bawah ini:

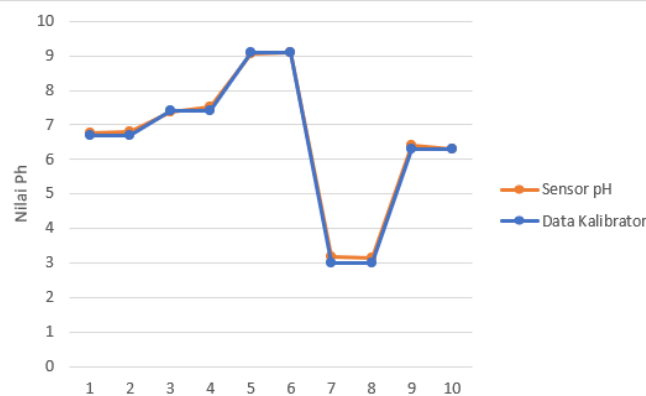
3.5. Data Kalibrasi Sensor

Metode penanaman hidroponik, terdapat dua faktor yang harus diperhatikan yaitu kandungan nutrisi dalam larutan dan tingkat keasaman (pH) dari air tersebut. Kedua faktor ini memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik. Karena itulah, penting untuk melakukan pemantauan secara rutin terhadap kedua faktor ini guna mencapai hasil pertumbuhan tanaman yang optimal. Untuk memastikan akurasi pengukuran, diperlukan pengujian kalibrasi pada sensor-sensor yang digunakan. Tujuannya adalah untuk meminimalkan kesalahan (*error*) dalam nilai yang diukur oleh sensor sehingga mendekati nilai sebenarnya. Dengan demikian, kendali terhadap kandungan nutrisi dan pH dalam larutan dapat lebih tepat dan menghasilkan lingkungan yang mendukung pertumbuhan optimal bagi tanaman hidroponik.



Gambar 4. Data Pengujian Kalibrasi Sensor TDS

Pengujian pembacaan sensor nutrisi menampilkan perbandingan hasil kalibrasi sensor TDS yang diterapkan di *Smart Mini Greenhouse* dengan perangkat kalibrator TDS-3 Digital. Grafik dalam Gambar 4 menunjukkan bahwa sensor TDS pada *Smart Mini Greenhouse* telah sukses dikalibrasi dan nilainya sesuai dengan standar kalibrator TDS, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 1,85%.



Gambar 5. Grafik Pengujian Kalibrasi Sensor pH

Gambar 5 menunjukkan data perbandingan hasil kalibrasi sensor pH yang digunakan di dalam *Smart Mini Greenhouse* dengan alat kalibrator berupa pH Meter Digital. berdasarkan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa sensor pH pada *Smart Mini Greenhouse* telah dikalibrasi dan hasil pengujian pembacaan sensor pH menunjukkan persentase *error* rata-rata sebesar 1,70%

3.6. Data Sistem Kendali Otomatis

Smart Mini Greenhouse memiliki fitur kendali otomatis, sistem akan aktif ketika nilai pembacaan sensor tidak sesuai dengan nilai *set point* yang telah di atur pada *user interface*. hasil sistem kendali otomatis dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

a. Kendali Otomatis pH Asam dan Basa

Percobaan Setpoint cairan pH Basa					
pH ideal	Target Ph	Δt	pH Terukur	Selisih	Error (%)
6,5	7	11	8,1	1,1	15,71
6,5	7,5	22	9,3	1,8	24,00
6,5	8	33	9,7	1,7	21,25
6,5	8,5	44	10,1	1,6	18,82
6,5	9	56	10,4	1,4	15,56
6,5	9,5	67	10,6	1,1	11,58
6,5	10	78	10,8	0,8	8,00
6,5	10,5	89	10,8	0,3	2,86
6,5	11	100	11,2	0,2	1,82
Error Rata-rata (%)					13,29

Gambar 6. Uji Kendali pH Basa

Percobaan Setpoint cairan pH Asam						
pH Awal	Target Ph	selisih Ph	Δt	pH Terukur	Selisih	Error (%)
6,5	6	0,5	12	5,9	0,1	1,67
6,5	5,5	1	24	4,6	0,9	16,36
6,5	5	1,5	36	2,8	2,2	44,00
6,5	4,5	2	48	2,9	1,6	35,56
6,5	4	2,5	60	2,8	1,2	30,00
6,5	3,5	3	71	2,8	0,7	20,00
6,5	3	3,5	83	2,7	0,3	10,00
6,5	2,5	4	95	2,4	0,1	4,00
6,5	2	4,5	107	2,3	0,3	15,00
Error Rata-rata (%)						19,62

Gambar 7. Uji Kendali pH Asam

Hasil pengambilan data kontrol pH basa didapat *Error* rata-rata sebesar 13,29% dan *Error* rata-rata kontrol pH asam sebesar 19,62%. Data rata-rata *error* kemudian digunakan sebagai referensi aman dalam menetapkan batas toleransi untuk pengendalian otomatis pompa peristaltik pH. Batas toleransi minimal yang bisa dicapai oleh sistem untuk mengatur kondisi basa sebesar 14% dan batas toleransi kondisi asam sebesar 20%.

b. Kendali Otomatis Nutrisi

Percobaan Setpoint cairan Nutrisi					
Nutrisi Air Baku	Target Nutrisi	Δt	Nutrisi Terukur	Selisih	error (%)
194	300	3	304	4	1,33
194	400	6	434	34	8,50
194	500	9	527	27	5,40
194	600	13	696	96	16,00
194	700	16	794	94	13,43
194	800	19	936	136	17,00
194	900	22	1030	130	14,44
194	1000	25	1120	120	12,00
194	1100	28	1970	870	79,09
194	1200	31	1300	100	8,33
194	1300	34	1380	80	6,15
Error Rata-rata (%)					16,52

Gambar 8. Percobaan SetPoint Nutrisi

Hasil pengambilan data kontrol nutrisi didapat *Error* rata-rata sebesar 16,52%. Data rata-rata *error* sebesar 16,52% kemudian digunakan sebagai referensi aman dalam menetapkan batas toleransi untuk pengendalian otomatis pompa peristaltik nutrisi. Batas toleransi minimal yang bisa dicapai oleh sistem untuk mengatur nutrisi sebesar 17%.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Kontrol otomatis pH memiliki batas toleransi minimal yang bisa dicapai oleh sistem untuk mengatur kondisi basa sebesar 14% dan batas toleransi kondisi asam sebesar 20%.
2. Kontrol otomatis nutrisi memiliki batas toleransi minimal yang bisa dicapai oleh sistem untuk mengatur nutrisi sebesar 17%.
3. Persentase *error* pembacaan sensor pH sebesar 1,76% dan pembacaan sensor TDS sebesar 3,71%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil bacaan dari sensor pH dan TDS mendekati akurasi alat ukur komersial yang sudah ada.
3. Kendali Otomatis berhasil mencapai nilai sesuai dengan pengaturan set point yang terdapat pada *user interface*.
4. Alat Smart Mini Greenhouse dapat mengatur nilai batas atas-bawah suhu, kelembapan, nilai nutrisi dan pH air.
5. Alat Smart Mini Greenhouse memiliki notifikasi pada website.

DAFTAR PUSTAKA

- Bartien, S., Fadjar, W., Sahala, T. S., Soemarjanto, Djoni, S. S., Sahat, S., 2014, *Penjelasan PUIL 2011*, Ed. 2014, BSN, Jakarta.
- Paul, N., 1998, *An Imaginary Tale: The story of $\sqrt{-1}$* 1998, Princeton University Press, New Jersey.
- agroteknologi.uma.ac.id. Empat Hal Yang Dibutuhkan Oleh Tumbuhan: Unsur Fotosintesis, 24 February 2021, [diakses pada 26 November 2022]. <https://agroteknologi.uma.ac.id/2021/02/24/empat-hal-yang-dibutuhkan-oleh-tumbuhan/>
- www.pertanian.go.id. (2012, 29 September). Kementan: Urban Farming Dukung Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. Diakses pada 06 Desember 2022, dari <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4691>