

Sistem Kendali Parameter Suhu dan Nutrisi Tanaman Bawang Putih pada Aeroponik menggunakan Metode *Artificial Neural Network* berbasis Arduino Uno

Rizki Cahya Arasy¹, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan², Hurriyatul Fitriyah³

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: ¹arasoo@student.ub.ac.id, ²hanas.hanafi@ub.ac.id, ³hfitriyah@ub.ac.id

Abstrak

Pertanian adalah salah satu mata pencaharian penting karena pertanian memiliki peran untuk memenuhi kebutuhan. Pertanian memiliki berbagai cara tanam, salah satunya adalah Aeroponik yang merupakan metode bercocok tanam menggunakan udara sebagai pengganti media tanah. Umbi-umbian seperti bawang putih merupakan tanaman yang cocok untuk Aeroponik karena kebutuhan yang sederhana. Suhu dan nutrisi merupakan parameter yang berperan penting. Suhu perlu dijaga dari 25 sampai 32 derajat celsius, sedangkan nutrisi perlu dijaga dari 1000 sampai 1200 ppm. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem untuk melakukan pemantauan dan kontrol pada suhu dan nutrisi bawang putih Aeroponik. Sistem juga menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan untuk melakukan prediksi berapa lama durasi pompa dan kipas. Sistem menggunakan Arduino UNO, TDS Meter dan DS18B20. Model JST diimplementasikan pada sistem dan dilakukan pelatihan dengan 24 dataset untuk suhu dan 24 dataset untuk TDS. Sistem diuji untuk akurasi TDS Meter (Sensor Nutrisi) dengan hasil sebesar 91% dan DS18B20 (Sensor Suhu) dengan hasil sebesar 94%. Model JST pada sistem mendapatkan nilai MAPE sebesar 0,129 dari perbandingan dengan kondisi aktual.

Kata kunci: sistem, kendali, suhu, nutrisi, aeroponik, bawang putih, jaringan syaraf tiruan.

Abstract

Farming is one of the important livelihoods as it plays a role in fulfilling needs. Agriculture has various cultivation methods, one of which is Aeroponics, a method of growing plants using air as a substitute for soil. Root vegetables like garlic are suitable for Aeroponics due to their simple requirements. Temperature and nutrients are essential parameters. Temperature should be maintained between 25 to 32 degrees Celsius, while nutrient should be maintained between 1000 to 1200 ppm. Therefore, the aim of this research is to create a system for monitoring and controlling the temperature and nutrient levels in Aeroponic garlic cultivation. The system also utilizes Artificial Neural Network (ANN) method to predict the duration of pump and fan operations. The system using Arduino UNO, TDS Meter, and DS18B20. The ANN model implemented to system and trained with 24 datasets for temperature and 24 datasets for nutrient. The system is tested for the accuracy of the TDS Meter (Nutrient Sensor) with a result of 91% and the DS18B20 (Temperature Sensor) with a result of 94%. The ANN model achieves a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 0.129 compared to actual conditions.

Keywords: system, control, temperature, nutrient, aeroponics, garlic, artificial neural network.

1. PENDAHULUAN

Pertanian adalah salah satu mata pencaharian sebagian masyarakat desa yang semakin lama semakin berkembang seiring perkembangan zaman. Sistem pertanian memiliki berbagai cara untuk mengembangkan suatu tanaman agar tumbuh subur dan salah satunya menggunakan Aeroponik. Aeroponik

yaitu media tanam tanpa menggunakan tanah sebagai medianya melainkan menggunakan udara untuk meningkatkan produktivitas pada tanaman. Kunci keunggulan aeroponik adalah oksigenisasi dari tiap butiran kabut halus larutan hara akan menghasilkan banyak energi (Sariayu, 2017).

Aeroponik merupakan metode tanam yang cocok untuk tanaman seperti umbi-umbian,

salah satunya adalah Bawang Putih. Kebutuhan bawang putih yang sederhana, seperti suhu dan nutrisi sangatlah berperan sangat penting untuk bawang putih pada Aeroponik. Maka dari itu metode ini memerlukan pengecekan suhu ruang tanam jangan sampai melebihi 32 derajat celcius atau di bawah 25 derajat celcius. Tingkat nutrisi yang diberikan kepada bawang putih selalu berubah setiap usia tanaman bertambah. Namun, 1000-1200 ppm merupakan parameter optimal untuk kondisi nutrisi pada bawang putih (Iqbal, Muhammad. 2020). Jika dua faktor tersebut terjaga dengan baik, maka tanaman akan subur hingga masa panen (Simbolan, Shamora D., Ernita., dan Nur, M. 2018).

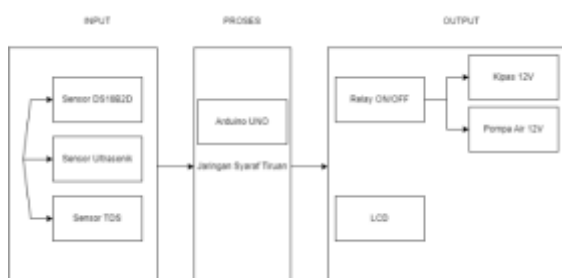
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem kendali untuk parameter suhu dan nutrisi dengan menggunakan metode Artificial Neural Network (ANN) bagi pertumbuhan tanaman bawang putih. Dengan mengimplementasikan ANN, sistem kendali ini diharapkan mampu melakukan prediksi pada durasi pompa dan suhu. ANN diharapkan dapat memberikan hasil yang akurat dan efisien dalam mengatur parameter suhu dan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman bawang putih.

Sistem yang dikembangkan akan memiliki fungsi untuk membaca kondisi suhu dan nutrisi tanaman, menampilkan hasil pembacaan suhu dan nutrisi, melakukan prediksi durasi untuk pompa dan kipas dan menyalakan pompa dan kipas berdasarkan prediksi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Gambaran Umum Sistem

Sistem memiliki gambaran umum seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

Berdasarkan Gambar 1 terdapat tiga blok urutan proses sistem, yaitu:

1. Input

Pada bagian yang pertama yaitu input adalah bagian pada sistem untuk dapat menerima

data yang berasal dari 3 buah sensor yaitu Sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu pada media tanam, Sensor Ultrasonik untuk mengukur volume pada nutrisi yang dibutuhkan dan yang terakhir adalah sensor TDS untuk mendapatkan nilai pada PPM nutrisi. Data-data yang diterima oleh sistem dari sensor-sensor tersebut akan dikirim ke bagian pemrosesan.

2. Proses

Pada bagian yang kedua dari sistem ini merupakan bagian proses yang merupakan bagian untuk melakukan proses pada data-data yang sudah diterima dari keempat sensor tersebut yang akan digunakan untuk parameter. Data-data yang sudah didapat akan diproses menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau Artificial Neural Network (ANN) untuk bahan pelatihan.

3. Output

Bagian terakhir dari sistem kali ini merupakan Output atau keluaran yang merupakan hasil dari langkah-langkah sebelumnya. Hasil tersebut akan ditampilkan pada LCD I2C 16x2 yang akan menampilkan dari Sensor Ultrasonik berupa jarak dalam satuan centimeter (cm), sensor suhu DS18B20 dengan satuan Celcius(°C) dan yang terakhir dari sensor TDS yang akan menampilkan Value dari kadar PPM.

2.2. Perancangan Sistem

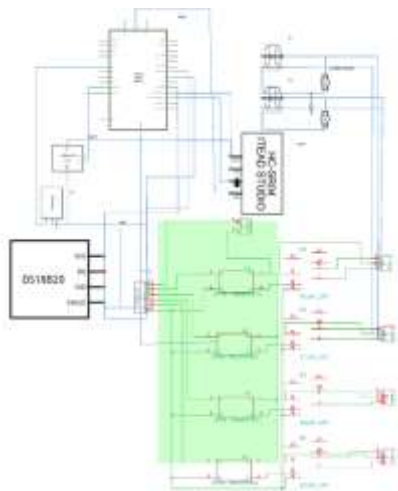
Perancangan sistem adalah tahap untuk mendefinisikan bagaimana sistem akan diimplementasikan. Rancangan sistem dibuat berdasarkan gambaran umum sistem. Gambar 2 menjabarkan bagaimana diagram alir perancangan sistem.

Dari Gambar 3 terlihat perancangan perangkat sistem merupakan tahapan yang pertama, tahapan ini akan dilakukan perancangan input, output dan prototype sistem. Selanjutnya tahap kedua merupakan perhitungan matematis menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, pada tahap ini fungsi parameter dari setiap input mulai dari sensor suhu dan sensor tds sebagai sensor nutrisi serta juga melakukan implementasi fungsi keanggotan input pada mikrokontroler. Pada tahap ketiga yaitu penerapan arsitektur dari Jaringan Syaraf Tiruan untuk perhitungan matematis dari kedua parameter sensor yaitu (x) dan parameter (y) sebagai setpoint untuk pencatatan waktu pada masing masing sensor dan yang terakhir pada

penelitian ini merupakan penerapan perangkat sistem dan MATLAB, pada tahap ini MATLAB akan menggunakan arsitektur yang sudah dirancang sebelumnya.

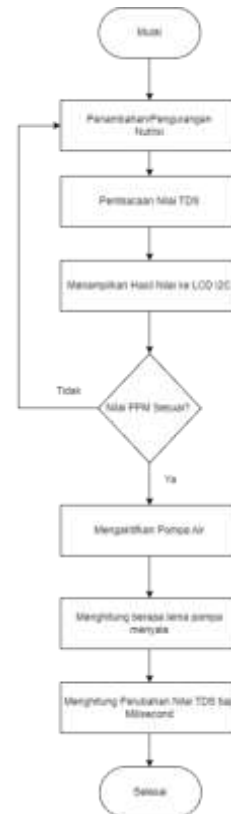


Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Sistem



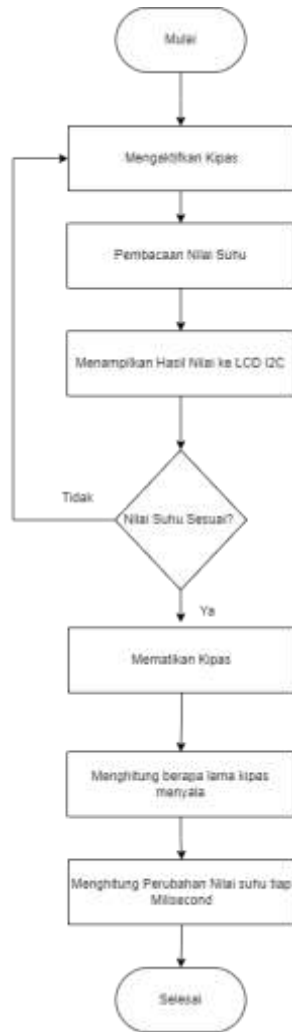
Gambar 3. Diagram Skematik Sistem

Gambar 3 menunjukkan perancangan perangkat keras dalam bentuk diagram skematik sistem agar sistem dapat dibangun sesuai kebutuhan yang diharapkan.



Gambar 4. Diagram Alir Perangkat Lunak DS18B20

Pada Gambar 4 menunjukkan bagaimana sistem dimulai dari penambahan atau pengurangan zat Nutrisi AB mix untuk nutrisi Bawang Putih, hal ini dilakukan untuk memberikan nilai nutrisi sesuai dengan kebutuhan bawang putih, lalu sensor TDS akan membaca kadar nutrisi yang sudah dilarutkan ke dalam air dan akan ditampilkan nilai TDS ke dalam LCD I2C 20x4. Jika kadar nutrisi kurang maka akan ditambahkan larutan AB sehingga nilai TDS dapat mencapai setpoint begitu juga jika kandungan nutrisi berlebih maka kandungan AB akan dikurangi sampai nilai TDS akan mencapai setpoint. Jika semua procedure sudah dilakukan maka pompa yang terhubung dengan Nozzle Mist akan mulai menyembrotkan nutrisi dan akan menghitung berapa lama pompa menyala serta akan menghitung perubahan TDS setiap millisecond.



Gambar 5. Diagram Alir Perangkat Lunak TDS

Gambar 5 Menunjukkan bagaimana sensor DS18B20 bekerja, dimulai dari mengaktifkan kipas terlebih dahulu lalu sensor DS18B20 akan membaca suhu dalam ruang media tanam dan akan menampilkan nilai suhu pada LCD I2C. jika nilai suhu tidak sesuai pada kriteria tanaman dapat tumbuh maka kipas akan dinyalakan terus menerus sampai suhu dapat memenuhi kriteria bawang putih untuk dapat tumbuh pada media tanam aeroponik, jika nilai suhu sudah mencapai setpoint maka kipas akan berhenti berputar lalu sistem akan mulai menghitung berapa lama kipas menyala dan menghitung perubahan suhu setiap millisecond.

$$z = w^1 \cdot x^1 + w^2 \cdot x^2 + b$$

$$a = f(z) \tag{1}$$

Keterangan:

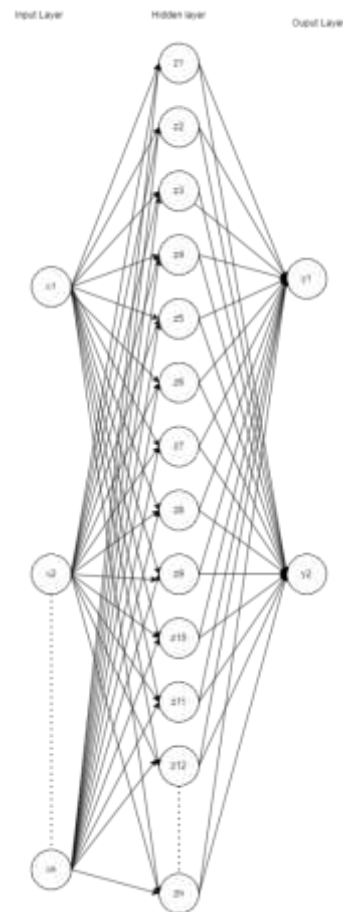
$w = \text{bobot}$

$x = \text{input}$

$b = \text{bias}$

$f = \text{sigmoid atau ReLU}$

Persamaan 1 menunjukkan bagaimana proses perhitungan dari suatu neuron pada JST. JST terdiri dari beberapa neuron yang tergabung dalam *layer*. Model atau arsitektur JST akan mempengaruhi hasil pelatihan dan pengujian, maka dari itu pada penelitian ini akan menggunakan dua buah input, 12 neuron *hidden layer* dan 2 buah output, di mana x_1 dan x_2 merupakan input sensor, z_1 hingga z_{12} merupakan neuron pada hidden layer dan yang terakhir adalah y_1 dan y_2 yang merupakan output prediksi dari masing masing aktuator seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Arsitektur JST

2.3. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan berdasarkan rancangan sebelumnya yang telah disusun. Proses implementasi sistem ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak. Implementasi perangkat keras melibatkan pemasangan dan pengaturan komponen fisik yang diperlukan dalam sistem, sedangkan

implementasi perangkat lunak melibatkan pengembangan dan penerapan program-program yang akan dijalankan pada perangkat keras. Gambar 7 menunjukkan implementasi perangkat keras sistem.



Gambar 7. Implementasi Sistem

Dari Gambar 7, sistem sudah diimplementasikan secara keseluruhan di mana tiap komponen telah dirangkai berdasarkan rancangan yang telah dibuat termasuk program perangkat lunak sistem yang dibuat berdasarkan perancangan perangkat lunak. Implementasi berikutnya adalah untuk pelatihan model JST. Tahap pertama adalah untuk menyiapkan *dataset* untuk pelatihan model JST.

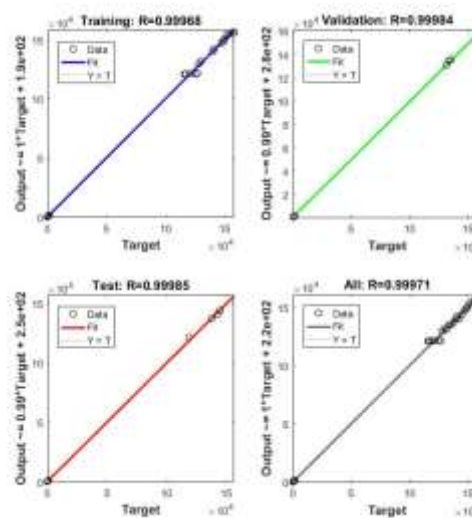
Tabel 1. *Dataset*

No.	Suhu (°C)	Nutrisi (PPM)	Durasi Kipas (millisecond)	Durasi Pompa (millisecond)
1	35.38	150	161000	1500
2	35.13	165	158000	1450
3	34.75	180	157000	1400
4	34.38	201	155000	1350
5	33.81	219	152000	1300
6	33.44	254	150000	1250
7	33.19	317	149000	1150
8	32.94	350	147000	1100
9	32.69	436	145000	1000
10	32.5	484	143000	950
11	32.25	570	141000	850
12	32.13	700	140000	800
13	31.94	763	138000	700
14	31.81	791	136000	650
15	31.69	828	134000	550
16	31.5	838	132000	500

17	31.44	894	130000	400
18	31.31	945	128000	350
19	31.25	1020	127000	250
20	31.12	1030	125000	200
21	31	1090	121000	100
22	30.94	1100	119000	50
23	30.87	1130	117000	35
24	30.81	1150	116000	25

Tabel 1 menunjukkan *dataset* untuk parameter suhu dan parameter nutrisi yang digunakan untuk pelatihan model JST. *Dataset* terdapat 24 data untuk kondisi suhu dan kondisi nutrisi (TDS) untuk durasi kipas dan pompa menyala..

Model JST dilakukan pelatihan dengan *dataset* tersebut dengan parameter; 75%:15%:15% *data splitting*, 12 neuron, Levenberg-Marquardt. Pelatihan menghasilkan model dengai evaluasi nilai R keseluruhan sebesar 0.99 di mana nilai R yang ideal adalah 1 karena semakin dekat nilai R dengan 1, maka model dapat melakukan prediksi dengan baik. Evaluasi model JST terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Evaluasi Model JST

3. HASIL DAN PENGUJIAN

Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi input dari sensor TDS, dan suhu. Nilai-nilai input sensor akan dibandingkan dengan nilai input yang diambil menggunakan alat ukur yang sesuai. Selanjutnya, akan dilakukan pengujian untuk model JST.

3.1. Pengujian Akurasi Sensor TDS

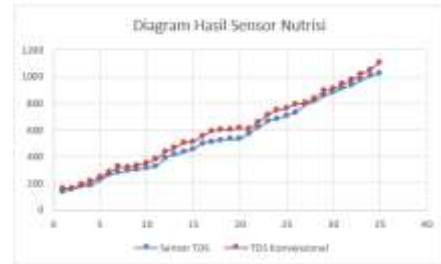
Sensor TDS merupakan bagian dari sistem

yang digunakan untuk mengukur tingkat padatan atau partikel dalam air. Pengujian sensor TDS untuk nutrisi dilakukan dengan melakukan pengujian langsung pada sensor nutrisi yang digunakan dan membandingkan dengan alat pengukur nutrisi secara konvensional yaitu TDS&EC Meter

Tabel 3. Hasil Pengujian Akurasi Sensor TDS

No	Sensor TDS Meter (PPM)	Alat Ukur TDS Konvensional (PPM)	Akurasi (%)
1.	130	160	81%
2	152	158	96%
3	173	188	92%
4	182	211	86%
5	224	245	91%
6	261	280	93%
7	280	323	87%
8	294	317	93%
9	300	330	91%
10	312	350	89%
11	325	377	86%
12	385	431	89%
13	413	464	89%
14	432	502	86%
15	454	510	89%
16	498	551	90%
17	510	590	86%
18	521	599	87%
19	529	601	88%
20	531	611	87%
21	570	605	94%
22	616	656	94%
23	663	711	93%
24	680	744	91%
25	706	761	93%
26	731	790	93%
27	787	799	98%
28	813	833	98%
29	854	891	96%
30	880	905	97%
31	911	940	97%
32	934	972	96%
33	971	1015	96%
34	1002	1050	95%
35	1024	1105	93%
Rata-rata			91%

Tabel 3 mencantumkan 30 kali pengujian yang dilakukan untuk membaca nilai TDS menggunakan sensor TDS pada sistem dan alat ukur TDS. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pembacaan antara alat ukur TDS dan sensor TDS pada sistem. Alat ukur TDS digunakan sebagai acuan untuk membandingkan hasil pembacaannya dengan hasil yang diperoleh dari sensor TDS pada sistem.



Gambar 9. Diagram Hasil Pengujian Sensor Nutrisi

Dalam rangka membandingkan sensor TDS pada sistem dengan alat ukur TDS, setelah melakukan 30 kali pengujian, nilai rata-rata dari perbandingan tersebut ditemukan sebesar 91%. Dengan diagram hasil seperti pada Gambar 9.

3.2. Pengujian Akurasi Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan bagian dari sistem yang digunakan untuk mengukur suhu dalam air. Pengujian sensor DS18B20 untuk suhu dilakukan dengan melakukan pengujian langsung pada sensor suhu yang digunakan dan membandingkan dengan alat pengukur nutrisi secara konvensional yaitu termometer.

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi Sensor DS18B20

No	Sensor DS18B20 (°C)	Termometer Konvensional (°C)	Akurasi (%)
1	33.80	35.6	95%
2	33.56	35.3	95%
3	33.05	35.0	94%
3	31.67	34.8	91%
5	31.12	34.2	91%
6	30.72	33.7	91%
7	30.44	33.0	92%
8	30.12	32.9	92%
9	29.56	32.5	91%
10	29.31	32.2	91%
11	29.00	31.8	91%
12	28.87	32.5	89%
13	28.50	32.2	89%
14	28.37	30.4	93%
15	27.81	29.6	94%
16	27.06	29.0	93%
17	27.00	29.0	93%
18	26.88	28.8	93%
19	26.54	28.8	92%
20	26.44	28.1	94%
21	26.37	27.6	96%
22	25.81	28.9	89%
23	25.31	26.6	95%
24	25.11	25.8	97%
25	25.00	25.5	98%
26	24.78	25.5	97%
27	24.30	25.1	97%
28	24.12	24.8	97%
29	24.08	24.7	97%
30	24.00	24.5	98%
Rata-rata			94%

Tabel 4 mencantumkan 30 kali pengujian yang dilakukan untuk membaca nilai suhu menggunakan sensor DS18B20 pada sistem dan termometer. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pembacaan antara alat ukur suhu atau termometer dengan sensor DS18B20 pada sistem. Alat ukur suhu atau termometer digunakan sebagai acuan untuk membandingkan hasil pembacaannya dengan hasil yang diperoleh dari sensor DS18B20 pada sistem.



Gambar 10. Diagram Hasil Pengujian Sensor Suhu

Dalam rangka membandingkan sensor DS18B20 untuk suhu pada sistem dengan alat ukur suhu atau termometer, setelah melakukan 30 kali pengujian, nilai rata-rata dari perbandingan tersebut ditemukan sebesar 94%. Dengan diagram hasil seperti pada Gambar 10.

3.3. Pengujian Model JST Untuk Prediksi Waktu dari Sensor

Pengujian hasil prediksi dari Jaringan Syaraf tiruan akan membandingkan waktu prediksi durasi kipas 12V yang sudah dihasilkan oleh JST dan akan dibandingkan dengan waktu aktual yang telah diuji secara langsung.

Tabel 5. Hasil Prediksi waktu JST

Nutrisi (PPM)	Suhu (°C)	Durasi Aktual (Milisecond) At	Durasi Prediksi (Milisecond) Ft	At-Ft	(At-Ft /At)
1019	27.12	17852749	16719618	1133131	0.06347095
963	27.06	17627545	16734084	893461	0.0506855
847	26.94	17638020	11314540	6323480	0.35851416
811	26.87	17549036	16876521	672515	0.03832205
794	26.81	17558111	11317846	6240265	0.3554064
751	26.44	18263353	16843992	1419361	0.07771634
602	26.37	18281246	16890968	1390278	0.07604941
535	26.31	18304628	16872296	1432332	0.07824972
530	25.94	18313729	16988559	1325170	0.07235938
505	25.81	18315203	16984071	1331132	0.07267907
469	25.56	18323796	17070737	1253059	0.06838425
454	25.50	18677151	17084298	1592853	0.08528351
408	25.31	18839119	17124743	1714376	0.09100086
400	25.19	19390055	17151506	2238549	0.11544831
396	25.06	19861634	17178107	2683527	0.13511109
362	24.94	19180852	17204545	1976307	0.10303541
325	24.81	19485446	17200262	2285184	0.11727645

309	24.69	19514670	17256925	2257745	0.11569476
269	24.56	18167421	17252695	914726	0.0503498
236	24.19	18895688	17359659	1536029	0.08128992
1019	23.94	18928562	17409995	1518567	0.08022622
963	23.87	19267527	17393400	1874127	0.09726868
847	23.75	20176941	17447287	2729654	0.13528582
811	23.50	21509627	17496390	4013237	0.18657864
794	23.25	21526815	17544782	3982033	0.18498013
751	23.00	21877561	17564834	4312727	0.19713016
602	22.87	21895120	17616018	4279102	0.19543633
535	22.75	21977428	17639400	4338028	0.19738561
530	22.69	21989096	17651021	4338075	0.19728301
505	22.56	21995121	17674131	4320990	0.1964522
MAPE					0.123181

Dari Tabel 6, mencakup 20 kali pengujian untuk membaca nilai durasi kipas secara aktual dan hasil dari prediksi dari jaringan syaraf tiruan. Hasil pengujian dari prediksi JST dijadikan sebagai acuan untuk membandingkan hasilnya dengan hasil yang diperoleh dari durasi aktual oleh sistem. Akurasi perbandingan nilai durasi aktual dan nilai dari prediksi akan menggunakan perhitungan MAPE dengan hasil rata rata mendapatkan error sebesar 0.123181 atau sekitar 12%. Dengan diagram hasil seperti pada Gambar 11 dan 18.



Gambar 11. Diagram Hasil Prediksi Nutrisi (Y1)



Gambar 12. Diagram Hasil Prediksi Nutrisi (Y1)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem ini menggunakan sensor DS18B20 untuk membaca suhu dengan akurasi tinggi mencapai 94%, dan juga dilengkapi dengan sensor TDS Meter yang dapat membaca kondisi nutrisi (TDS) dengan akurasi sebesar 91%.

Model JST yang diimplementasikan pada sistem berhasil memprediksi durasi kipas dan pompa berdasarkan parameter suhu dan nutrisi, dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 12%.

Dari hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut, termasuk penambahan parameter pertumbuhan lain seperti kelembaban, cahaya, dan pH. Selain itu, disarankan untuk meningkatkan performa model JST dengan menggunakan dataset yang lebih beragam dan ukuran yang lebih besar dalam proses pelatihan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dwi, A., Prastya, A., Fitriyah, H., Akbar, S. R. (2022). Sistem Kendali Parameter Suhu dan Nutrisi pada Aeroponik menggunakan Metode Regresi Linier (Vol. 6, Issue 10). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Rizky, R., Edwin., R. (2017). Penerapan Metode Artificial Neural Network Untuk Peramalan Inflasi Di Indonesia.
- Hadi Wijaya, A. (2019). ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK MEMPREDIKSI BEBAN LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION (Studi Kasus PT. PLN Regional Sumatera Barat). *Jurnal CoreIT*, 5(2).
- Yuniarti, T., Rusmar, I., Rachmi Hidayani, T., Mirnandaulia, M., & Teknologi Kimia Industri, P. (n.d.). *PENGGUNAAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) UNTUK MEMODELKAN VOLUME EKSPOR CRUDE PALM OIL (CPO) DI INDONESIA*.
- Ardiansyah, A., Naufalin, R., Arsil, P., Latifasari, N., Wicaksono, R., Aliim, M. S., Kartiko, C., & Waluyo, S. (2022). Machine Learning Model for Quality Parameters Prediction and Control System Design in the Kecombrang Flower (*Etilingera elatior*) Extraction Process. *Processes*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/pr10071341>
- Della, S., Simbolon, H., & Nur, M. (2018). *Jurnal Dinamika Pertanian Volume XXXIV Nomor 2 Agustus*.
- Pristanti, Y. D., & Windana, F. (2015). Pengembangan Metode Neural Networks wuntuk Menentukan Karakter Seseorang. In *Jurnal STT STIKMA Internasional* (Vol. 6, Issue 1)
- Zaini, A., Kurniawan, A., & Herdhiyanto, A. D. (n.d.). *Internet of Things for Monitoring and Controlling Nutrient Film Technique (NFT) Aquaponic*.
- Ellok, D.A. (2021). *MENGENAL BUDIDAYA AEROPONIK*.
- Rizky, R., Edwin., R. (2017). *Penerapan Metode Artificial Neural Network Untuk Peramalan Inflasi Di Indonesia*