

Sistem Kendali pH dan Nutrisi pada Hidroponik menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Muhammad Makbul Zaid¹, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan², Eko Setiawan³

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹makbulzaid@student.ub.ac.id, ²hanas.hanafi@ub.ac.id, ³ekosetiawan@ub.ac.id

Abstrak

Hidroponik adalah metode bercocok tanam yang menggantikan media tanah dengan air. Perawatan dilakukan dengan pemantauan manual yang memakan waktu. Penelitian ini membuat sistem kendali untuk pH dan nutrisi pada tanaman hidroponik menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) agar perawatan tanaman hidroponik lebih terkontrol dan efisien. Sistem mampu membaca kondisi pH dan nutrisi sekaligus memenuhi kebutuhannya. Penggunaan JST bertujuan untuk prediksi durasi pompa agar tidak perlu mengecek berulang. Sistem menggunakan Arduino UNO, Kit Sensor 4502C (Sensor pH) dan TDS Meter V1.0 (Sensor nutrisi). Model JST dilatih dengan 88 dataset dengan parameter; 3 layer, 10 neuron pada *hidden layer*, 897 *epochs* dan Bayesian Regularization untuk algoritmenya. Pelatihan model JST mendapatkan nilai 1408,31 untuk Mean Squared Error (MSE) dan 0,99 untuk koefisien relasi (R). Sistem dilakukan untuk pengujian untuk mengevaluasi hasil. Pengujian akurasi sensor membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional, 96,63% untuk sensor pH dan 94,92% untuk sensor TDS (95,84% jika tanpa anomali data). Pengujian hasil model JST membandingkan prediksi model JST dengan durasi pompa aktual, mendapatkan nilai RMSE 89,11, 40,40 dan 119,79 untuk masing-masing pompa. Pengujian stabilitas JST mendapatkan hasil grafik yang stabil. Pengujian performa waktu JST mendapatkan rata-rata durasi 359,47 ms.

Kata kunci: sistem, kendali, pH, nutrisi, hidroponik, jaringan syaraf tiruan.

Abstract

Hydroponics is a cultivation method that replaces soil with water. Maintaining hydroponic requires time-consuming manual monitoring. This research proposing a control system for pH and nutrient in hydroponic plants using Artificial Neural Networks (ANN) to improve control and efficiency for maintaining hydroponics. The system can monitor pH and nutrient also meet their requirements. ANN used for predict pump duration to eliminate the need for repetitive checks. The system using Arduino UNO, Kit Sensor 4502C (pH sensor) and TDS Meter V1.0 (Nutrient sensor). ANN model was trained using 88 dataset with the following parameters: 3 layers, 10 neurons (Hidden layer), 897 epochs, and Bayesian Regularization for algorithm. ANN model training resulted 1408.31 for Mean Squared Error (MSE) and 0.99 for coefficient of determination (R). System was tested to evaluate the outcomes. Sensor accuracy testing is comparing sensor and conventional measuring devices resulted 96,63% for pH sensor and 94,42% for nutrient sensor (95.84% if excluding anomalous data). ANN model's performance testing is comparing predicted pump durations with actual pump durations, resulted 89,11, 40,40 and 119,79 for each pumps. ANN stability testing resulted a stable graph. ANN's runtime performance testing obtained an average duration of 359.47 ms.

Keywords: system, control, pH, nutrient, hydroponic, artificial neural network.

1. PENDAHULUAN

Hidroponik berasal dari kata *hydra* dan *ponos* dalam bahasa Yunani, di mana *hydra* berarti air dan *ponos* berarti daya. Hidroponik dapat diartikan sebagai tanaman yang

menggunakan media air dan berfokus pada pemenuhan kebutuhan nutrisi (Tallei et al., 2017). Oleh karena itu, air memiliki peran penting khususnya kondisi pH dan nutrisi. Dengan pentingnya tingkat pH dan kandungan nutrisi dalam faktor pertumbuhan tanaman,

maka diperlukan pemantauan dan kontrol pada kedua faktor tersebut.

Perawatan dengan sistem konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama karena setiap kali dilakukan penambahan atau pengurangan tingkat keasaman pH atau nutrisi, kondisi air perlu dicek kembali dan berulang hingga kondisi optimal tercapai. Maka diperlukan sebuah sistem untuk perawatan tanaman hidroponik dengan lebih terkontrol dan efisien, khususnya pada kondisi pH dan nutrisi.

Perawatan pada tanaman hidroponik memiliki berbagai metode salah satunya adalah Nutrient Film Technique (NFT). NFT dinilai sebagai salah satu metode yang paling mudah diaplikasikan bahkan untuk pemula, karena persiapan yang dibutuhkan cukup sederhana (Rosliani & Sumarni, 2005). Selain mudah diaplikasikan, NFT juga dinilai dapat membuat tanaman lebih cepat tumbuh karena salah satu kelebihan NFT adalah oksigen yang diterima lebih banyak karena ujung akar bersentuhan dengan air, maka terdapat rongga pada talang yang membuat ketersediaan oksigen lebih banyak (Tallei et al., 2017).

Selada air atau dalam bahasa latin *Lactuca Sativa* adalah salah satu jenis sayuran yang biasa ditanam di iklim sedang atau tropis. Kebutuhan selada selama masa tanam terbilang cukup sederhana, selama kebutuhan air, nutrisi dan oksigen terpenuhi dengan baik, maka selada dapat tumbuh dengan baik. Sehingga selada cocok untuk ditanam dengan metode atau cara tanam hidroponik. Kebutuhan selada pada tanaman hidroponik adalah kondisi air dengan pH 6,0 – 7,0 dan nutrisi sebesar 560 – 840 ppm (Wati & Sholihah, 2021).

Penelitian ini mencoba menyelesaikan permasalahan perawatan tanaman hidroponik yang memakan waktu dan perlunya pengecekan berulang setiap kali dilakukan pemenuhan kebutuhan. Penelitian ini membuat sebuah sistem yang dapat membaca kondisi pH dan nutrisi dan memiliki kemampuan untuk memenuhi kebutuhan pH dan nutrisi tanpa perlu memakan waktu yang lama. Sehingga, sistem tersebut membutuhkan metode atau cara untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, salah satunya dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

JST dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan karena JST merupakan sistem yang adaptif terhadap informasi yang diterimanya. Penggunaan JST dalam kebutuhan untuk prediksi sangat dapat diandalkan karena dibanding dengan metode yang lain seperti *fuzzy*

dan regresi linear, JST sanggup menerima informasi yang kompleks dan dapat beradaptasi terhadap perubahan yang ada (Mehri, 2013).

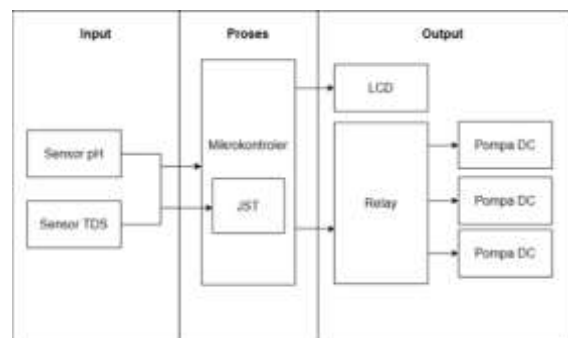
Jaringan Syaraf Tiruan atau JST adalah sebuah metode atau cara pemecahan masalah yang terinspirasi dari sistem syaraf manusia (Fausett, 1994). JST dapat melakukan pembelajaran untuk mengenali pola dari sebuah data. JST memiliki arsitektur yaitu sebuah bentuk dari jaringannya, salah satunya adalah *Multi Layer Perceptron* atau MLP. MLP merupakan arsitektur dengan tambahan layer bernama *hidden* selain *input* dan *output*. Sehingga dengan hidden layer JST mampu menyelesaikan masalah yang kompleks dan tidak memakan waktu yang cukup lama (Uzair & Jamil, 2020).

Penggunaan JST dalam sistem hidroponik dapat membantu untuk melakukan prediksi terhadap pemenuhan kondisi tingkat pH dan kandungan nutrisi tanaman. JST dapat memprediksi durasi berapa lama sebuah pompa atau tangki pH dan nutrisi perlu dibuka untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Sehingga, perawatan tanaman dapat berjalan lebih efisien tanpa perlu melakukan pemeriksaan berulang apakah kondisi pH dan nutrisi sudah cukup.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Perancangan Sistem

Penelitian ini akan merancang sistem kendali yang terdiri dari tiga bagian yaitu *input*, proses dan *output*. Bagian *input* akan terdiri dari dua komponen yaitu sensor pH dan sensor nutrisi. Bagian proses akan terdiri dari satu mikrokontroler yaitu Arduino UNO yang berisi model JST. Dan bagian terakhir yaitu *output* akan terdiri dari *relay*, LCD, dan tiga buah pompa. Tiga buah pompa tersebut adalah untuk pH *up*, pH *down* dan nutrisi. Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem pada penelitian ini.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Dari Gambar 1 terlihat bahwa sistem akan memiliki alur dalam prosesnya. Alur kerja sistem tersebut dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Dari Gambar 2 menunjukkan sistem akan berjalan dimulai dari bagian *input* yaitu sensor pH dan sensor TDS yang akan langsung bersentuhan dengan air untuk membaca kandungan pH dan TDS. Selanjutnya data dikirim ke mikrokontroler untuk dilakukan pembacaan terhadap nilai pH dan TDS. Data pembacaan sensor juga dikirim ke model JST untuk melakukan prediksi durasi *output*. Mikrokontroler juga akan mengirimkan data ke LCD untuk menampilkan hasil pembacaan sensor. Setelah itu, proses dilanjutkan dengan menentukan apakah nilai pH dan TDS sudah tercukupi, jika belum, maka mikrokontroler akan menyalakan *relay* dengan durasi berdasarkan prediksi dari model JST. *Relay* akan menghidupkan pompa dan ketiga pompa ini adalah pompa untuk tangki nutrisi, pH *up* dan pH *down*.

2.2. Implementasi Sistem

Sistem diimplementasikan berdasarkan rancangan yang dibuat sebelumnya. Implementasi sistem yang pertama kali dilakukan adalah implementasi perangkat keras sistem, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Implementasi Sistem

Dari Gambar 3 terlihat bahwa sistem sudah diimplementasikan sepenuhnya. Di mana tiap komponen sistem sudah terhubung sesuai rancangan.



Gambar 4. Tampak Depan

Gambar 4 menunjukkan tampak depan dari hasil implementasi sistem. Sistem memiliki tiga *port*, yaitu soket *power* pompa, soket USB Arduino dan soket *power* Arduino.



Gambar 5. Tampak Kanan

Gambar 5 menunjukkan tampak kanan hasil implementasi sistem. Sistem memiliki empat port, yaitu soket untuk tiga buah pompa. Tersisa satu soket yang menjadi soket cadangan jika terjadi kerusakan pada salah satu soket.



Gambar 6. Tampak Kiri

Gambar 6 menunjukkan tampak kiri hasil implementasi sistem. Sistem memiliki 2 port, yaitu soket untuk probe sensor pH dan soket untuk probe sensor TDS.

Implementasi selanjutnya adalah implementasi model JST. Implementasi dilakukan dengan membuat dataset dengan mencatat durasi waktu pompa menyala ketika sistem melakukan kontrol pada air tanaman hidroponik. Dataset berhasil dikumpulkan sebanyak 88 seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dataset

No	pH	Nutrisi (ppm)	Durasi Pompa pH Up (ms)	Durasi Pompa pH Down (ms)	Durasi Pompa Nutrisi (ms)
1	6,63	353	0	0	10677
2	6,04	367	0	0	10205
3	6,31	385	0	0	9705
4	6,31	398	0	0	9236
5	6,42	417	0	0	8733
6	6,52	431	0	0	8267
7	6,3	449	0	0	7761
8	6,62	461	0	0	7291
9	6,11	481	0	0	6789
10	6,63	496	0	0	6317
11	6,69	513	0	0	5817
12	6,93	527	0	0	5348
13	6,47	545	0	0	4845
14	6,09	560	0	0	4378
15	6,94	577	0	0	3873
16	6,89	592	0	0	3391
17	6,92	609	0	0	2901
18	6,04	622	0	0	2426
19	6,81	641	0	0	1929
20	6,19	656	0	0	1467
21	6,67	673	0	0	957
22	6,86	687	0	0	482
23	4,03	794	6198	0	0
24	4,11	752	5947	0	0
25	4,21	706	5676	0	0

No	pH	Nutrisi (ppm)	Durasi Pompa pH Up (ms)	Durasi Pompa pH Down (ms)	Durasi Pompa Nutrisi (ms)
26	4,29	816	5427	0	0
27	4,39	740	5154	0	0
28	4,46	770	4903	0	0
29	4,57	743	4632	0	0
30	4,64	743	4382	0	0
31	4,75	710	4110	0	0
32	4,81	723	3859	0	0
33	4,93	701	3588	0	0
34	5,01	840	3339	0	0
35	5,11	763	3066	0	0
36	5,19	745	2819	0	0
37	5,29	752	2544	0	0
38	5,37	797	2297	0	0
39	5,47	801	2022	0	0
40	5,53	769	1784	0	0
41	5,65	838	1500	0	0
42	5,71	761	1241	0	0
43	5,83	797	978	0	0
44	5,91	839	726	0	0
45	8,91	711	0	6255	0
46	8,83	718	0	5991	0
47	8,73	702	0	5693	0
48	8,67	757	0	5438	0
49	8,55	708	0	5131	0
50	8,48	799	0	4866	0
51	8,37	712	0	4569	0
52	8,3	729	0	4307	0
53	8,19	746	0	4007	0
54	8,12	796	0	3754	0
55	8,01	703	0	3445	0
56	7,93	780	0	3184	0
57	7,83	734	0	2883	0
58	7,76	724	0	2316	0
59	7,65	734	0	2321	0
60	7,58	713	0	2064	0
61	7,47	838	0	1759	0
62	7,39	716	0	1486	0
63	7,29	733	0	1197	0
64	7,23	752	0	927	0
65	7,11	805	0	635	0
66	7,06	793	0	361	0
67	6,56	811	0	0	0
68	6,97	754	0	0	0
69	6,03	825	0	0	0
70	6,9	756	0	0	0
71	6,59	720	0	0	0
72	6,57	778	0	0	0
73	6,96	800	0	0	0
74	6,06	824	0	0	0
75	6,62	738	0	0	0
76	6,03	703	0	0	0
77	6,96	713	0	0	0
78	6,12	785	0	0	0
79	6,67	705	0	0	0
80	6,93	793	0	0	0
81	6,21	830	0	0	0
82	6,03	736	0	0	0
83	6,45	816	0	0	0
84	6,3	832	0	0	0
85	6,87	768	0	0	0
86	6,37	713	0	0	0
87	6,62	723	0	0	0

No	pH	Nutrisi (ppm)	Durasi Pompa pH Up (ms)	Durasi Pompa pH Down (ms)	Durasi Pompa Nutrisi (ms)
88	6,99	719	0	0	0

Tabel 1 menunjukkan *dataset* yang digunakan untuk melatih model JST. Di mana *dataset* tersebut memuat kondisi pH dan nutrisi sebagai masukan dan tiga nilai durasi pompa sebagai keluaran. Dataset tersebut digunakan untuk pelatihan model JST.

Pelatihan model JST dilakukan dengan Matlab menggunakan fitur Neural Network Toolbox. Pelatihan model JST menggunakan parameter seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pelatihan

No.	Parameter	Nilai	Keterangan
1	Input	2	Nilai pH dan TDS
2	Output	3	Durasi pH Up, pH Down dan Nutrisi
3	Data Splitting	70% : 15% : 15%	70% : Training 15% : Validation 15% : Testing
4	Algorithm	Bayesian- Regularization	
5	Neuron (Hidden Layer)	10	

Dilakukan 10 kali pelatihan model JST untuk mendapatkan model dengan hasil yang paling optimal. Model paling optimal didapat dengan pelatihan menggunakan parameter pada Tabel 2 dan mendapatkan nilai Mean Squared Error (MSE) sebesar 1408,30 dan nilai koefisien determinasi (R) sebesar 0,998.

3. HASIL DAN PENGUJIAN

Sistem yang sudah dapat dijalankan sesuai dengan tujuan sistem tersebut. Perlu dilakukan pengujian pada sistem agar dapat mengetahui bagaimana hasil implementasi dari penelitian ini. Pengujian terdiri dari pengujian akurasi sensor dan pengujian model JST.

Pengujian akurasi sensor dilakukan sebanyak 30 kali pengujian dan dilakukan perhitungan akurasi dengan Persamaan 1.

$$Akurasi = 100\% - \left(\frac{Nilai\ Sensor - Nilai\ Alat\ Ukur}{Nilai\ Alat\ Ukur} \times 100\% \right) \quad (1)$$

Pengujian model JST dilakukan sebanyak 30 kali pengujian dan dilakukan perhitungan

RMSE dengan Persamaan 2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (At - Ft)^2}{n}} \quad (2)$$

Pengujian performa waktu JST dilakukan sebanyak 30 kali pengujian dan dilakukan perhitungan rata-rata.

3.1. Pengujian Akurasi Sensor pH

Pengujian akurasi sensor dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat sensor dalam membaca kondisi pH. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur pH konvensional.

Tabel 3. Hasil Pengujian Akurasi Sensor pH

No	Larutan pH Buffer	Sensor pH	Alat Ukur pH	Akurasi (%)
1	4,01	3,95	4,2	94,05
2	4,01	4,19	3,94	93,65
3	4,01	4,09	4,01	98,00
4	4,01	4,18	3,83	90,86
5	4,01	4,24	4,14	97,58
6	4,01	4,22	4,2	99,52
7	4,01	3,79	4,13	91,77
8	4,01	4,23	3,81	88,98
9	4,01	4,1	3,78	91,53
10	4,01	3,8	3,85	98,70
11	7,01	7,2	7,22	99,72
12	7,01	6,95	7,23	96,13
13	7,01	6,83	7,12	95,93
14	7,01	6,87	7,05	97,45
15	7,01	7,14	6,86	95,92
16	7,01	7,00	7,01	99,86
17	7,01	6,89	7,1	97,04
18	7,01	6,88	6,9	99,71
19	7,01	7,18	6,76	93,79
20	7,01	7,16	6,89	96,08
21	10,01	10,01	10,02	99,90
22	10,01	9,77	10,16	96,16
23	10,01	9,93	9,86	99,29
24	10,01	9,78	9,78	100
25	10,01	10,05	9,92	98,69
26	10,01	9,89	9,87	99,80
27	10,01	10,17	9,9	97,27
28	10,01	10,09	10,19	99,02
29	10,01	10,12	9,82	96,95
30	10,01	10,23	9,79	95,51
Rata-rata			96,63	

Dari Tabel 3 terlihat bahwa telah dilakukan 30 kali pengujian untuk mendapatkan nilai akurasi sensor pH dan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1, mendapatkan nilai akurasi sebesar 96,63%.

3.2. Pengujian Akurasi Sensor TDS

Pengujian akurasi sensor dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat sensor dalam

membaca kondisi nutrisi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur TDS konvensional.

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi Sensor TDS

No	Larutan Nutrisi AB	Sensor pH	Alat Ukur pH	Akurasi (%)
1	0 ml	289	274	94,53
2	0,2 ml	324	308	94,81
3	0,4 ml	359	342	95,03
4	0,6 ml	394	376	95,21
5	0,8 ml	429	410	95,37
6	1 ml	464	444	95,50
7	1,2 ml	499	478	95,61
8	1,4 ml	534	512	95,70
9	1,6 ml	569	546	95,79
10	1,8 ml	604	580	95,86
11	2 ml	639	614	95,93
12	2,2 ml	674	648	95,99
13	2,4 ml	709	682	96,04
14	2,6 ml	744	716	96,09
15	2,8 ml	779	750	96,13
16	3 ml	814	784	96,17
17	3,2 ml	849	818	96,21
18	3,4 ml	884	852	96,24
19	3,6 ml	919	886	96,28
20	3,8 ml	954	920	96,30
21	4 ml	989	954	96,33
22	4,2 ml	1024	988	96,36
23	4,8 ml	1059	1022	96,38
24	5 ml	1094	1056	96,40
25	5,2 ml	1129	1090	96,42
26	5,4 ml	1097	1124	97,60
27	5,6 ml	1194	1158	96,89
28	5,8 ml	1218	1192	97,82
29	6 ml	1176	1226	95,92
30	6,2 ml	1194	1260	94,76
Rata-rata				95,99

Dari Tabel 4 terlihat bahwa telah dilakukan 30 kali pengujian untuk mendapatkan nilai akurasi sensor TDS dan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1, mendapatkan nilai akurasi sebesar 95,99%.

3.3. Pengujian Model JST

Pengujian model JST dilakukan untuk mengetahui hasil model JST dalam melakukan prediksi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi waktu model JST dengan durasi waktu pompa tanpa model JST.

Tabel 5. Hasil Pengujian Model JST

No	Kondisi		Tanpa JST			Dengan JST		
	pH	TDS	pH Up	pH Down	Nutrisi	pH Up	pH Down	Nutrisi
1	4,43	392	5004	-19,9	9638	4967	0	9644
2	5,38	317	2291	-9	11604	2259	0	11621
3	4,58	400	4562	-24,1	9395	4529	0	9404
4	4,26	330	5505	-18	13111	5521	0	13124
5	4,24	453	5575	0	7768	5599	0	7781
6	4,49	495	4835	-7,7	6433	5103	0	6403

7	4,77	388	4017	-26,6	9742	3974	0	9711
8	4,48	410	4857	-19,6	9097	4892	0	9062
9	4,81	448	3910	-17,7	7899	3940	0	7877
10	4,33	358	5299	-19	10598	5318	0	10572
11	7,96	377	-15,6	3136	9825	0	3149	9799
12	7,87	481	-4,5	2881	6609	0	2912	6627
13	7,56	421	-21,6	2024	8516	0	1996	8534
14	8,91	379	-24,8	6137	9708	0	6172	9721
15	8,83	368	-25	5916	10032	0	5933	10047
16	8,1	364	-17	3591	10189	0	3618	10204
17	8,45	322	-24	4743	11275	0	4772	11301
18	8,89	320	-30	6068	11302	0	6101	11341
19	8,9	339	-29	6100	10822	0	6074	10849
20	9	442	-18,7	6388	7759	0	6352	7794
21	6,55	770	-5,04	5,27	28,72	0	0	0
22	6,33	827	-19,3	0,33	-33,61	0	0	0
23	6,78	708	-8,42	-35,76	73,77	0	0	0
24	6,16	839	-42,54	3,43	-54,03	0	0	0
25	6,6	759	-10,02	-0,72	13,06	0	0	0
26	6,56	707	1,74	10,8	64,78	0	0	0
27	6	711	213,7	-5,28	47,45	0	0	0
28	6,59	749	-7,94	1,59	-11,66	0	0	0
29	6,64	749	-12,9	-7,99	-7,007	0	0	0
30	6,23	720	-27,06	-5,79	-36,11	0	0	0

Dari Tabel 5 terlihat bahwa telah dilakukan 10 kali pengujian. Data pada Tabel 5 dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 2 dan mendapatkan nilai RMSE sebesar 115,84 untuk pH up, 35,82 untuk pH down dan 54,32 untuk nutrisi.

3.4. Pengujian Stabilitas JST

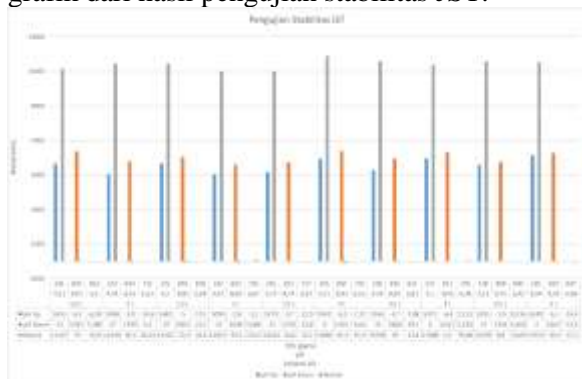
Pengujian stabilitas JST dilakukan terhadap model JST yang terdapat pada sistem untuk mengetahui bagaimana kestabilan hasil prediksi dari model JST.

Tabel 6. Hasil Pengujian Stabilitas JST

No	Kondisi			Prediksi JST		Nutrisi
	Volume Air	pH	TDS	pH Up	pH Down	
1	0,5 L	4,21	336	5653	-13	11167
2		8,97	842	-6,5	6367	70
3		6,5	833	-6,59	7,389	-43,86
4	1 L	4,41	324	5058	-27	11449
5		8,76	834	-3,9	5799	-50,2
6		6,23	712	-24,61	-5,098	10,24
7	1,5 L	4,2	325	5681	-14	11432
8		8,85	843	-5	6052	-73,3
9		6,68	828	-17,12	-21,12	-16,59
10	2 L	4,41	342	5059	-25	11011
11		8,69	850	-2,8	5598	-93,2
12		6,61	702	-5,098	5,084	131,5
13	2,5 L	4,37	342	5179	-23	11012
14		8,74	822	-3,7	5739	-20,6
15		6,67	727	-12,9	-12,77	-33,21
16	3 L	4,11	305	5941	-9	11883
17		8,93	850	-6,5	6393	-91,3
18		6,55	792	-7,165	4,66	35,9
19	3,5 L	4,34	318	5266	-24	11590
20		8,82	836	-4,7	5968	-55
21		6,81	831	-7,076	-39,68	-13,41
22	4 L	4,1	327	5971	-6	11388
23		8,95	811	-6,4	6311	4,3
24		6,38	705	21,31	5,619	78,48
25	4,5 L	4,23	318	5593	-17	11593
26		8,75	808	-3,9	5766	8,8

27		6,42	800	0,316	5,469	20,69
28	5 L	4,04	320	6140	-2	11553
29		8,93	829	-6,1	6262	-36,5
30		6,68	847	-14,35	-21,57	-67,26

Dari Tabel 6 terlihat bahwa telah dilakukan 30 kali pengujian. Gambar 7 menunjukkan grafik dari hasil pengujian stabilitas JST.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Stabilitas JST

Dari Gambar 7, terlihat bahwa grafik hasil pengujian stabilitas JST menunjukkan bar yang stabil, terlihat dari tidak adanya perbedaan signifikan pada bar.

3.5. Pengujian Performa Waktu JST

Pengujian model JST dilakukan untuk mengetahui hasil model JST dalam melakukan prediksi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi waktu model JST dengan durasi waktu pompa tanpa model JST.

Tabel 7. Hasil Pengujian Performa Waktu JST

No	Percobaan	Performa (ms)
1	Percobaan ke-1	359
2	Percobaan ke-2	359
3	Percobaan ke-3	360
4	Percobaan ke-4	359
5	Percobaan ke-5	359
6	Percobaan ke-6	360
7	Percobaan ke-7	360
8	Percobaan ke-8	359
9	Percobaan ke-9	359
10	Percobaan ke-10	360
11	Percobaan ke-11	359
12	Percobaan ke-12	359
13	Percobaan ke-13	360
14	Percobaan ke-14	359
15	Percobaan ke-15	359
16	Percobaan ke-16	360
17	Percobaan ke-17	360
18	Percobaan ke-18	359
19	Percobaan ke-19	360
20	Percobaan ke-20	360
21	Percobaan ke-21	359
22	Percobaan ke-22	359
23	Percobaan ke-23	360
24	Percobaan ke-24	359
25	Percobaan ke-25	359
26	Percobaan ke-26	360
27	Percobaan ke-27	360
28	Percobaan ke-28	359
29	Percobaan ke-29	360

No	Percobaan	Performa (ms)
30	Percobaan ke-30	360
Rata-rata		359,47

Dari Tabel 7 terlihat bahwa telah dilakukan 30 kali hasil pengujian dari durasi waktu JST dalam melakukan prediksi. Dari pengujian ini didapatkan nilai rata-rata durasi waktu JST dalam melakukan prediksi sebesar 359,47 ms.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem dapat memenuhi kebutuhan fungsional sistem, yaitu membaca kondisi pH dan TDS, melakukan prediksi durasi pompa dengan JST dan menyalakan pompa dengan relay berdasarkan prediksi JST.
2. Pengujian akurasi sensor mendapatkan nilai akurasi sebesar 96,63% untuk sensor pH dan 95,99% untuk sensor TDS. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sensor dapat membaca kondisi pH dan TDS dengan baik.
3. Pengujian model JST mendapatkan nilai RMSE sebesar 115,94 untuk pH up, 35,82 untuk pH down dan 54,32 untuk nutrisi. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa model JST dapat memprediksi durasi pompa dengan cukup baik.
4. Pengujian stabilitas JST mendapatkan hasil yang cukup baik, di bar untuk masing-masing pompa pada tiap pengujian memiliki hasil yang cukup stabil, terlihat dari tidak adanya perbedaan yang signifikan pada masing-masing bar.
5. Pengujian performa waktu JST mendapatkan nilai rata-rata sebesar 359,47 ms.

Penulis juga memiliki saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan hasil dan kesimpulan yang didapat dari penelitian ini, yaitu:

1. Sistem dapat dikembangkan lebih baik dengan menambahkan beberapa parameter pertumbuhan lain seperti cahaya dan suhu.
2. Model JST pada sistem dapat dilatih kembali dengan data latih yang lebih baik dan dilatih dengan parameter atau algoritme yang lain guna mendapatkan model yang paling optimal.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan membuat konsep atau fitur IoT agar antar muka sistem tidak hanya pada LCD melainkan dapat menggunakan aplikasi atau website.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms And Applications*. Prentice Hall.
- Mehri, M. (2013). A comparison of neural network models, fuzzy logic, and multiple linear regression for prediction of hatchability. *Poultry Science*, 92(4), 1138–1142.
<https://doi.org/10.3382/ps.2012-02827>
- Roslani, R., & Sumarni, N. (2005). Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik. *Monografi*, 27, 1–38.
- Tallei, T. E., Rumengan, I. F. M., & Adam, A. A. (2017). Hidroponik untuk Pemula. In *UNSRAT Press*. Penerbit LPPM UNSRAT.
- Uzair, M., & Jamil, N. (2020). Effects of Hidden Layers on the Efficiency of Neural networks. *Proceedings - 2020 23rd IEEE International Multi-Topic Conference, INMIC 2020*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/INMIC50486.2020.9318195>
- Wati, D. R., & Sholihah, W. (2021). Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino. *MULTINETICS*, 7(1), 12–20.
<https://doi.org/10.32722/multinetics.v7i1.3504>