

## **Pengendalian Nilai pH Pada Sistem Hidroponik *Nutrient Film Technique* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis IoT**

**Adithia Maulady<sup>1</sup>, Toto Tohir<sup>2</sup>, Baisrum<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : [adithia.maulady.toi18@polban.ac.id](mailto:adithia.maulady.toi18@polban.ac.id)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : [toto.tohir@polban.ac.id](mailto:toto.tohir@polban.ac.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : [baisrum@polban.ac.id](mailto:baisrum@polban.ac.id)

### **ABSTRAK**

Dewasa ini ilmu pada bidang pertanian berkembang pesat, salah satunya yaitu dengan adanya metode tanam hidroponik yang sangat cocok diterapkan pada daerah yang mengalami keterbatasan lahan cocok tanam. Salah satu sistem hidroponik yang sering digunakan adalah *Nutrient Film Technique* (NFT) yaitu metode budidaya tanaman yang mana akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi sehingga memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi dan oksigen. Tanaman hidroponik memerlukan perawatan untuk memastikan nutrisi yang diperoleh oleh tanaman sesuai dengan yang dibutuhkan. Namun, ada kalanya setiap perubahan cuaca ataupun faktor lingkungan sekitar akan mempengaruhi kadar nutrisi tanaman tersebut dan pemilik tanaman tidak dapat mengontrol kadar nutrisi tersebut setiap waktu. Tugas akhir ini menyajikan perancangan pengendalian nilai pH berdasarkan pengaturan pH *up* (basa) dan pH *down* (asam) terhadap tanaman hidroponik dengan sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mana memiliki *error* tidak lebih dari 5% dan sistem dapat mempertahankan nilai pH 5,5 – 6,5 untuk kebutuhan tanaman kangkung serta dapat dimonitoring oleh pengguna melalui *smartphone*.

### **Kata Kunci**

*Hidroponik, NFT, pH, Fuzzy Logic, IoT*

### **1. PENDAHULUAN**

Hidroponik adalah salah satu contoh pengembangan bioteknologi yang dapat berperan dalam peningkatan produksi vegetasi atau pertanian [1]. *Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan jenis hidroponik dimana akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi sehingga memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi dan oksigen [2]. Air bersirkulasi selama 24 jam terus-menerus pada sistem hidroponik NFT agar perakaran tanaman selalu mendapatkan air nutrisi yang cukup. Hal ini akan memberikan limpahan oksigen pada akar tanaman yang mana baik untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Nutrisi yang diberikan pada tanaman erat kaitannya dengan derajat keasaman (pH) air, dimana pH air akan mempengaruhi daya larut unsur hara pada tanaman yang berakibat pada kualitas kesuburan tumbuh dan kembang tanaman tersebut [2]. Namun pada kenyataannya nilai pH nutrisi dalam tangki selalu berubah-ubah yang diakibatkan oleh berbagai faktor seperti media tanam, proses fotosintesis dan respirasi, maupun bakteri. Dengan demikian, nilai pH perlu diupayakan bertahan pada nilai pH yang disesuaikan dengan tanaman yang dibudidayakan [2].

Berbagai penelitian tentang pengendalian nutrisi akan tanaman dengan sistem

hidroponik telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti dengan tujuan untuk menyempurnakan hasil penelitian-penelitian sebelumnya atau untuk mendapatkan metode yang terbaik terhadap objek penelitian sehingga dapat memenuhi tingkat kualitas yang diinginkan, keamanan produk serta menjadikan proses lebih efektif, ekonomis, dan efisien.

Pada penelitian yang dilakukan oleh R. L. Alam [1] dan D. Pancawati [2] lebih menitikberatkan pada pengendalian pH nutrisi tanaman hidroponik dengan metode *Fuzzy Logic*. Hasil dari kedua penelitian tersebut yaitu penggunaan metode *Fuzzy Logic* dalam pengendalian nutrisi dapat berjalan dengan baik dengan catatan semakin banyak aturan yang dipakai maka respons *steady state* akan lebih cepat dan lebih baik dari 15 aturan, serta sistem memiliki respons yang baik terhadap nilai pH.

Adapun R. N. Prabowo [6] melakukan penelitian mengenai sistem pengontrol pH pada buah tomat menggunakan sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) menggunakan metode *Hybrid Fuzzy PID*. Perancangan sistem kontrol pH dengan menggunakan *hybrid fuzzy PID* ini berjalan dengan baik. pH pada bak nutrisi terkontrol dengan nilai pH rata-rata 6.15 saat penurunan pH dan 5.84 pada saat kenaikan pH. Memiliki perbandingan hasil produksi 288 buah dengan kontrol pH dan 173 buah tanpa kontrol pH dimana hasil produksi dengan pH yang dikontrol lebih tinggi daripada yang tidak dikontrol.

Pemantauan dan pengendalian larutan nutrisi hidroponik berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) telah dilakukan oleh N. Boonnam [8] dan H. Helmy [9]. Kedua penelitian ini dapat memantau perkembangan tanaman hidroponik secara jarak jauh dimana penelitian H. Helmy [9] melakukan *monitoring* melalui web sedangkan N. Boonnam [8] melakukan *monitoring* melalui *smartphone*. Pemantauan dan pengendalian larutan nutrisi hidroponik juga dilakukan oleh J. Pitakphongmetha [10] pada sistem *Greenhouse* dimana sistem dapat memantau pertumbuhan tanaman per hari dengan baik disertai adanya peningkatan produktivitas hasil panen yang mumpuni.

A.Y. H. Putra dan W. S. Pambudi [11] dalam penelitiannya yang menggunakan *fuzzy logic*

dengan 25 aturan untuk pengaturan pH nutrisi menggunakan motor servo memiliki hasil bahwa pada sudut servo 60 menghasilkan nilai *overshoot* 0.2 % dan rerata waktu *steady state* pada detik 118.

Pada penelitian A. R. Al Tahtawi dan R. Kurniawan [12] serta Sotyohadi, W. S. Dewa, dan I. K. Somawirata [13] FLC mampu menjaga kestabilan pH dengan *settling time* kurang dari 40 detik serta berhasil ditampilkan pada web untuk penelitian A. R. Al Tahtawi dan R. Kurniawan [12] dan LCD 16x2 pada penelitian Sotyohadi, W. S. Dewa, dan I. K. Somawirata [13].

Pengendalian pH disertai monitoring juga dilakukan oleh D. F. Murtadho dkk [14] dan D. S. Triatmaja, A. S. Wibowo, dan D. Rahmawati [15] yang mana sistem dapat mempertahankan nilai pH dengan rentang 5,5 – 6,5 sesuai dengan jenis tanamannya menggunakan kendali *fuzzy logic* serta dapat dimonitoring melalui web.

Tulisan ini menyajikan perancangan pengendalian nilai pH terhadap tanaman hidroponik dengan sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) menggunakan kendali *Fuzzy Logic* berbasis IoT yang mana diharapkan sistem dapat mempertahankan nilai pH dengan rentang 5.5 – 6.5 dengan harapan memiliki *error* tidak lebih dari 5% serta dapat di-*monitoring* oleh pengguna melalui *smartphone*.

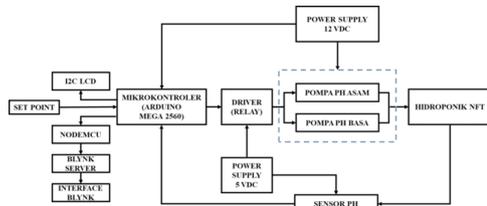
## 2. METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan sistem alat mulai dari diagram blok sistem, diagram alir pengendalian, perancangan rangka dan juga *hardware* serta perancangan *monitoring*.

### 2.9 Perancangan Sistem

Prinsip dari sistem hidroponik NFT yang dirancang yaitu sensor pH akan membaca data pada tank reservoir yang nantinya data tersebut akan dibandingkan dengan setpoint yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian mikrokontroler akan memproses data-data tersebut dan akan melakukan kontrol sesuai dengan algoritma pemrograman yang telah dibuat. Dimana apabila nilai pH < 5,5 maka pompa pH *up* akan aktif, namun apabila nilai pH > 6,5 maka pompa pH *down* yang akan

aktif untuk menyalurkan lautannya ke tank reservoir. Pada saat yang sama pompa air tank juga aktif sedari awal untuk menyalurkan larutan nutrisi yang ada pada tank reservoir ke tanaman melewati akar-akar tanaman. Nantinya aliran tersebut akan masuk kembali ke tank reservoir dan dipompa lagi, begitu seterusnya.

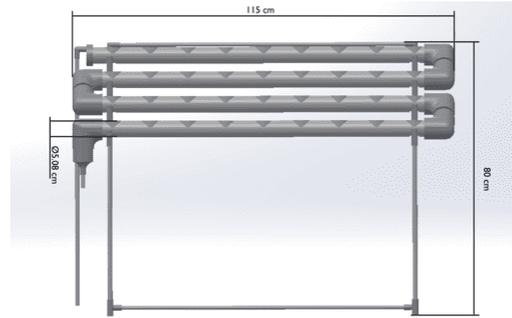


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

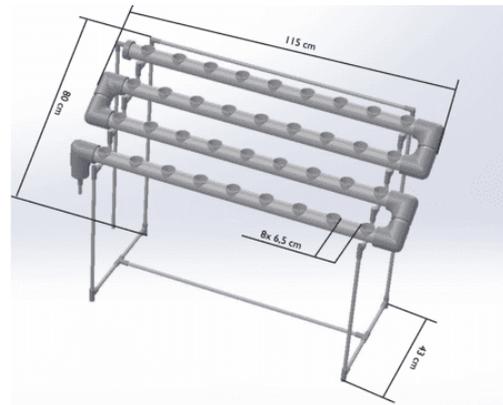
Untuk proses *monitoring* pada sistem hidroponik ini dimulai sejak *input* berupa sensor mulai membaca data yang ada di lapangan. Data tersebut langsung ditampilkan secara *realtime* pada aplikasi Blynk (dapat berupa grafik dan nilai numerik) serta ditampilkan pula di LCD 16x2 agar pengguna dapat mengetahui nilai pH yang ada pada tank reservoir pada saat itu dan pengguna juga dapat melihat apakah *output* telah sesuai dengan setpoint yang diinginkan atau belum.

## 2.10 Perancangan Rangka Sistem Hidroponik NFT

Rangka sistem hidroponik NFT ini dirancang dengan ukuran 115 x 43 x 80 cm dibuat bertingkat dengan 4 jumlah tingkatan atau level. Alasan pemilihan ukuran tersebut karena mengingat sistem hidroponik NFT ini praktis dan dapat memanfaatkan lahan yang sempit, sehingga penulis membuat rangka yang tidak terlalu besar dan cukup minimalis namun tetap dapat menghasilkan tanaman hidroponik yang memiliki banyak hasil panen. Selain itu, penempatan panel *box* sebagai kontrol hidroponik akan diletakkan pada sebelah kiri rangka hidroponik berdekatan dengan tank reservoir dengan posisi sejajar dari rangka hidroponik. Berikut merupakan gambar rangka hidroponik beserta ukuran dimensinya.



Gambar 2. Dimensi Kit Hidroponik Tampak Depan



Gambar 3. Dimensi Kit Hidroponik Tampak Isometrik

## 2.11 Perancangan Sistem Fuzzy Logic

Rancangan *fuzzy logic* dalam percobaan ini menggunakan metode Sugeno dengan tujuan untuk menjaga nilai pH pada larutan nutrisi tetap berada pada nilai yang ditentukan.

### 2.11.1 Fungsi Keanggotaan Input

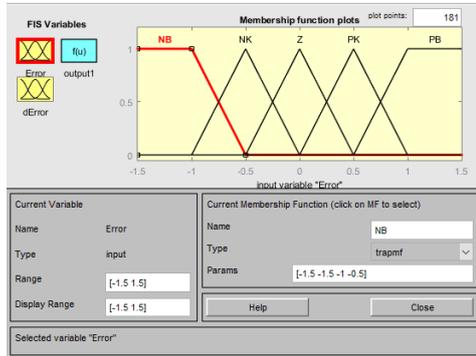
Fungsi keanggotaan input ini menggunakan *Error* dan *dError* yang didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut.

$$error(t) = referensi - keluaran \quad (1)$$

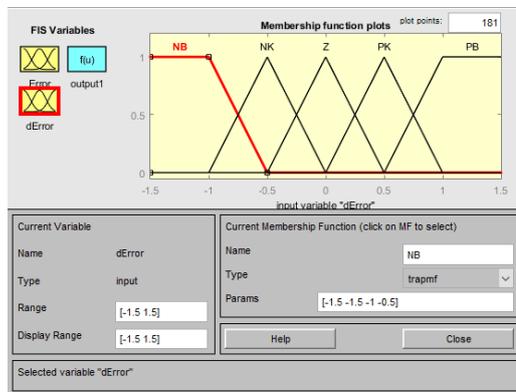
$$derror(t) = error(t) - error(t - 1) \quad (2)$$

Diartikan bahwa *error(t)* adalah nilai *error*, *derror(t)* adalah nilai *error* saat ini dan *error(t - 1)* adalah nilai *error* sebelumnya. *Error* dan *dError* ini akan mempengaruhi relay pompa cairan pH asam dan basa kapan dia aktif dan tidak. Untuk fungsi keanggotaan *Error* maupun *dError* memiliki klasifikasi himpunan yang sama, yaitu meliputi Negatif Besar (NB), Negatif Kecil (NK), Zero (Z), Positif Kecil (PK), dan Positif Besar (PB).

Untuk lebih jelasnya di bawah merupakan nilai keanggotaan input *fuzzy*.



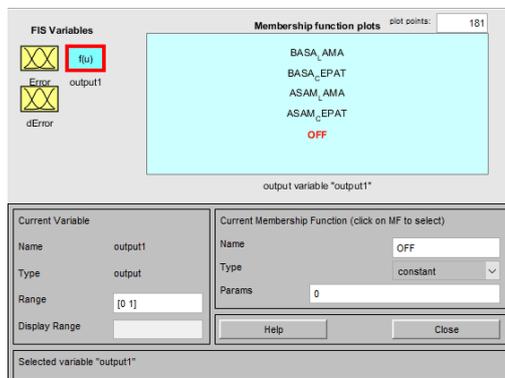
Gambar 4. Keanggotaan Error



Gambar 5. Keanggotaan dError

### 2.11.2 Fungsi Keanggotaan Output

Fungsi keanggotaan output berupa relay dengan menggunakan 5 himpunan keanggotaan yang berbeda. Himpunan tersebut meliputi OFF dengan nilai 0, ASAM LAMA dengan nilai -300, ASAM CEPAT dengan nilai -100, BASA CEPAT dengan nilai 100 dan BASA LAMA dengan nilai 300.



Gambar 6. Keanggotaan Output

### 2.11.3 Rule Base

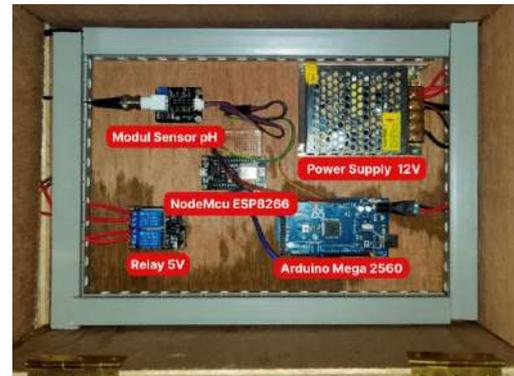
Prinsip dari penggunaan *rule base* ini yaitu saat nilai pembacaan sensor lebih besar dari setpoint maka nilai *error* menghasilkan *error* negatif. Sedangkan apabila nilai pembacaan sensor lebih kecil dari setpoint maka nilai *error* menghasilkan *error* positif. Lalu apabila nilai pembacaan sensor ternyata sama dengan setpoint maka dihasilkan *error* zero. Besaran nilai *error* nya (besar atau kecil) dikelompokkan berdasarkan fungsi keanggotaannya.

Tabel 1. Rule Base Fuzzy Logic

Pump	Error	dError				
		NB	NK	Z	PK	PB
ASAM	NB	LAMA	LAMA	CEPAT	LAMA	LAMA
	NK	LAMA	CEPAT	CEPAT	CEPAT	LAMA
OFF	Z	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
BASA	PK	LAMA	CEPAT	CEPAT	CEPAT	LAMA
	PB	LAMA	LAMA	CEPAT	LAMA	LAMA

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi dari sistem dalam bentuk perangkat keras dapat terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Alat

### 3.1 Pengujian Sensor pH

Adapun perbandingan nilai pH dari pembacaan sensor setelah di kalibrasi dan dari pH meter ditampilkan sebagai berikut. Untuk mengetahui persentase *error* digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\% \text{ error} = \frac{|dataSensor - dataMeter|}{dataMeter} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor pH

Cairan	Nilai pH (Sensor)	Nilai pH (pH Meter)	Error (%)
Larutan Buffer Asam	3,58	3,51	1,99
Larutan Buffer Netral	6,28	6,37	1,41
Air Mineral AQUA	7,32	7,30	0,27
Air Keran	7,10	7,16	0,84
Larutan Buffer Basa	8,60	8,67	0,81
Air Susu	6,54	6,61	1,10
Air Sabun	6,86	6,90	0,58
Perasan Jeruk	4,95	5,03	1,59
Air Mineral Le-Mineral	7,87	7,85	0,25
Air Cuciian Beras	5,27	5,35	1,50
Rata-rata Error (%)			1,03

Berdasarkan tabel hasil pengujian sensor pH di atas, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata error nya adalah 1,03%, dengan nilai error terbesar yaitu 1,99% pada cairan larutan buffer asam dan nilai error terkecil sebesar 0,25% pada cairan air mineral Le-Mineral.

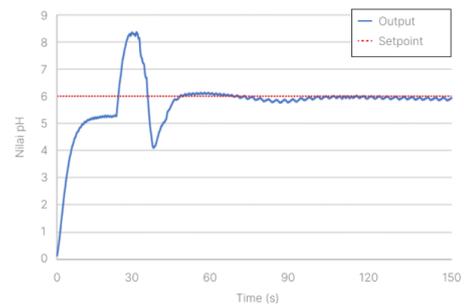
### 3.2 Pengujian Sistem Fuzzy Logic

Pada tahap ini *fuzzy logic* yang telah dirancang akan diuji dengan tujuan untuk mengetahui kinerja pengendalian yang dihasilkan. Nilai setpoint yang digunakan yaitu 6,0. Nilai ini ditentukan dari nilai tengah rekomendasi pH pada tanaman kangkung 5,5 – 6,5. Pengujian dilakukan dengan 3 kondisi meliputi kondisi nilai pH awal berada di bawah setpoint, di atas setpoint, dan kondisi saat nilai pH sudah sesuai setpoint namun diberi gangguan.

#### 3.2.1 Pengujian Saat Nilai pH di Bawah Setpoint

Sebelum dilakukan pengujian, cairan diatur terlebih dahulu nilai pH nya menjadi di bawah setpoint yaitu 5,2. Saat dilakukan pengujian pH setelah 15 detik pertama pembacaan sensor yang menunjukkan cairan memiliki nilai pH 5,2, respons pH mengalami kenaikan sampai 8,15 di detik ke-30 kemudian menurun sampai ke 4,25 pada detik ke-36 hingga mulai stabil

dengan nilai 5,92 pada detik ke-120.

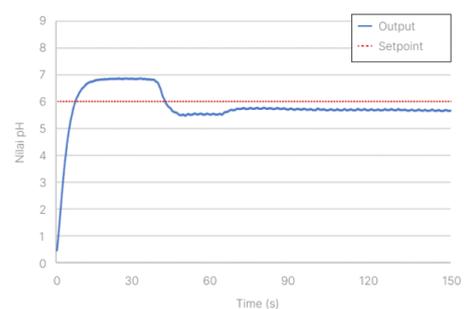


Gambar 8. Grafik Respons Nilai pH Saat di Bawah Setpoint

Berdasarkan grafik di atas, didapat bahwa respons pH memiliki *Rise Time* ( $T_r$ ) 23 detik dan *Settling Time* ( $T_s$ ) 120 detik. Adapun nilai *error steady state* yang dimiliki yaitu sebesar 1,33% dengan nilai pH 5,92.

#### 3.2.2 Pengujian Saat Nilai pH di Atas Setpoint

Sama seperti pengujian saat nilai pH di bawah setpoint, sebelum dilakukan pengujian, cairan pada tank reservoir diatur terlebih dahulu nilai pH nya menjadi di atas setpoint yaitu 6,85. Saat dilakukan pengujian pH setelah 15 detik pertama pembacaan sensor yang menunjukkan cairan memiliki nilai pH 6,85, respons pH mengalami penurunan sampai 5,48 di detik ke-50 kemudian dinaikkan kembali agar mencapai setpoint hingga akhirnya sistem membaca telah mencapai setpoint dengan nilai pH 5,7 pada detik ke-75.

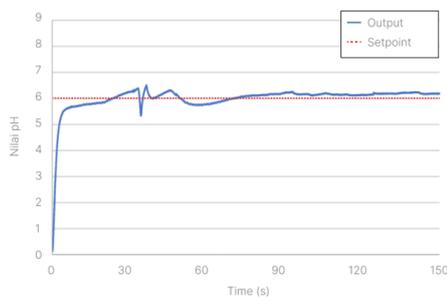


Gambar 9. Grafik Respons Nilai pH Saat di Atas Setpoint

Berdasarkan grafik di atas, didapat bahwa respons pH memiliki *Rise Time* ( $T_r$ ) 10 detik dan *Settling Time* ( $T_s$ ) 75 detik. Adapun nilai *error steady state* yang dimiliki yaitu sebesar 5% dengan nilai pH 5,7.

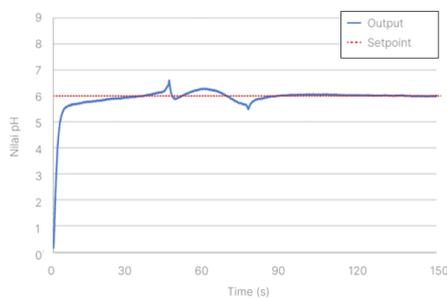
### 3.2.3 Pengujian Saat Nilai pH diberi Gangguan

Pada pengujian saat nilai pH diberi gangguan, nilai pH cairan pada tank reservoir sebelumnya diatur agar berada pada nilai setpoint yaitu 6,0. Saat dilakukan pengujian, pompa asam maupun basa tidak akan aktif karena nilai pH sudah sesuai setpoint dan masih dalam rentang nilai yang diizinkan. Kemudian pada detik ke-30 diberikan gangguan berupa penambahan cairan asam maupun basa sebanyak 10ml. Sensor pun akan membaca data terbaru dan mengaktifkan kendalinya. Respons pH menunjukkan saat diberi gangguan, kendali akan menyesuaikan agar nilai pH berada pada nilai setpoint kembali dan didapatkan bahwa nilai pH baik saat diberi gangguan cairan asam maupun basa memiliki nilai pH mulai stabil pada detik ke-90.



Gambar 10. Grafik Respons Nilai pH Saat diberi Gangguan Cairan Asam

Berdasarkan grafik di atas, didapat bahwa respons pH memiliki *Rise Time* ( $T_r$ ) 20 detik dan *Settling Time* ( $T_s$ ) 90 detik. Adapun nilai *error steady state* yang dimiliki yaitu sebesar 3,3% dengan nilai pH 6,2.

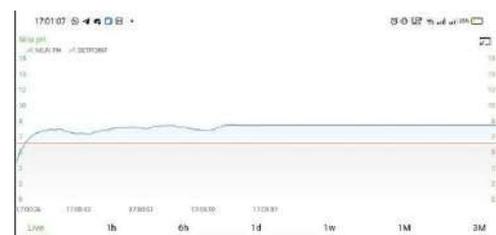


Gambar 11. Grafik Respons Nilai pH Saat diberi Gangguan Cairan Basa

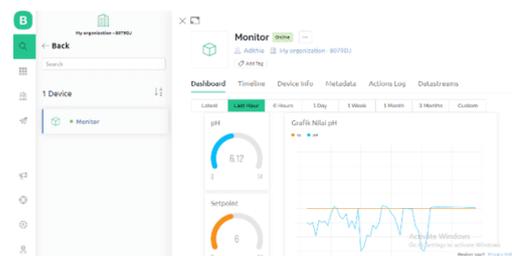
Berdasarkan grafik di atas, didapat bahwa respons pH memiliki *Rise Time* ( $T_r$ ) 25 detik dan *Settling Time* ( $T_s$ ) 90 detik. Adapun nilai *error steady state* yang dimiliki yaitu sebesar 0,5% dengan nilai pH 6,02.

### 3.3 Pengujian Sistem IoT

Pada aplikasi Blynk akan ditampilkan nilai pembacaan sensor dan setpoint. Sistem akan bekerja saat NodeMCU terhubung dengan koneksi WiFi yang sama dengan yang diinput pada program Blynk dan *smartphone* yang digunakan juga terhubung dengan jaringan internet. Data pembacaan sensor dapat terbaca disertai grafiknya. Berikut merupakan tampilan dari sistem *monitoring* pada aplikasi Blynk yang dapat dilihat pada Gambar IV.5.



Gambar 12. Tampilan *Dashboard Monitoring* Nilai pH Pada *Smartphone* Android



Gambar 13. Tampilan *Dashboard Monitoring* Nilai pH Pada Web

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan didapat bahwa sistem kontrol nilai pH larutan nutrisi pada sistem hidroponik NFT menggunakan metode *fuzzy logic* berhasil diimplementasikan dengan rentang nilai pH yang dapat dikendalikan yaitu 5,5 – 6,5 dan memiliki *error steady state* tidak lebih dari 5%. Sistem *monitoring* nilai pH juga berhasil diimplementasikan dengan menggunakan aplikasi Blynk yang dapat diakses melalui *smartphone* Android dan juga via web.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung, atas bantuan pendanaan penyusunan tugas akhir kelompok A1.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. L. Alam and A. Nasuha, "Alat Pengontrol Ph Air dan Monitoring Lingkungan Tanaman Hidroponik Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet Of Things," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 11–20, 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.34587.
- [2] D. Pancawati and A. Yulianto, "Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 278, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n2.284.2016.
- [3] G. G. Heliadi, M. R. Kirom, and A. Suhendi, "Monitoring and Control of Nutrition on NFT Hydroponic System Based on Electrical Conductivity," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 885–893, 2018.
- [4] L. Mohammad, Suyanto, Muhammad Khamim Asy'ari, Asma'ul Husna, and Sarinah Pakpahan, "Pengembangan Sistem Hidroponik Otomatis-Modern Berbasis Panel Surya dan Baterai," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 1, pp. 77–84, 2021, doi: 10.22146/jnteti.v10i1.727.
- [5] K. Selander, "Automated Greenhouse," *Automated Greenhouse*. KTH Royal Institute of Technology School of Engineering Sciences, Stockholm, Sweden. 2017.
- [6] R. N. Prabowo, A. Qurthobi, F. T. Elektro, U. Telkom, and T. Cherry, "Control Design of Acidity Level Using Hybrid Fuzzy PID on Hydroponic System for the Growth of Tomatoes," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 923–930, 2018.
- [7] Z. Buana, O. Candra, and E. Elfizon, "SISTEM PEMANTAUAN TANAMAN SAYUR DENGAN MEDIA TANAM HIDROPONIK MENGGUNAKAN ARDUINO," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 1, pp. 74–80, Dec. 2019, Accessed: Oct. 11, 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/article/view/105169>.
- [8] N. Boonnam, J. Pitakphongmetha, S. Kajornkasirat, T. Horanont, D. Somkiadcharoen, and J. Prapakornpilai, "Optimal Plant Growth in Smart Farm Hydroponics System using the Integration of Wireless Sensor Networks into Internet of Things," *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst.*, vol. 2, no. 3, pp. 1006–1012, 2017, doi: 10.25046/aj0203127.
- [9] H. Helmy, A. Rahmawati, S. Ramadhan, T. A. Setyawan, and A. Nursyahid, "Pemantauan dan Pengendalian Kepekatan Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 4, 2018, doi: 10.22146/jnteti.v7i4.456.
- [10] J. Pitakphongmetha, N. Boonnam, S. Wongkoon, T. Horanont, D. Somkiadcharoen, and J. Prapakornpilai, "Internet of things for planting in smart farm hydroponics style," *20th Int. Comput. Sci. Eng. Conf. Smart Ubiquitous Comput. Knowledge, ICSEC 2016*, no. September 2017, 2017, doi: 10.1109/ICSEC.2016.7859872.
- [11] A. Y. H. Putra and W. S. Pambudi, "Sistem Kontrol Otomatis pH Larutan Nutrisi Tanaman Bayam Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)," *Jurnal Ilmiah Mikrotek.*, vol. 2, no. 4.
- [12] A. R. Al Tahtawi and R. Kurniawan, "PH Control for Deep Flow Technique Hydroponic IoT Systems Based on Fuzzy Logic Controller," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 4, pp. 323–329, 2020, doi: 10.14710/jtsiskom.2020.13822.
- [13] Sotyohadi, W. S. Dewa, and I. K. Somawirata, "Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–43, 2020, doi: 10.36040/alinierv1i1.2520.

Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar  
Bandung, 13-14 Juli 2022

- [14] D. F. Murtadho, M. A. Murti, C. Setianingsih, A. Cucus, and R. Y. Endra, "Perancangan Sistem Kendali Terintegrasi Berbasis IoT pada Tanaman Hidroponik dengan Komunikasi NB-IoT Menggunakan Metode Fuzzy," vol. 8, no. 4, pp. 3815–3822, 2021.
- [15] D. S. Triatmaja, A. S. Wibowo, and D. Rahmawati, "Perancangan Kendali Ph Dan Ketinggian Larutan Tangki Nutrisi Untuk Hidroponik Berbasis Internet of Things," vol. 8, no. 5, pp. 4420–4427, 2021.
- [16] A. Saelan, "Logika Fuzzy," *Strukt. Disk.*, vol. 1, no. 13508029, pp. 1–5, 2009.