

Penerapan Logika Fuzzy Pada Pengontrolan Larutan Nutrisi Tanaman Selada Menggunakan Hidroponik Nutrient Film Technique

Riska Deshinta¹, Alfatirta Mufti², Fahri Heltha³

Departemen Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jln. Teuku Nyak Arief Darussalam, Banda Aceh, 23111, Aceh, Indonesia

¹deshintia@mhs.usk.ac.id

²alfatirta.ee@usk.ac.id

³fheltha@usk.ac.id

Abstrak— Dalam meningkatkan hasil produksi selada, salah satu metode yang dapat digunakan adalah budidaya selada melalui sistem hidroponik Nutrient Film Technique. Penelitian yang melibatkan perancangan dan pembangunan sistem pengendalian pH dan PPM larutan nutrisi hidroponik dengan menggunakan metode kontrol logika fuzzy. Dalam pengujian, alat ini memiliki tujuan untuk mengendalikan nilai pH dan kadar nutrisi dengan memperkecil overshoot, rise time dan recovery time yang cepat. Selama pengujian ini, menghasilkan alat yang menunjukkan hasil kinerja yang baik dalam mengendalikan pH dan kadar nutrisi, dimana telah diperoleh data dari sensor pH untuk perubahan pH 3.6 menuju setpoint pH 6.5 menghasilkan rise time 289 detik, settling time 482 detik dan overshoot sebesar 0.15%. Setelah itu, ketika diberi gangguan pH asam (pH 5.6) membutuhkan waktu pemulihan (recovery time) selama 170 detik, ketika diberikan gangguan pH basa (pH 7.8) membutuhkan waktu pemulihan (recovery time) selama 343 detik. Pada perubahan kadar nutrisi 400 ppm menuju setpoint 700 ppm menghasilkan rise time 273 detik, settling time 453,1 detik dan overshoot sebesar 0.2%. Selain itu, ketika diberi gangguan kadar nutrisi rendah (514 ppm) membutuhkan waktu pemulihan (recovery time) selama 285 detik, ketika diberikan gangguan kadar nutrisi tinggi (817 ppm) membutuhkan waktu pemulihan (recovery time) selama 225 detik. Setelah proses tersebut, sistem alat menggunakan kontrol logika fuzzy dapat mempertahankan nilai pH sekitar 6.5 dan tingkat nutrisi sekitar 700 ppm.

Kata Kunci— Fuzzy Logic Controller, Selada Hidroponik, pH, PPM, TDS.

PENDAHULUAN

Selada merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang termasuk dalam keluarga *Asteraceae*. Tanaman selada dikenal dengan nama ilmiah *Lactuca sativa*. Selada memiliki daun hijau yang biasanya dimakan sebagai sayuran. Tanaman ini sangat populer dalam masakan dan salad di berbagai belahan dunia. Tanaman selada diyakini berasal dari Asia Barat Daya, tetapi telah tersebar luas ke seluruh dunia. Selada adalah sumber serat, vitamin, dan mineral. Ia mengandung vitamin A, vitamin K, vitamin C, folat, zat besi, kalsium, dan kalium. Rendah kalori, selada sering dimasukkan dalam diet sehat [1].

Masalah dalam usaha tani selada adalah produksinya masih jauh lebih rendah daripada potensinya. Produksi selada bergantung pada lingkungan dan interaksi pertumbuhannya. Beberapa faktor seperti pemberian pupuk yang belum ideal dan penggunaan wadah media tanam yang kurang tepat, dapat mengurangi produktivitas. Oleh karena itu, perlu upaya untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya dengan memperbaiki teknik budidaya selada seperti menerapkan sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*), guna mengatasi kendala yang dihadapi [2].

Pada dasarnya sistem hidroponik yang digunakan petani masih menggunakan sistem tradisional dan relatif lama antara lain dalam mengukur konsentrasi larutan nutrisi dan pH air nutrisi yang diserap akar tanaman, sehingga perlu adanya solusi baru untuk penyesuaian kendali konsentrasi larutan nutrisi dan pH air dalam sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) untuk mendapat hasil panen yang berkualitas tinggi [3]. Sistem hidroponik mempunyai langkah perawatan yang lebih ketat dibandingkan dengan metode lainnya. Pada sistem hidroponik ketersediaan air untuk larutan nutrisi merupakan hal yang utama, karena 80 – 90% tanaman hidroponik adalah air. Terpenuhiya air nutrisi akan mempercepat pertumbuhan pada tanaman [4].

Pengembangan sistem kontrol nutrisi pada hidroponik telah dikembangkan seperti pada [5],[6], telah menggunakan berbagai teknik kontrol pengendaliannya, seperti PID (*Proportional Integral Derivative*). Sebelumnya beberapa penelitian tentang pengontrolan nutrisi dan pH pada hidroponik NFT yang berjudul sistem pengendali pH air dan pemantauan lingkungan hidroponik NFT. Persentase overshoot yang didapat pada penelitian tersebut sebesar 2.05%[7]. Hal tersebut masih kurang efisien karena sistem kontrol nutrisi membutuhkan sistem yang stabil dan overshoot yang kecil, maka salah satu sistem kontrol yang tepat yaitu menggunakan kontrol logika fuzzy. Selain metode pengendalian, beberapa penelitian berfokus pada aspek yang berkaitan dengan sistem kontrol variabel pada tanaman hidroponik secara realtime antara lain: pH, kelembaban, suhu, nutrisi, EC, dan pengendalian ketinggian air.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Pancawati dan Yulianto, menjelaskan bahwa tingkat pH pada larutan nutrisi dapat mempengaruhi daya serap unsur hara ke akar tanaman hidroponik. Rata-rata pH ideal yang dibutuhkan pada tanaman berkisar antara pH 5.5 - 6.5. Adapun pH nutrisi yang tidak stabil berkisar pada pH 3-5 akan mengakibatkan akar membusuk [8]. Pada sistem otomatisasi dilakukan sedikit tentang kajian penerapan pengontrolan pH dan TDS pada pemeliharaan tanaman hidroponik, melainkan hanya pengaturan pemberian pupuk, pengontrolan pompa air dan pengaturan intensitas sinar matahari yang telah dikembangkan menggunakan mikrokontroler AT89S52 [9].

Pada penelitian ini digunakan metode logika *fuzzy* pada alat pengontrolan pH dan kadar nutrisi (ppm) pada tanaman selada hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) dengan mempertahankan parameter penting yaitu pH dan kadar nutrisi (ppm) yang dipantau secara berkala. Adapun performansi respon sistem terbaik dari penerapan kontrol logika *fuzzy* memiliki sistem dengan 25 aturan. Penggunaan sistem kontrol logika *fuzzy* pada sistem hidroponik harus memiliki pH dan kadar nutrisi yang sesuai sehingga dibutuhkan pengontrolan untuk menekankan persentase *overshoot* dan *rise time* yang cepat.

METODE PENELITIAN

Tahap-tahap penelitian antara lain yakni identifikasi masalah, studi literatur, pengujian hardware dan evaluasi, perancangan dan implementasi logika *fuzzy* pada alat, setelah itu data di analisis dan pengambilan data, kemudian penulisan laporan. Bahan yang dikumpulkan pada awal penelitian yakni referensi terkait dengan sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) menggunakan sistem kontrol logika *fuzzy* sugeno.

A. Perancangan dan Pengujian Hardware Sistem Kontrol pH dan PPM

Merupakan tahapan awal dalam proses perancangan pengujian sistem kontrol pH dan PPM nutrisi tanaman hidroponik, pada tahapan ini setiap konsep dari ide di definisikan dan dijelaskan dengan detail. Sistem kontrol perangkat keras ini berupa mikrokontroler, sensor dan aktuator. Perancangan ini berfungsi sebagai wadah untuk mengimplementasikan alat-alat yang digunakan pada penelitian. Adapun pada Gambar 1 menunjukkan sistem nutrisi hidroponik.

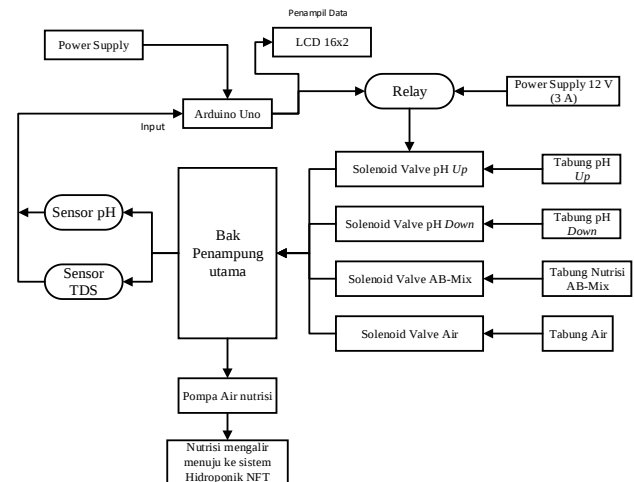
B. Implementasi Fuzzy Logic Controller

Pada tahap ini dilakukan pemodelan kontrol *fuzzy logic* berdasarkan data *input* (sensor) guna diperoleh pengontrolan *fuzzy* yang stabil dan sesuai dengan objek yang diteliti. Adapun pada Gambar 2 menunjukkan sistem kontrol *fuzzy* yang diterapkan pada sistem nutrisi hidroponik.

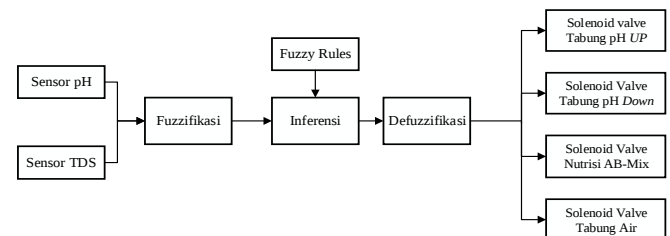
C. Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Pada tahap terakhir ini, akan dilakukan pengujian keseluruhan dari alat yang di rancang sesuai yang diharapkan. Jika terjadi kesalahan saat pengujian maka penelitian ini akan

diulang kembali ke tahap perancangan hardware sistem kontrol pH dan PPM. Namun, jika pengujian sudah berjalan sesuai yang diinginkan maka pengujian alat sudah dapat menghasilkan data yang sesuai.



Gambar 1. Blok diagram sistem pengontrol nutrisi hidroponik



Gambar 2. Blok diagram implementasi sistem kontrol logika *fuzzy*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan pembahasan mengenai hasil yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan, yang berisi hasil rancangan dan pengujian dari sistem yang telah dibuat.

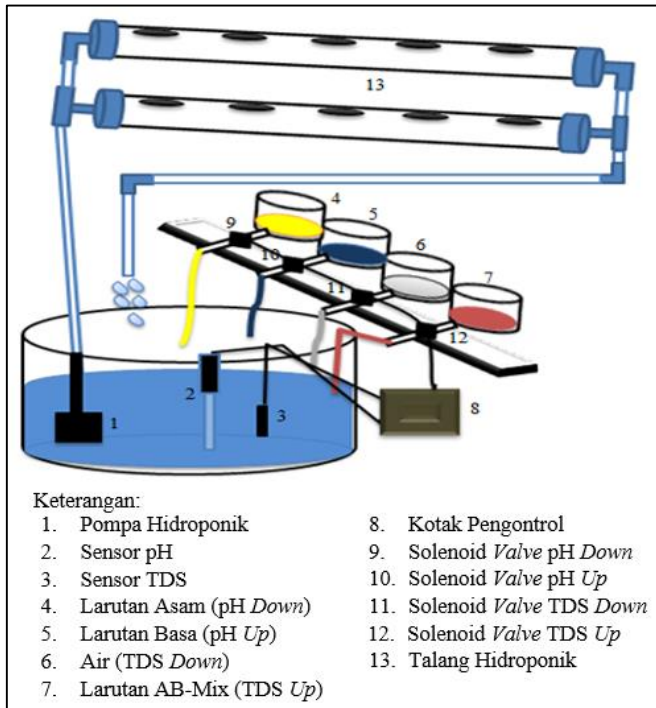
A. Hasil Rancangan Desain Sistem

Gambar 3 merupakan hasil rancangan berupa sistem yang telah dibuat untuk menjalankan penelitian. Hasil desain sistem dari rancang bangun alat pengontrol pH dan nutrisi hidroponik dengan menerapkan pengendali logika *fuzzy* yang telah dilakukan pada penelitian ini. Pengendali logika *fuzzy* yang telah dirancang dan diterapkan pada rancang bangun alat tersebut dengan menggunakan sensor pH dan sensor TDS yang diletakkan pada bagian bak penampung larutan nutrisi hidroponik.

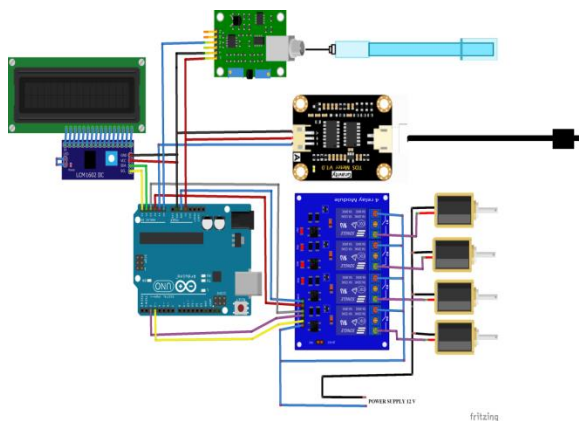
B. Hasil Rangkaian Komponen Alat

Adapun pada bagian *input* terdapat hasil dari pembacaan sensor pH dan sensor TDS yang kemudian akan diproses oleh mikrokontroler ATmega328. Pada mikrokontroler akan memproses data yang dibaca oleh sensor-sensor, kemudian *relay* akan menerima masukan dari mikrokontroler untuk mengendalikan *solenoid valve*. Pada penelitian ini menggunakan 4 *solenoid valve* sebagai keluaran

sesuai dengan hasil pembacaan *input* pada sensor menggunakan kendali logika *fuzzy*. Selain itu, akan dilakukan desain rangkaian komponen-komponen elektronika seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Desain rancang bangun prototype



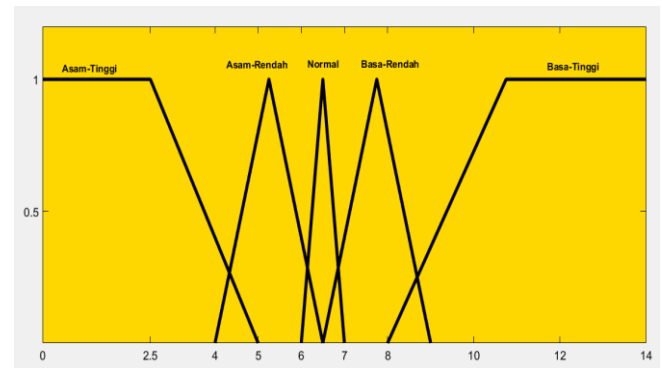
Gambar 4. Desain rangkaian komponen alat

Pada Gambar 4, terdapat 2 sensor yaitu sensor pH dan sensor TDS yang masing-masing berfungsi untuk membaca perubahan nilai pH dan nutrisi (PPM) dari larutan nutrisi. Kemudian komponen alat yang digunakan untuk mengolah data dan mengendalikan logika *fuzzy* yaitu arduino uno. Selain itu, data berupa *input* yang diperoleh dari sensor-sensor akan menentukan durasi bukaan *output* atau aktuator berupa bukaan katup solenoid. Aktuator yang digunakan sebanyak 4 katup solenoid yang masing-masing memasukkan cairan yang berbeda-beda. Semua hasil nilai *output* yang sebelumnya telah diproses oleh arduino akan ditampilkan pada layar LCD

2x16. Informasi yang ditampilkan LCD berupa nilai pH, nilai PPM dan durasi dari *output* solenoid valve pH up, pH down, AB-mix, dan juga air.

C. Hasil Rancangan Sistem Logika Fuzzy

Adapun beberapa tahap-tahapan yang harus dilakukan untuk merancang sistem logika *fuzzy* antara lain fuzzifikasi, dan defuzzifikasi. Pada Gambar 5 memperlihatkan fungsi keanggotaan untuk variabel *input* nutrisi pada himpunan *fuzzy*. Jika pembacaan sensor pada pH 5.8, maka *input* sistem termasuk ke dalam keanggotaan asam rendah dan normal. Untuk menghitung pH 5.8 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

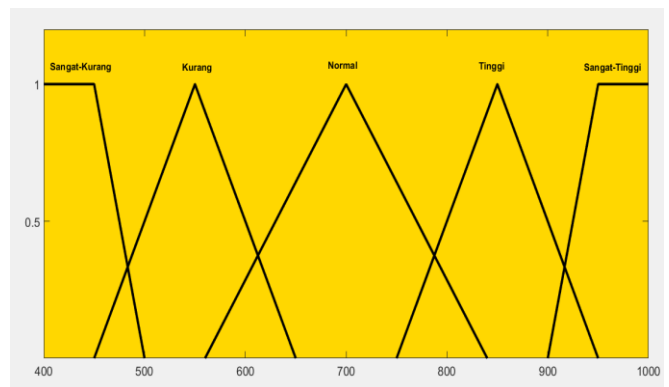


Gambar 5. Fungsi Keanggotaan input pH

$$\mu(x) = \frac{(d-x)}{(d-c)} \quad (1)$$

$$\mu(3.6) = \frac{(5-3.6)}{(5-2.5)} = 0,56$$

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil bahwa derajat keanggotaan asam tinggi yaitu 0.56. Berikut gambar di bawah ini menggambarkan nilai fungsi keanggotaan *input* kepekatan nutrisi oleh sensor TDS.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan input kadar nutrisi (ppm)

Proses menerapkan aturan *fuzzy* untuk mendapatkan *output fuzzy*. Aturan *fuzzy* adalah aturan yang terdiri dari pernyataan IF-THEN. pernyataan IF-THEN menyatakan bahwa jika kondisi IF terpenuhi, maka kesimpulan THEN akan dihasilkan. Kondisi IF dan kesimpulan THEN dinyatakan

dalam nilai *fuzzy*. Apabila aturan yang dipakai merupakan aturan *fuzzy*, maka dapat ditulis seperti pada rumus 2, dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*.

$$\text{IF } X \text{ is } A \text{ THEN } Y \text{ is } B \quad (2)$$

Adapun Tabel 1 menyatakan *rule base* untuk pH dan kadar nutrisi. *Rule* yang akan digunakan dalam menghubungkan *input fuzzy* dengan *rules fuzzy*, diantaranya sebagai contoh jika *input* pH sebesar 3,6 termasuk kedalam himpunan ASAM TINGGI, maka “IF pH adalah Asam Tinggi THEN pH Up adalah Lama AND pH Down adalah Mati”.

TABLE I
RULES VARIABEL INPUT PH

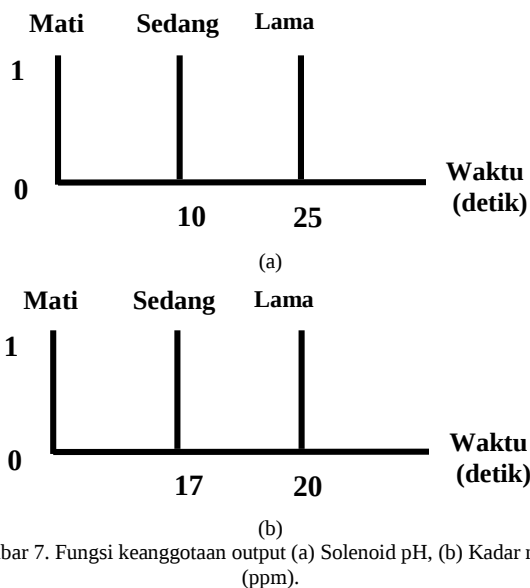
pH	pH UP	pH DOWN
Asam Tinggi	25 (Lama)	0 (Mati)

Pada Tabel 1 diketahui bahwa jika variabel input pH termasuk ke dalam himpunan ASAM RENDAH, nilai pH Up dari himpunan ASAM TINGGI adalah 25 (Lama), nilai pH Down adalah 0 (Mati). Pada Tabel 2 diketahui bahwa jika variabel input TDS termasuk ke dalam himpunan SANGAT RENDAH, Nilai TDS Up himpunan adalah 24 (Lama) dan dan TDS Down 0 (Mati).

TABLE II
RULES VARIABEL INPUT TDS

TDS	TDS UP	TDS DOWN
Sangat Rendah	24 (Lama)	0 (Mati)

Selanjutnya dilakukan defuzzifikasi. Defuzzifikasi adalah proses mengubah keluaran sistem *fuzzy* dari bentuk *fuzzy* menjadi bentuk nilai *crisp*. Input dari proses ini adalah himpunan yang dihasilkan dari proses komposisi dan *output* adalah sebuah nilai. Terlihat pada gambar dibawah ini merupakan fungsi keanggotaan bentuk *singleton*.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan output (a) Solenoid pH, (b) Kadar nutrisi (ppm).

Pada Gambar 7 fungsi keanggotaan *output* dari kadar pH dan nutrisi, untuk mendapatkan nilai tersebut menggunakan referensi dari penelitian sebelumnya dan juga dilakukan *trial and error* guna mendapatkan hasil yang sesuai kebutuhan dari tanaman tersebut menggunakan sistem kontrol logika *fuzzy*. Waktu yang dibutuhkan oleh setiap kondisi berbeda-beda, pada kondisi solenoid valve pH dalam keadaan sedang menyala selama 10 detik dan jika dalam keadaan lama menyala selama 25 detik. Sedangkan pada kondisi solenoid valve nutrisi ppm dalam keadaan sedang menyala selama 17 detik dan jika dalam keadaan lama menyala selama 24 detik. Pada tahap ini proses *defuzzifikasi fuzzy* Sugeno digunakan metode rata-rata (*average*). Metode *Weighted of Average* (WA) adalah salah satu metode *defuzzifikasi* yang menggunakan persamaan 3, dimana WA adalah nilai rata-rata (nilai *crisp*), a_n adalah nilai predikat aturan ke- n , dan z_n adalah indeks nilai *output* (konstanta). Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka didapatkan *output* Solenoid Valve untuk menaikkan pH (pH Up) pada pH 3.6 adalah 25 detik, dan *output* Solenoid Valve menaikkan kepekatan nutrisi (TDS Up) pada 400 PPM adalah 24 detik.

$$WA = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3 + \dots + a_n z_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \quad (3)$$

Gambar 8 menunjukkan pemetaan antara variabel-variabel output dalam penerapan matlab untuk pemrosesan FIS (*Fuzzy Inference System*) terintegrasi dengan *fuzzy logic toolbox* dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 8. Hasil defuzzifikasi pH 3.6 dan kadar nutrisi 400 ppm pada Matlab.

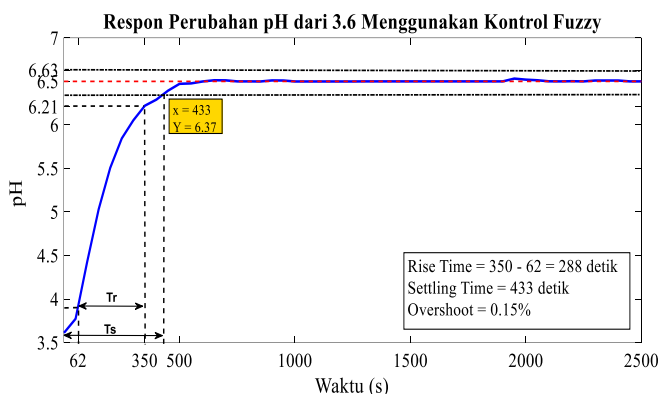
Berdasarkan perhitungan *defuzzifikasi* menggunakan rumus diatas dan hasil dari matlab yang dapat dilihat pada Gambar 4.4, dapat disimpulkan bahwa ketika nilai input pH = 3.6 dan TDS = 400 PPM maka didapatkan *output* katup solenoid pH Up menyala selama 25 detik dan pH Down tidak menyala detik, sedangkan *output* katup solenoid TDS Up menyala selama 24 detik dan TDS Down tidak menyala.

D. Pengujian Kestabilan Respon Sistem Menggunakan Kendali Logika Fuzzy

Pada pengujian ini respon sistem akan diuji menggunakan sistem kontrol fuzzy. Input pH dan nutrisi yang akan diuji dengan masing-masing nilai yang berbeda. Selanjutnya

didapat data untuk dianalisa yaitu kecepatan respon (*rise time*), persentase *overshoot*, *steady state*, dan *steady state error*.

1) **Mekanisme Kontrol Fuzzy untuk Perubahan Nilai pH:** Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat kinerja kontrol fuzzy sekaligus meningkatkan nilai pH pada hidroponik. Nilai awal pH diatur sebesar 3.6 dan menggunakan 25 *rules fuzzy*. Adapun untuk grafik respon perubahan pH dapat dilihat pada gambar Gambar 9. Terlihat pada gambar bahwa nilai pH mengalami kenaikan dari mulai pH 3.6. Respon waktu pengendalian terhadap nilai pH asam mengalami *rise time* pada waktu ke 289 detik pembacaan nilai pH sudah mengalami stabil dengan *setpoint* yaitu sebesar pH 6.5 dengan *settling time* sebesar 428 detik. Pada grafik Gambar 4.7 tersebut terdapat sedikit gangguan yang disebabkan oleh sensor yang digunakan memiliki akurasi ± 0.1 pH. Hasil respon sistem yang diperoleh masih dalam rentang toleransi. Kemudian dari hasil pengujian didapatkan *overshoot* dari sistem yaitu 0.15% dan tidak memiliki *steady state error* sehingga dapat disimpulkan bahwa pengendali kontrol logika fuzzy berjalan dengan sangat baik dan sesuai yang diinginkan.

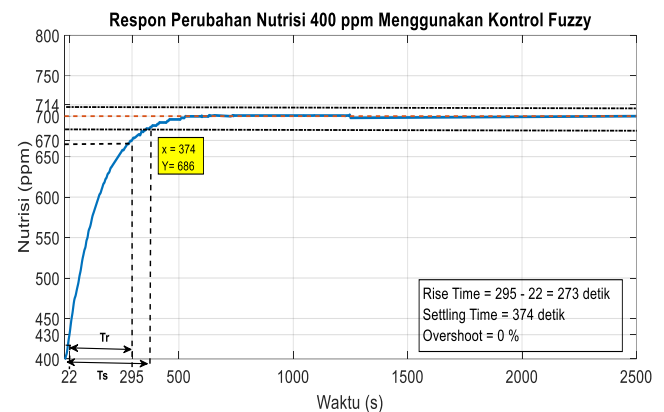


Gambar 9. Grafik respon perubahan pH dari 3.6 menggunakan kontrol fuzzy

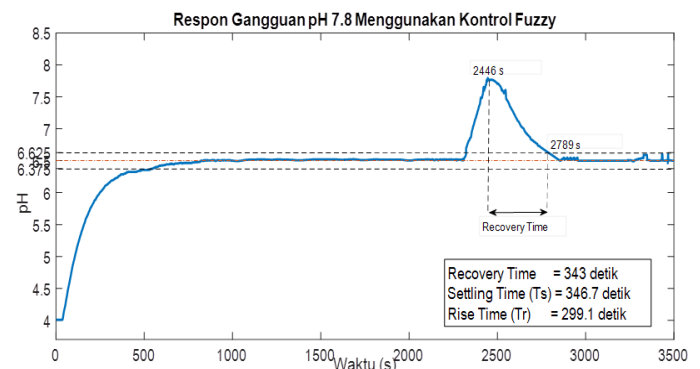
2) **Mekanisme Kontrol Logika Fuzzy untuk Perubahan Nutrisi:** Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat kinerja kontrol fuzzy sekaligus meningkatkan kadar nutrisi pada hidroponik. Nilai awal nutrisi diatur sebesar 700 ppm dan menggunakan 25 *rules fuzzy*. Adapun untuk grafik respon perubahan nutrisi dapat dilihat pada Gambar 10. Pada terlihat bahwa nilai ppm mengalami kenaikan dari mulai 400 ppm. Respon waktu pengendalian terhadap nilai nutrisi mengalami *rise time* pada waktu 273 detik pembacaan nilai pH sudah mengalami stabil dengan *setpoint* yaitu sebesar 700 ppm dengan *settling time* sebesar 453,1 detik. Pada grafik Gambar 4.8 tersebut terdapat sedikit gangguan yang disebabkan oleh sensor TDS yang digunakan memiliki akurasi $\pm 10\%$. Hasil respon sistem yang diperoleh masih dalam rentang toleransi. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *overshoot* 0% dan *steady state error* sebesar 0.2%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengendali kontrol logika fuzzy berjalan dengan sangat baik dan sesuai yang diinginkan.

3) **Pengujian Kestabilan Sistem Kontrol Logika Fuzzy diberi Gangguan:** Pada tahapan pengujian ini, dilakukan dua pengujian kestabilan sistem pengendali logika fuzzy ketika

diberi gangguan (*disturbance*) pH asam-basa dan kadar nutrisi. Pengujian pemberian gangguan asam (pH 5.6) dan pengujian pemberian gangguan basa (pH 7.8). Selain itu, dilakukan pengujian pemberian gangguan pada kadar nutrisi tinggi (829 ppm) dan pemberian gangguan kadar nutrisi rendah (514 ppm). Berikut hasil grafik pengujian pemberian gangguan pH basa (pH 7.8) pada respon sistem dapat dilihat dibawah ini. Dari grafik respon sistem pada gambar dapat diketahui bahwa ketika diberikan gangguan berupa pH basa yaitu pH 7.8 respon memiliki nilai *recovery time* sebesar 343 detik. Nilai *recovery time* yang diperoleh tidak lama maka dapat disimpulkan sistem bekerja dengan baik. Selanjutnya, grafik dari hasil respon pemberian gangguan pH asam (pH 5.6) menggunakan kontrol logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 11.



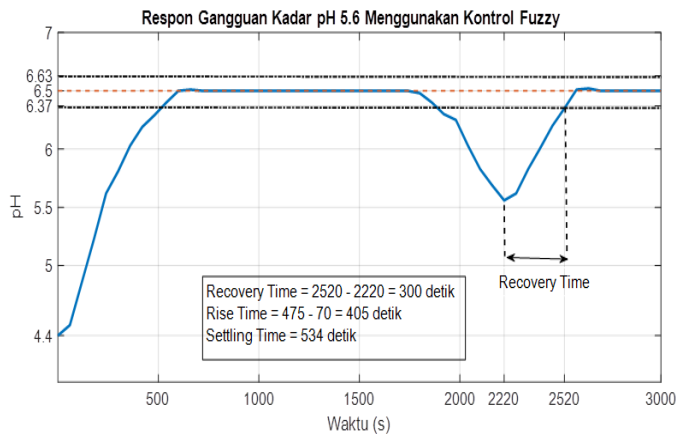
Gambar 10. Grafik perubahan nutrisi dari 400 ppm menggunakan kontrol fuzzy



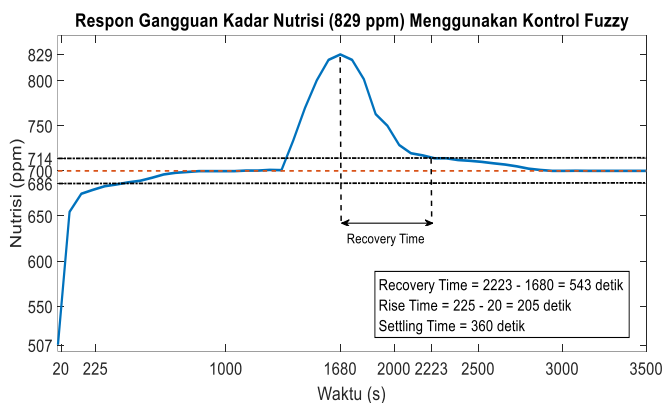
Gambar 11. Grafik respon pemberian gangguan pH basa (pH 7.8)

Dari grafik respon sistem pada gambar dapat diketahui bahwa ketika diberikan gangguan berupa pH basa yaitu pH 7.8 respon memiliki nilai *recovery time* sebesar 343 detik. Nilai *recovery time* yang diperoleh tidak lama maka dapat disimpulkan sistem bekerja dengan baik. Selanjutnya, grafik dari hasil respon pemberian gangguan pH asam (pH 5.6) menggunakan kontrol logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 12. Terlihat pada gambar bahwa saat respon pengendali fuzzy diberi gangguan pH asam (pH 5.6), didapatkan waktu pemulihan (*recovery time*) yaitu selama 300 detik. Nilai *recovery time* yang diperoleh tidak lama maka dapat disimpulkan sistem ketika diberi gangguan pH asam dapat

bekerja dengan baik. Berikut hasil grafik pengujian pemberian gangguan kadar nutrisi tinggi (829 ppm) pada respon sistem dapat dilihat pada Gambar 13.



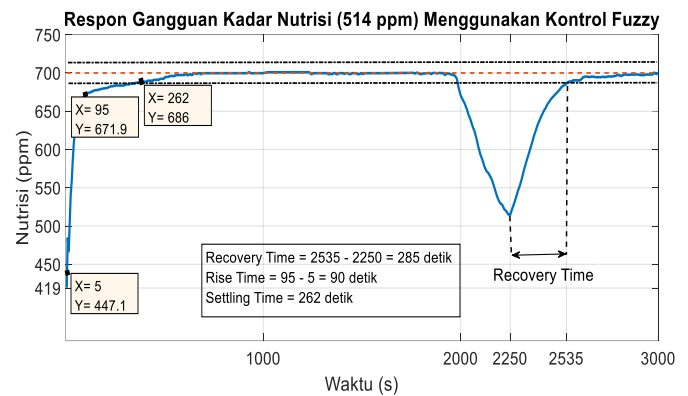
Gambar 12. Grafik respon pemberian gangguan pH asam



Gambar 13. Grafik respon pemberian gangguan kadar nutrisi tinggi (829 ppm)

Pada Gambar 4.11 terlihat bahwa nilai nutrisi (ppm) pada saat respon pengendali fuzzy diberi gangguan nutrisi tinggi (829 ppm), didapatkan waktu pemulihan (*recovery time*) yaitu selama 543 detik untuk kembali mencapai *setpoint* 700 ppm. Nilai *recovery time* yang diperoleh tidak lama maka dapat disimpulkan sistem ketika diberi gangguan kadar nutrisi tinggi dapat bekerja dengan baik. Berikut hasil grafik pengujian pemberian gangguan kadar nutrisi rendah (514 ppm) pada respon sistem dapat dilihat pada Gambar 14.

Pada Gambar 14 terlihat bahwa nilai ppm mengalami penurunan untuk mencapai *setpoint* 700 ppm karena telah diberi gangguan kadar nutrisi rendah sebesar 514 ppm. Waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan (*recovery time*) sebesar 285 detik. Respon waktu pengendalian terhadap nilai nutrisi mengalami *settling time* pada waktu ke 262 detik dan *rise time* sebesar 90 detik. Nilai *recovery time* yang diperoleh tidak membutuhkan waktu yang lama, maka dapat disimpulkan sistem ketika diberi gangguan kadar nutrisi tinggi dapat bekerja dengan baik.



Gambar 13. Grafik respon pemberian gangguan kadar nutrisi rendah (514 ppm)

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa sistem kontrol pH dan nutrisi hidroponik sudah stabil. Didapatkan pada perubahan pH menghasilkan sistem dengan nilai *rise time* 289 detik dan *overshoot* sebesar 0.15%. untuk perubahan nutrisi, menghasilkan *rise time* 273 detik dan *overshoot* 0.2%, sehingga sistem dikatakan dapat bekerja dengan sangat baik. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan sistem respon yang baik saat sistem diberikan gangguan pH asam (pH 5.6) membutuhkan waktu pemulihan (*recovery time*) selama 170 detik, dan ketika diberikan gangguan pH basa (pH 7.8) membutuhkan waktu pemulihan selama 343 detik. Pengujian respon gangguan kadar nutrisi tinggi (829 ppm) didapatkan nilai *recovery time* selama 543 detik dan untuk pengujian respon gangguan kadar nutrisi rendah (514 ppm) didapatkan nilai *recovery time* selama 285 detik.

REFERENSI

- [1] B. F. T. Qurrohman, *Bertanam Selada Hidroponik Konsep dan Aplikasi*. Bandung, 2021. DOI: 10.36987/informatika.v6i3.1619
- [2] J. C. V. Puno, J. J. I. Haban, J. D. Alejandrino, A. A. Bandala, and E. P. Dadios, "Design of a nutrient film technique hydroponics system with fuzzy logic control," *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2020-Novem, pp. 403–408, 2020.
- [3] J. Ardiyanto, "Perancangan Sistem Pengendalian pH Dengan Menggunakan Auto Tuning Proportional Integral Derivative pada in line-mixer," 2018.
- [4] N. Insyani, M. R. Kirom, S. Si, M. Si, and A. Qurthobi, "Pengaruh Kontrol Nutrisi dengan Menggunakan Proportional Integral Ziegler Nichols Terhadap Produksi Selada dengan Teknik Hidroponik NFT," vol. 7, no. 1, 2020.
- [5] Habibullah, "Sistem Kontrol Otomatis Nutrisi Air Hidroponik Dan Monitoring Suhu, Ph, Nutrisi, Dan Volume Cadangan Air Nutrisi Menggunakan Web Monitoring Pada Tanaman," 2020.
- [6] Z. Buana, O. Candra, and Elfizon, "Sistem Pemantauan Tanaman Sayur dengan Media Tanam Hidroponik Menggunakan Arduino," 2019.
- [7] T. D. Putranto and B. F. Rohman, "Rancang Bangun Sistem Otomasi Pemberian Nutrisi dan Pencahayaan Untuk Tahap Penyemaian Benih Selada Pada Perkebunan Surabaya Hidroponik," 2016.
- [8] D. Pancawati dan 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.