

SISTEM KONTROLING DENGAN AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) PADA PEMBERIAN NUTRISI HIDROPONIK

Andi Farmadi ¹⁾, Muliadi ²⁾

^{1,2)} Prodi Ilmu Komputer FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat,
Jl. Ahmad Yani Km.36 Banjarbaru
Email : andifarmadi@ulm.ac.id

Abstrack

Nutrient levels for plants are very influential in the development of hydroponic plants. Plants that lack nutrients can cause plants to become stunted, wither or even die, but excessive nutrition will result in plants being susceptible to fungal pests and can also cause plant death. Another factor in controlling the provision of nutrients to hydroponic plants is the stability of the pH of the water before hydroponic administration. In this study, the artificial intelligence method, a fuzzy logic control method, was used in stabilizing the acidity level of nutrient water with the Sugeno method. The Fuzzyfication approach used was Center of Maximum (CoM). For the automatic feeding model, it is determined using a polynomial model of order-3 in units of ppm/liter per week. So, based on this method, a monitoring application can be developed using the Labview blog diagram model application.

Keywords : Fuzzy Logic Control, LabView, hydroponic Nutrient.

Abstrak

Kadar nutrisi untuk tumbuhan sangat berpengaruh dalam perkembangan tanaman hidroponik, Tanaman yang kekurangan nutrisi dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil, layu atau bahkan mengalami kematian, namun pemberian nutrisi secara berlebihan akan mengakibatkan tanaman rentan terserang hama cendawan dan juga dapat menyebabkan kematian pada tanaman. Faktor lain dalam Pengontrolan pemberian nutrisi tanaman hidroponik adalah kestabilan Ph air sebelum pemberian hidroponik, pada penelitian ini digunakan metode kecerdasan buatan metode fuzzy logic control dalam penstabilan tingkat keasaman air nutrisi dengan pendekatan metode Sugeno, Pendekatan Fuzzyfikasi yang digunakan adalah Center of Maximum (CoM), untuk model pemberian nutrisi secara otomatisasi ditetapkan menggunakan model polynomial orde-3 dalam satuan ppm/liter perminggu. Sehingga dengan dasar metode tersebut maka dapat dikembangkan Aplikasi monitoring yang dibangun menggunakan aplikasi model diagram blog Labview.

Kata Kunci : Fuzzy Logic Control, LabView, Nutrisi Hidroponik.

1. PENDAHULUAN

Sistem hidroponik merupakan sistem budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media tanamnya tetapi menggunakan air dengan penambahan nutrisi. Nutrisi yang digunakan dalam hidroponik terkandung zat-zat unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman hidroponik agar tanaman dapat tumbuh dengan baik, nutrisi umumnya mengandung unsur hara makro dan mikro [4].

Tanaman yang kekurangan nutrisi dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil, layu atau bahkan mengalami kematian, namun pemberian nutrisi secara berlebihan akan megakibatkan tanaman rentan terserang hama cendawan dan juga dapat menyebabkan kematian pada tanaman [6]. Waktu pemberian nutrisi dan banyaknya nutrisi yang harus diberikan ke tanaman juga menjadi hal penting dalam budidaya tanaman hidroponik, dibutuhkan tenaga ahli dan pengalaman akan kebutuhan nutrisi pada tanaman hidroponik [14].

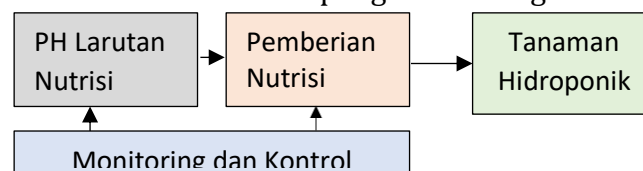
Parameter penting yang harus dimonitoring sebelum pemberian nutrisi hidroponik adalah pemantauan tingkat keasaman air yang akan dialirkan ketanaman hidroponik. Nutrisi yang diberikan pada tanaman erat kaitannya dengan derajat keasaman (pH) air, dimana pH air akan mempengaruhi daya larut unsur hara untuk kesuburan tanaman hal tersebut menjadi faktor terpenting yang mempengaruhi tingkat penyerapan tanaman terhadap nutrisi yang terlarut dalam air [15]. Pada kenyataan nilai pH nutrisi dalam tangki selalu berubah disebabkan berbagai faktor seperti media tanam dan jenis nutrisi, sehingga Pengontrolan terhadap tingkat keasaman air ini menjadi sangat penting dalam siklus pemeliharaan tanaman hidroponik. Pengontrolan yang baik yaitu ketika data parameter yang diamati dapat diolah dalam algoritma sistem cerdas AI (*Artificial Intelligence*) dan disajikan dalam Sistem Monitoring dalam pembacaan grafis dalam blok diagram desain [7].

Pengimplimentasikan metode sistem control untuk mengatur PH pada kandungan nutrisi hidroponik diharapkan mampu mempertahankan nilai PH sesuai dengan yang ditetapkan. Sistem Pengontrolan dengan sistem cerdas dapat berupa pemanfaatan metode fuzzy untuk mengontrol tingkat keasaman air sebelum pemberian nutrisi dilakukan dan pemberian tingkat nutrisi akan berbeda beda setiap tanaman dan diperlukan data histori kebutuhan nutrisi untuk beberapa tanaman, sistem pemberian nutrisinya juga bergantung pada umur tanaman, sistem atau metode yang dapat digunakan adalah menggunakan sistem Regresi Linear antara banyaknya nutrisi terlarut dan umur tanaman hidroponik.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Model Pemberian Nutrisi

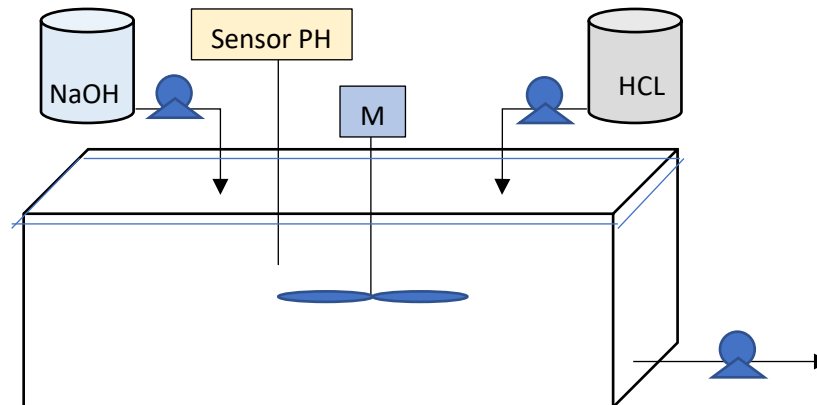
Pada model pemberian nutrisi, bak/tangki air nutrisi akan dikontrol kadar PH pada set point yang ditentukan pada kadar keasaman larutan sesuai dengan jenis tanaman hidroponik yang dibudidayakan. PH larutan akan distabilkan dengan menggunakan fuzzy logic control sebelum pemberian larutan Nutrisi disalurkan pada tanaman hidroponik. Sistem Monitoring dengan melakukan pengukuran tingkat kadar asam larutan nutrisi dan pengukuran tingkat EC larutan nutrisi.



Gambar 1. Model pemberian nutrisi

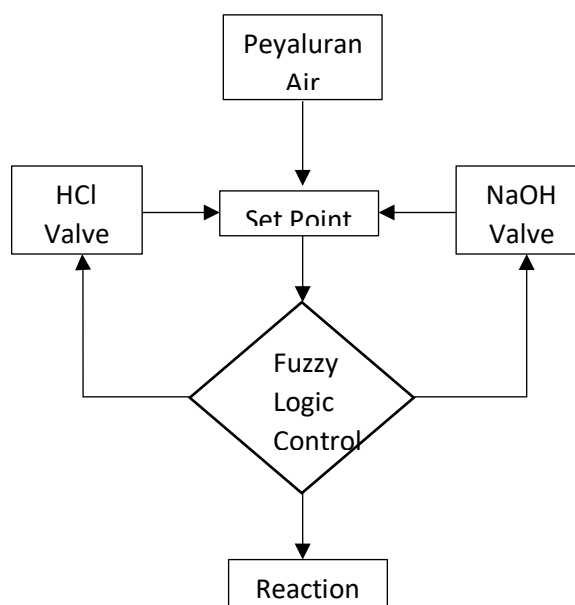
Sensor Ph mengukur tingkat keasaman air dan EC mengukur tingkat kadar nutris yang terlarut dalam air, monitoring dilakukan dengan pemantauan di layar monitor dengan pengembangan program LabView.

2.2. Sistem Kontrol Ph Larutan Nutrisi



Gambar 2. Sistem Kontrol Ph air Nutrisi

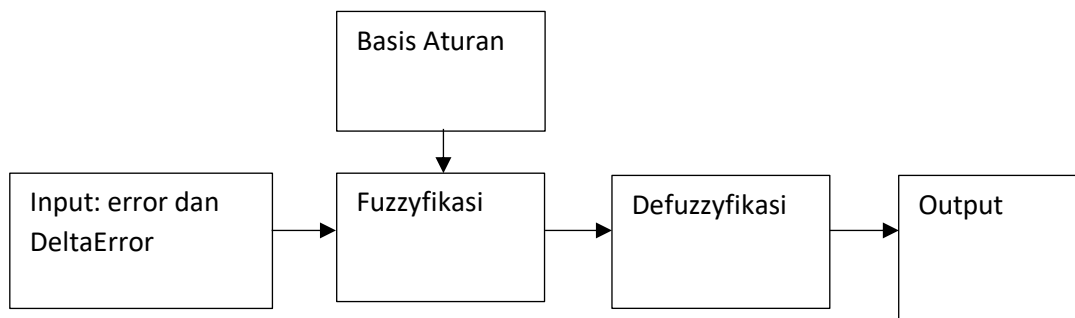
Pengontrolan Ph larutan dengan menjaga kestabilan Ph pada set poin yang ditentukan sesuai dengan jenis tanaman hidroponik, untuk meningkatkan kadar asam maka larutan HCL akan ditambahkan pada larutan hingga pada batas set poin yang telah ditetapkan, dan untuk menurunkan tingkat keasaman maka larutan NaOH ditambahkan hingga tercapai nilai sesuai pada set poin yang telah ditetapkan, pengendalian derajat keasaman dengan melakukan Pengontrolan menggunakan metode Fuzzy Logic Control dengan mengikuti alur sebagai berikut.



Gambar 3. Flowchart sistem pengontrolan dengan FLC

Kebanyakan kadar asam air nutrisi cenderung meningkat menjadi lebih asam, diakibatkan endapan nutrisi yang meningkatkan kadar asam dalam larutan nutrisi.

2.3. Model Fuzzy Logic Control



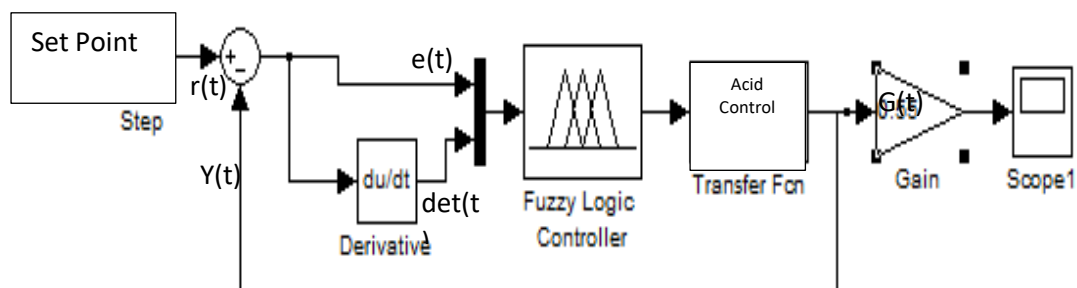
Gambar 4. Sistem Fuzzy Logic Control

Data input berupa data numerik tegas (crisp) yaitu error dan perubahan error, kemudian dilakukan fuzzyfikasi untuk mengubah ke dalam data dengan bilangan kabur atau fuzzyfikasi, dengan basis aturan nilai fuzzyfikasi kemudian diubah kembali ke dalam bilangan tegas pada tahap defuzzyfikasi. Data defuzzyfikasi ini akan menjadi keluaran dari sistem fuzzy.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Simulasi Sistem Kontrol dengan FLC (Fuzzy Logic Control)

Simulasi Fuzzy Logic Control menggunakan Simulink untuk melihat output dari fuzzy control yang di desain.



Gambar 5. Model Simulasi sistem Pengontrolan Ph dengan FLC

Data inputan FCL yang digunakan adalah nilai Error pH atau $e(t)$ dan perubahan nilai error (delta Error) atau $det(t)$ yang merupakan fungsi dari waktu

sesuai dengan persamaan 1 dan persamaan 2. nilai $e(t)$ dan $de(t)$ menyatakan nilai kesalahan dan perubahannya saat ini. Nilai $r(t)$ menyatakan nilai referensi atau Set Point yang ditentukan berdasarkan nilai referensi ketetapan PH dari larutan hidroponik, $y(t)$ nilai keluaran dari kontrol FLC, dan $e(t-1)$ nilai error sebelumnya. Data keluaran $u(t)$ yang dihasilkan oleh FLC ini adalah berupa lama pembukaan valve cairan pH pada kondisi grafik menaik dan pH pada kondisi grafik menurun yang merupakan penggerak dari pompa pembuka Valve. Besarnya nilai perubahan pH hasil pembukaan valve cairan larutan penetral pH tersebut kemudian diukur oleh sensor pH dan diumpan-balikkan ke bagian pengendali untuk kembali mendeteksi nilai kesalahan dan perubahannya. Proses ini akan terus menerus terjadi hingga nilai kesalahan masuk ke dalam batas toleransi.

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad \dots\dots\dots$$

(1)

jika $r(t) < y(t)$ maka nilai ukur Ph Sensor lebih besar dibandingkan dengan nilai Ph set poin

jika $r(t) > y(t)$ maka nilai ukur Ph Sensor lebih kecil dibandingkan dengan nilai Ph set poin

jika $r(t) = y(t)$ maka nilai ukur Ph Sensor sama dengan nilai Ph set poin

$$de(t) = e(t) - e(t-1) \quad \dots\dots\dots$$

(2)

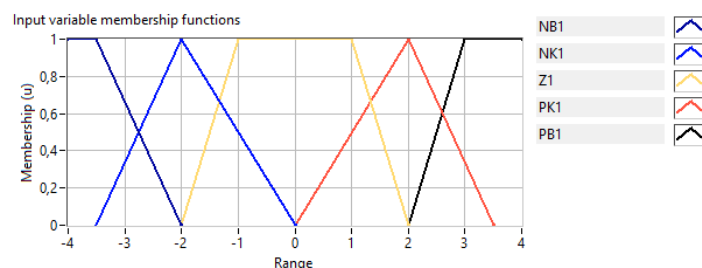
jika $e(t) < e(t-1)$ berarti nilai kesalahan/error akan cenderung turun

jika $e(t) > e(t-1)$ berarti nilai kesalahan/error akan cenderung naik

jika $e(t) = e(t-1)$ berarti nilai kesalahan /error akan cenderung konstan

3.2. Fuzzyfikasi pada variable Error Ph

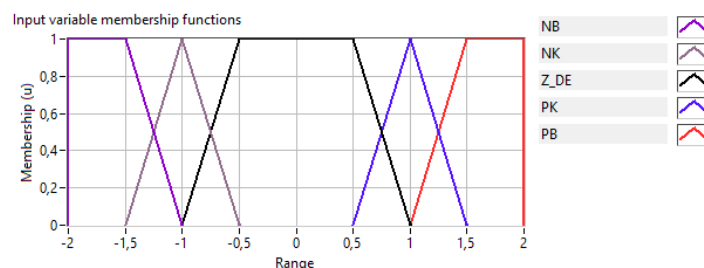
Tahap fuzzifikasi bertujuan untuk mengubah variabel yang bersifat tegas (crisp) menjadi variabel yang bersifat samar (fuzzy). Pada tahap ini, nilai tegas dari kesalahan pH dan perubahannya diubah menjadi variabel linguistik sesuai ketiga himpunan pada masing-masing fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan. Himpunan Fuzzifikasi variable Ph terdiri dari 5 himpunan yaitu himpunan NB1 (Negatif Besar) dimana angka 1 hanya membedakan nama variabel error dengan delta error, himpunan NK1 (Negatif Kecil), himpunan Z1 (Zero) atau himpunan netral, PK1 (Positif Kecil) dan Himpunan PB1 (Positif Besar), dengan data range dari -6 hingga 6, grafik himpunan dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 6. Fuzzyfikasi untuk variabel erro

3.3. Fuzzifikasi pada variable Delta Error Ph

Himpunan Fuzzifikasi variable Ph terdiri dari 5 himpunan yaitu himpunan NB (Negatif Besar), himpunan NK (Negatif Kecil), himpunan Z1 (Zero) atau himpunan netral, PK (Positif Kecil) dan Himpunan PB (Positif Besar), dengan data range dari -2 hingga 2, grafik himpunan dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 7. Fuzzifikasi untuk variabel Delta error

3.4. Basis Aturan Fuzzy Logic Control

Setelah fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran ditentukan, selanjutnya ditetapkan basis seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Basis Aturan

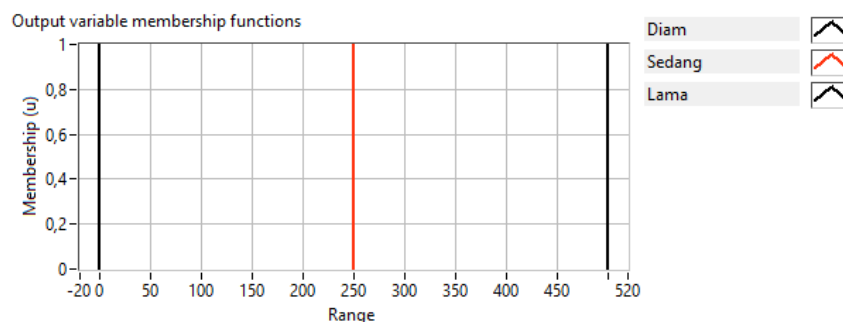
Error/Error	NB1	NK1	Z1	PK1	PB1
NB	Lama	Sedang	Diam	Sedang	Lama
NK	Lama	Sedang	Diam	Sedang	Lama
Z_DE	Lama	Sedang	Diam	Sedang	Lama
PK	Lama	Sedang	Diam	Sedang	Lama
PB	Lama	Sedang	Diam	Sedang	Lama

Basis aturan yang digunakan terdiri dari 25 aturan bila disusun dalam aturan If – Then maka pernyataannya akan menjadi sebagai berikut :

1. IF 'Error' IS 'NB1' AND 'DeltaError' IS 'NB' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
2. IF 'Error' IS 'NK1' AND 'DeltaError' IS 'NB' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
3. IF 'Error' IS 'Z1' AND 'DeltaError' IS 'NB' THEN 'Mesin' IS 'Diam'
4. IF 'Error' IS 'PK1' AND 'DeltaError' IS 'NB' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
5. IF 'Error' IS 'PB1' AND 'DeltaError' IS 'NB' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
6. IF 'Error' IS 'NB1' AND 'DeltaError' IS 'NK' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
7. IF 'Error' IS 'NK1' AND 'DeltaError' IS 'NK' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
8. IF 'Error' IS 'Z1' AND 'DeltaError' IS 'NK' THEN 'Mesin' IS 'Diam'
9. IF 'Error' IS 'PK1' AND 'DeltaError' IS 'NK' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
10. IF 'Error' IS 'PB1' AND 'DeltaError' IS 'NK' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
11. IF 'Error' IS 'NB1' AND 'DeltaError' IS 'Z_DE' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
12. IF 'Error' IS 'NK1' AND 'DeltaError' IS 'Z_DE' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
13. IF 'Error' IS 'Z1' AND 'DeltaError' IS 'Z_DE' THEN 'Mesin' IS 'Diam'
14. IF 'Error' IS 'PK1' AND 'DeltaError' IS 'Z_DE' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
15. IF 'Error' IS 'PB1' AND 'DeltaError' IS 'Z_DE' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
16. IF 'Error' IS 'NB1' AND 'DeltaError' IS 'PK' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
17. IF 'Error' IS 'NK1' AND 'DeltaError' IS 'PK' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
18. IF 'Error' IS 'Z1' AND 'DeltaError' IS 'PK' THEN 'Mesin' IS 'Diam'
19. IF 'Error' IS 'PK1' AND 'DeltaError' IS 'PK' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
20. IF 'Error' IS 'PB1' AND 'DeltaError' IS 'PK' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
21. IF 'Error' IS 'NB1' AND 'DeltaError' IS 'PB' THEN 'Mesin' IS 'Lama'
22. IF 'Error' IS 'NK1' AND 'DeltaError' IS 'PB' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
23. IF 'Error' IS 'Z1' AND 'DeltaError' IS 'PB' THEN 'Mesin' IS 'Diam'
24. IF 'Error' IS 'PK1' AND 'DeltaError' IS 'PB' THEN 'Mesin' IS 'Sedang'
25. IF 'Error' IS 'PB1' AND 'DeltaError' IS 'PB' THEN 'Mesin' IS 'Lama'

3.5. Himpunan Output Penetral PH

Himpunan Fuzzifikasi variable mesin pembuka valve dalam menstabilkan tingkat keasaman air pada bak tangki nurtris yaitu memberikan output lama mesin beroperasi yang terdiri variabel singleton yang mengatur lama operasi mesin pembuka valve (katup) dengan data range dari 0 hingga 500, ada 3 keanggotaan pada himpunan ini, 0 untuk mesin mati, 250 untuk mesin menyala dengan durasi sedang dan untuk nilai 500 dengan mesin menyala lama, grafik himpunan dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 8. Output waktu penyalaan mesin valve

3.6. Defuzzifikasi

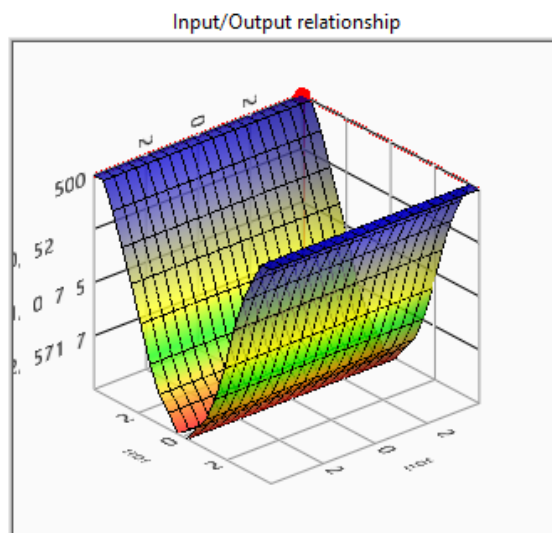
Bagian terakhir pada algoritma fuzzy adalah defuzzifikasi, variabel fuzzy yang diolah pada bagian inferensi diubah kembali menjadi nilai crisp. Penelitian ini menggunakan metode Center of Maximum (CoM), dimana metode defuzzifikasi CoM ini biasanya digunakan untuk aplikasi kontrol loop tertutup logika fuzzy. Metode ini biasanya menghasilkan sinyal keluaran kontinu karena perubahan kecil pada nilai masukan tidak mengubah nilai kompromi terbaik untuk keluaran.

Dalam metode defuzzifikasi Center of Maximum (CoM), pengontrol logika fuzzy pertama-tama menentukan nilai numerik tipikal untuk setiap fungsi keanggotaan yang diskalakan. Nilai numerik tipikal adalah rata-rata nilai numerik yang sesuai dengan derajat keanggotaan di mana fungsi keanggotaan diskalakan.

$$x_{final} = \frac{(x_1\mu_1 + x_2\mu_2 + \dots + x_n\mu_n)}{(\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n)} \dots\dots\dots (3)$$

di mana x_n adalah nilai numerik tipikal untuk fungsi keanggotaan berskala n , dan n adalah derajat keanggotaan di mana fungsi keanggotaan n diskalakan.

Hubungan antara masing-masing variabel ditunjukkan dengan fungsi Grafik permukaan (surface) seperti ditampilkan pada Gambar di bawah memperlihatkan kerja dari fuzzy logic control saat menjalankan mesin pembuka valve, dari gambar grafik ada 2 bagian grafik yang menaik, yaitu naik ke kiri dan menaik kekanan berdasarkan nilai error input fuzzy. Mesin dapat menjalankan dengan nilai maksimum 500 dengan nilai error negative 4 dan dapat pula 500, bila input errornya positif 4, grafik menaik disebelah kiri menunjukkan valve NaOH yang di buka, sedangkan grafik menaik sebelah kanan adalah mesin membuka Valve HCL.



Gambar 9. Grafik surface output dengan variabel error.

3.7. Pemberian Nutrisi Hidroponik

Setiap tanaman membutuhkan nilai EC yang berbeda – beda, dan jenis tanaman lain membutuhkan kadar atau nilai EC yang tidak sama. Pemberian nilai EC yang tepat, akan berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun dan besar daun dan berat tanaman yang lebih maksimal.

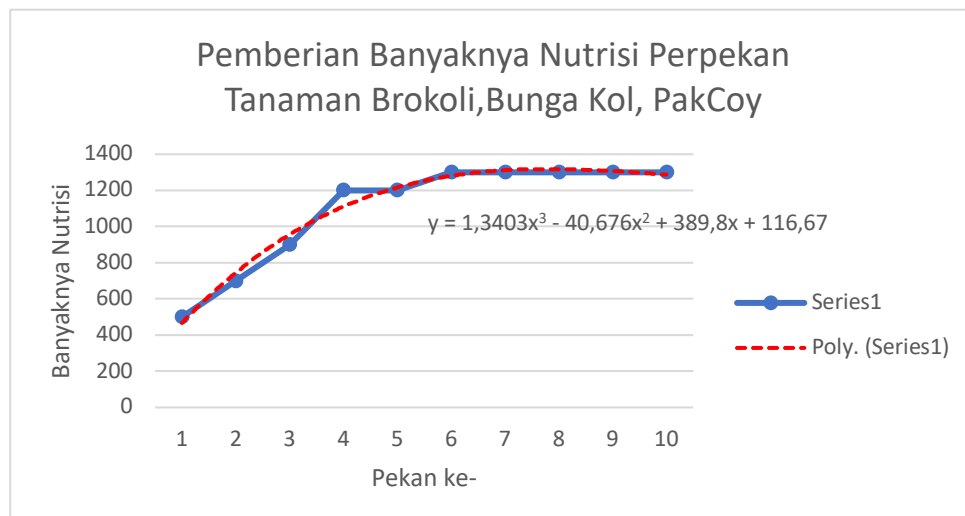
Langkah selanjutnya setelah perlakuan kontrol Ph pada nilai set poin adalah pemberian nutrisi pada air yang sudah distabilkan PHnya, untuk pemberian nutrisi akan mengacu pada tabel pemberian nutrisi dengan mengukur besar Ppm per liter nutris yang larut dalam air, berikut tabel ukuran pemberian nutrisi hidroponik untuk tanaman yang banyak dibudidayakan dalam waktu 1 pekan dan ukuran pemberian dalam 1 liter air.

Tabel 2. Data pemberian nutrisi untuk beberapa jenis tanaman hidroponik

Tanaman	PPM Maks	PH	Masa Panen	Satuan	minggu ke-									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brokoli	1050 - 1400	6,5 - 7,0	75	ppm	500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300	1300	1300
Bunga Kol	1050 - 1400	6,5 - 7,0	75	ppm	500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300	1300	1300
Pak Choy	1050 - 1400	6,5 - 7,0	40-60	ppm	500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300		
Sawi	1050 - 1400	5,5 - 6,5	40-60	ppm	500	700	900	1200	1200	1200	1200	1200		
Seledri	1260 - 1680	6,5 - 6,5	120-150	ppm	500	600	700	800	900	1200	1400	1500		
Selada	560 - 840	6,0 - 7,0	65-90	ppm	500	700	700	840	840	840	840	840	840	

Sumber: <https://www.sumbermakmur.net/2016/04/tabel-pemberian-nutrisi-hidroponik.html>

Dari tabel diatas pemberian nutrisi, maka dapat ditentukan sistem prediksi pemberian nutrisi menggunakan polynomial orde 3 dengan tujuan untuk mengotomatisasi pemberian banyaknya nutrisi dalam satuan pekan.



Gambar 10. Grafik pemberian nutrisi dan formula pemberian nutrisi

Sistem pemberian nutrisi hidroponik untuk tanaman sayur atau sejenis dapat dilakukan otomatisasi pemberian nutrisi perpekan dengan menggunakan rumus polynomial orde3, dimana x adalah waktu pemberian nutrisi dalam hitungan pekan sehingga didapatkan fungsi formula untuk pemberian nutris perpekan dalam hitungan perliter air.

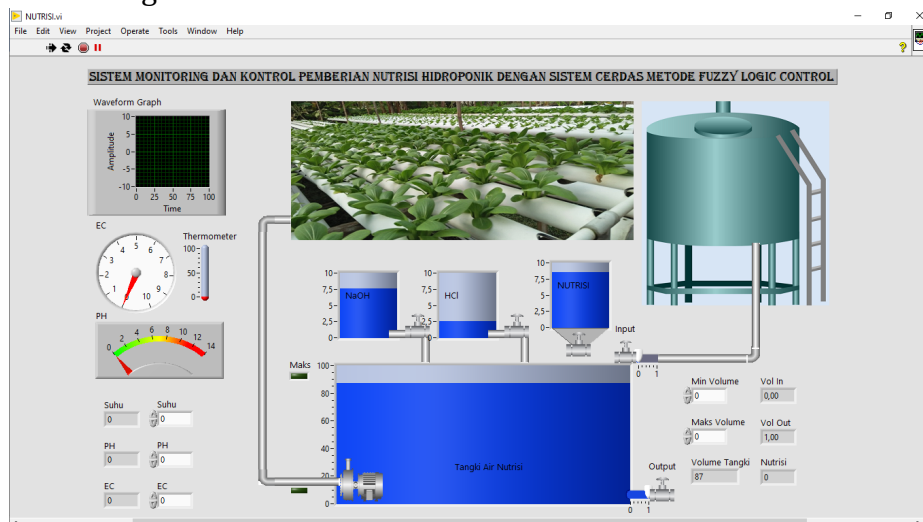
$$y = 1,3403x^3 - 40,676x^2 + 389,8x + 116,67$$

.....(4)

persamaan ini kemudian dijadikan acuan dalam pemberian nutrisi dalam sepekan.

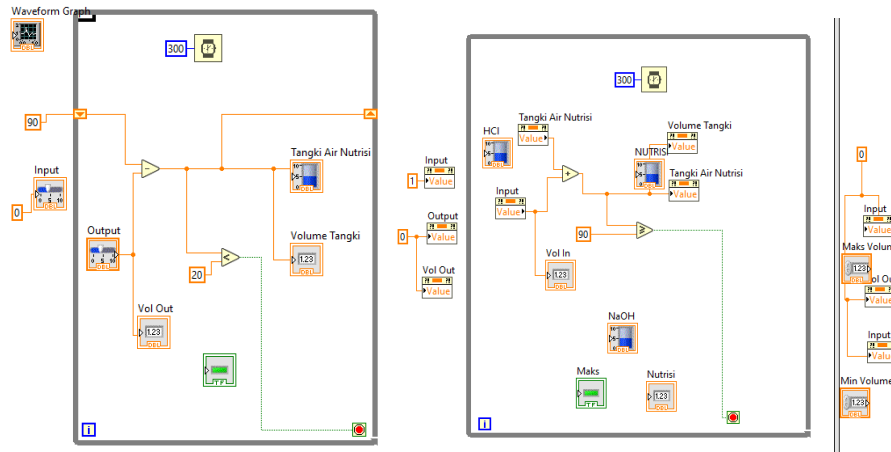
3.8. Aplikasi Monitoring dan Kontrol Pemberian Nutrisi

Aplikasi dibangun menggunakan pemrograman berbasis grafis LabView, Sistem Monitoring dan Kontrol Pemberian Nutrisi



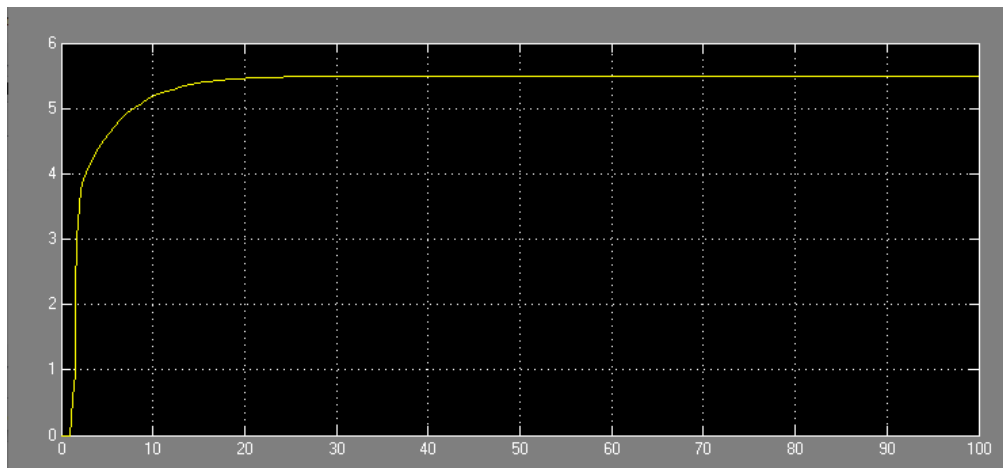
Gambar 11. Tampilan Aplikasi monitorin dan kontrol Nutrisi

Diagram blok untuk aplikasi Monitoring dan Pengontrolan di atas sebagai berikut:



Gambar 12. Blok diagram Aplikasi

Hasil dari Pengontrolan Ph air sebelum pemberian nutrisi



Gambar 13. Grafik hasil Pengontrolan Ph menggunakan PLC

Terlihat dari grafik Ph nilai stabil pada ambang nilai yang ditetapkan (set point), dalam kasus diatas ditetapkan pada Ph dengan nilai 5,5.

4. KESIMPULAN

- Sistem yang dikembangkan mampu mengontrol Ph air larutan hidroponik pada Asan yang telah ditentukan (set point) yang telah ditentukan.
- Pengembangan sistem kontrol menggunakan Fuzzy logic control dengan 2 inputan (error dan delta error), dan output berupa pengaturan valve (katup) pembuka Ph up (larutan HCl) atau Ph down (Larutan NaOH).
- Pemberian Nutrisi mengacu pada grafik tren polynomial orde 3 untuk memberikan otomatisasi sistem pemberian nutrisi berdasarkan waktu perminggu dan ppm /liter.

- d. Sistem monitoring dikembangkan menggunakan program LabView dan sistem simulasinya dikembangkan di Simulink..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustin, A. H. Gandhiadi, G. K., & Oka, T. B, 2016. Penerapan Metode Sugeno Untuk Menentukan Harga Jual Sepeda Motor Bekas. E-Jurnal Matematika, 5(4), 176-182.
- [2] Alamsyah & I.H. Muna. 2016. Metode Fuzzy Inference System untuk Penilaian Kinerja Pegawai Perpustakaan dan Pustakawan. Scientific Journal of Informatics, 3(1): 88-98.
- [3] Alfita, R., Mamlu'ah, D., Ulum, M., & Nahari, R. V. 2017. Implementation of Fuzzy Sugeno Method for Power Efficiency. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), 4(9): 1-5.
- [4] Anis Wahyuningsih, Sisca Fajriani dan Nurul Aini. 2016. "Komposisi Nutrisi dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Sistem Hidroponik", Jurnal Produksi Tanaman Vol. 4 No. 8, Desember 2016: 595-601 ISSN: 2527-8452.
- [5] Azmi, T. U., Haryanto, H., & Sutojo, T. 2018. Prediksi Jumlah Produksi Jenang di PT Menara Kudus Menggunakan Metode Logika Fuzzy Tsukamoto. Jurnal Ilmiah SISFOTENIKA, 8(1): 23-34
- [6] Bagus Tripama, Muhammad Rizal Yahya, 2018. Respon konsentrasi nutrisi hidroponik terhadap tiga jenis tanaman sawi (*brassica juncea* L.), Journal Agritrop, Vol 16, page 237-249.
- [7] Farmadi, A, D Kartini 2017, Implementasi Internet of Things (IoT) pada Sistem Monitoring Rumah Kaca dengan menggunakan Mikrokontroler yang tertanam Sistem Fuzzy, Prosiding Soliter Vol 1, Oktober 2017
- [8] Farmadi, A, Dodon. 2017. "Sistem Fuzzy Logic Tertanam pada Mikrokontroler untuk Penyiraman Tanaman pada Rumah Kaca", Volume 04, No.02 September 2017
- [9] Farmadi, A, I Ridwan, 2018. "Implementasi Fuzzy Sugeno Untuk Menentukan Kesesuaian Tanaman Kelapa Sawit Pada Lahan Gambut", Jurnal Klik-Volume 05, No.02 September 2018
- [10] Farmadi, A, Sirajuddin. 2018 Penerapan metode Naive Bayes pada penentuan kualitas air pemijahan Ikan, Jurnal Jentik 2018.
- [11] Feng, H. 2015. Combined effects of precipitation and air temperature on soil moisture in different land covers in a humid basin, Journal of Hydrology, Vol 531, No 3.
- [12] Gaddafi, M. 2016. Analisis Perbandingan Metode Tsukamoto dan Mamdani dalam Optimasi Produksi Barang. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [13] Husdi. 2018. Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 Dan Arduino Uno. ILKOM Jurnal Ilmiah, Vol.10, No.2.

- [14] Noni N, Hasibuan S, Mawarni Rita. 2019. Pengaruh Sistem dan Konsentrasi Nutrisi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) Secara Hidroponik. *Jurnal Bernas*, vol 15, No 3 (2019).
- [15] Wati, Dewi Ratna, and Walidatush Sholihah. 2021. "Pengontrol PH Dan Nutrisi Tanaman Selada Pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino". *MULTINETICS* 7 (1):12-20.