

IMPLEMENTASI KONTROL LOGIKA FUZZY(KLF) DALAM PENGENDALIAN KADAR KEASAMAN(pH) HYDROPONIC DUTCH BUCKET SYSTEM PADA TOMAT CHERRY

Wilujeng Fitri Alfiah, Hendra Cordova, S.T.,M.T.

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: wilujeng.ep11@gmail.com; hcordova@ep.its.ac.id

Abstrak— Hidroponik adalah budidaya tanaman dengan larutan air dan nutrisi terlarut[1]. Penyerapan nutrisi pada hidroponik dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, pH, konduktivitas listrik, salinitas, oksigen, dan intensitas cahaya[2]. Secara umum pH dalam hidroponik merepresentasikan ketersediaan unsur dalam nutrisi, baik unsur makro maupun unsur mikro. Dari kontrol logika fuzzy (KLF) yang dirancang diperoleh hasil yaitu dengan melakukan pengujian pada *hardware*, dengan *error* awal pH 1.41 diperoleh performansi *time delay* (t_d) 10 detik, *rise time* 201 detik, *settling time* 468 detik, *error steady state* 0.601, RMSE 0.477, dan tidak terjadi *maximum overshoot* sehingga *peak time* 0 detik, pada semua pengujian yang dilakukan *maximum overshoot* 0 dan *peak time* 0 detik. Pada pengujian *disturbance* diperoleh hasil sistem dapat mengatasi gangguan yang diberikan berupa *error*. Pengujian terhadap *tracking setpoint* menunjukkan bahwasanya respon sistem dapat mengikuti perubahan *setpoint* yang telah ditentukan. Larutan nutrisi yang tidak ada pengendaliannya, pH larutan nutrisi cenderung menurun jika digunakan secara terus-menerus. Sedangkan dengan kontrol logika fuzzy, pH pada larutan nutrisi dapat dikontrol pada level *setpoint* yang telah ditentukan.

Kata Kunci—Tuliskan 4 atau 5 buah kata kunci atau frasa menurut urutan alfabet dipisahkan dengan tanda koma.

I. PENDAHULUAN

Diversifikasi pangan menjadi salah satu pilar utama dalam mewujudkan ketahanan pangan[3]. Salah satu upaya dalam mewujudkan ketahanan pangan yaitu dengan penenrapan sistem hidroponik. Hidroponik adalah budidaya tanaman dengan larutan air dan nutrisi terlarut[1]. kebanyakan sistem hidroponik tidak akan berhasil, yang diakibatkan oleh kurangnya aspek gizi dalam sistem sehingga diperlukan persiapan yang memadai untuk memenejemen larutan nutrisi. Beberapa. Salah satu metode hidroponik yaitu dengan *dutch bucket*, *dutch bucket* merupakan sistem budidaya hidroponik dimana nutrisi diberikan dalam bentuk tetesan yang menetes pada media tanaman secara terus menerus dan kelebihan dari nutrisi akan dialirkan melalui pipa pembuangan dan dikembalikan pada bak penampung nutrisi untuk digunakan kembali[1]. Penyerapan nutrisi pada hidroponik dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, pH, konduktivitas listrik, salinitas, oksigen, dan intensitas cahaya[2]. Nutrisi yang seimbang sangat berpengaruh dalam

menentukan kualitas produk dari hidroponik ataupun konvensional. Secara umum, tanaman dapat menyerap elemen nutrisi pada tingkat pH netral[4]. Apabila akar tanaman terkena pH rendah(contohnya, pH 2-3) untuk beberapa detik, dapat menghasilkan kerusakan secara langsung pada akar[5].

Pada tahun 1984 Nielsen mengusulkan Kontrol nutrisi dalam larutan nutrisi menggunakan sistem otomatis, dengan kontrol untuk penyesuaian level air, konsentrasi nutrisi, dan pH. Penggunaan kontrol otomatis memberikan peluang untuk memaksimalkan kualitas dan kuantitas melalui pengelolaan yang baik dari semua proses[2].

Penyerapan nutrisi oleh akar salah satunya ditentukan oleh pH lingkungan akar, sehingga diperlukan kontrol pH pada larutan nutrisi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan yaitu pada tahun 2001 dilakukan penelitian dengan judul “*Development of a pH Control System for Nutrient Solution In Ebb And Flow Hydroponic Culture Based on Fuzzy Logic*” pada penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang tidak dikontrol pH nya, pH akan meningkat jika digunakan secara terus menerus, sedangkan pada sistem yang dikontrol pH akan dipertahankan pada *setpoint* yang telah ditentukan. Pada tahun 2012 dilakukan penelitian dengan judul “*Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production*” pada penelitian ini sistem yang dirancang menunjukkan hasil yang efisien dalam monitoring dan perbaikan pH dan EC dari hidroponik selada, hasil diperoleh dengan membandingkan karakteristik *ergonomi* pada dua tanaman yang menggunakan sistem hidroponik kontrol otomatis dengan konvensional yang ditanam ditanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Dutch Bucket System

Nama metode *dutch bucket* pertama kali di kenalkan di belanda dan sekarang secara ekstensif digunakan untuk pertanian komersial untuk mawar, tomat, dan timun. *Dutch bucket* merupakan sistem budidaya hidroponik dimana nutrisi diberikan dalam bentuk tetesan yang menetes pada media tanaman secara terus menerus dan kelebihan dari nutrisi akan dialirkan melalui pipa pembuangan dan dikembalikan pada bak penampung nutrisi untuk digunakan kembali. Mediatanam yang digunakan dalam *dutch bucket* seperti serabut kelapa,

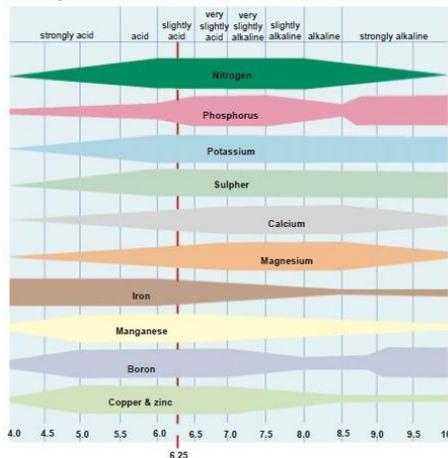
perlite, batu leca, kerikil, dan juga pasir. Banyak tomat yang di kembangkan dengan menggunakan sistem ini, dikarenakan sistem ini membutuhkan perawatan yang relatif kecil dan umumnya dapat memberikan hasil yang sangat bagus. Pada sistem ini barisan dari tanaman tomat didukung dengan tali yang disebut dengan *air-layering*[1].



Gambar 1. Metode *Dutch Bucket* untuk tanaman yang besar dan hidupnya lama seperti tomat, timun dan mawar[1]

B. Teori pH

Untuk mendapatkan pertumbuhan yang optimal sistem hidroponik harus memperhatikan beberapa hal seperti kondisi level, pH, suhu, kelembaban dan kekentalan nutrisi yang digunakan dalam sistem. sedangkan untuk pH nilainya harus konsisten sesuai kebutuhan tanaman dari waktu ke waktu. Larutan nutrisi pada sistem hidroponik apabila digunakan secara terus menerus maka pH nya akan meningkat. PH yang sangat tinggi akan menurunkan ketersediaan Besi , Mangan , Boron , Tembaga , seng dan fosfor . Sedangkan pH yang terlalu rendah akan mengurangi ketersediaan Kalium , Sulphur , Kalsium , Magnesium dan fosfor [1].



Gambar 2. Ketersediaan nutrisi dengan skala pH[1].

Dalam pengukuran ion terdapat hubungan logaritmik antara tegangan dan aktivitas ion. Partikel yang akan diamati adalah ion H dengan hubungan matematika untuk menerangkan notasi p untuk power dalam pH.

$$pH = -\log a_{H^+} \tag{1}$$

$$a_{H^+} = 10^{-pH} \tag{2}$$

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+] \tag{3}$$

Dengan a_{H^+} adalah ion hidrogen atau $[H^+] = 10^{-pH}$. Dengan demikina makin kecil nilai pH maka keasaman semakin besar

dan kebasaaan semakin kecil, serta sebaliknya makin besar nilai pH maka keasaman akan semakin kecil dan kebasaaan semakin besar. Untuk larutan asam memiliki $pH < 7$ dan larutan basa memiliki $pH > 7$. Eksponen ion hidroksil dinyatakan sebagai berikut :

$$pOH = -\log[OH^-] = \log \frac{1}{[OH^-]} \tag{4}$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} \tag{5}$$

Maka untuk semua larutan air berlaku korelasi :

$$pH + pOH = 14 \tag{6}$$

Tabel 1. Respon Tanaman terdadaap variasi nilai pH[6]

Rentang pH	Respon Tanaman
pH<3	Akar membrane akan rusak
3<pH<5	Akar akan terinfeksi oleh penyakit jamur
5.2<pH<5.5	Kelarutan asam fosfat, kalsium, dan maknesium akan turun
5.5<pH<6.5	Rentang optimal
6.5<pH<7.5	Asupan gizi berkurang
pH>7.5	Ketersediaan zat besi, mangan, tembaga seng, dan boron berkurang

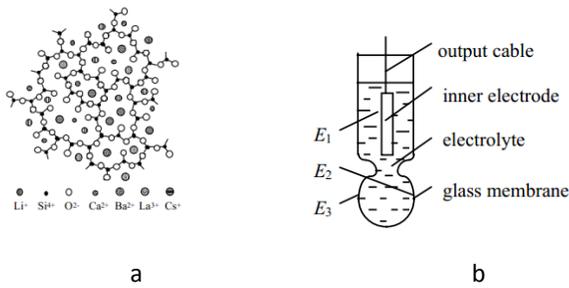
Tabel 2. Nilai pH dan EC beberapa tumbuhan[7].

Plant	pH	EC
Cauliflower	6.0-6.5	2.5-3.0
Cabbage	6.6-7.0	2.5-3.0
Broccoli	6.0-6.5	1.8-2.4
Carrot	5.8-6.3	1.8-2.2
Kana	6.0-6.4	1.5-3.5
Cucumber	5.5-6.0	1-2.5
Lettuce	6.0-6.5	0.8-1.2
Tomato	5.5-6.5	2.0-5.0
Rose	5.0-6.0	1.8-2.2
Strawberry	6.0-6.5	1.4-2.0
Apple	6.8-7.2	2.2-3.0

C. pH Meter

pH meter merupakan sebuah alat elektronik yang digunakan untuk pengukuran pH dari suatu cairan. pH meter biasanya terdiri dari probe khusus(glass electrode) yang terhubung dengan dengan meteran elektronik yang dapat mengukur dan menampilkan hasil pembacaan dari pengukuran.

Elektroda kaca terdiri dari *tube glass* yang di isi dengan larutan *buffer* yang mengandung Cl, yang biasanya nilai pH nya 7[8]. Berikut ini merupakan bagian bagian pada electrode kaca:



Gambar 3. a) Structure dari pH glass, b) Bagian dari electrode kaca[8]

Dimana: E_1 antara elektroda dalam dan elektrolit
 E_2 antara permukaan dalam electrode kaca dan elektrolit
 E_3 antara permukaan luar kaca dan cairan yang akan diukur

E_0 nilainya konstan pada suhu tertentu

E_1 perbedaan potensial konstan.

$$E_3 = E_0 - \left(\frac{RT \ln 10}{F}\right) pH_{Inner} \tag{7}$$

$$E_3 = E_0 - \left(\frac{RT \ln 10}{F}\right) pH_{Outer} \tag{8}$$

$$E_{M0} = E_1 + \left(\frac{RT \ln 10}{F}\right) pH_{Inner} \tag{9}$$

$$E_M = E_1 - E_2 + E_3 \tag{10}$$

$$E_M = E_{M0} - \left(\frac{RT \ln 10}{F}\right) pH_{Outer} \tag{11}$$

Elektroda referensi merupakan elektroda yang mempunyai potensial elektrokimia konstan sepanjang tidak ada arus yang mengalir. Electroda referensi akan menghasilkan potensial referensi, yang akan digunakan sebagai pembanding dengan potensial elektroda kaca. Elektroda pembanding contohnya adalah Ag-AgCl elektroda.

Pengaruh suhu terhadap *Electrode Slope*

Respon elektroda pH ideal didefinisikan oleh persamaan Nerst :

$$E = E^0 - 2.3 \left(\frac{RT}{nF}\right) \log aH^+ \tag{12}$$

Dimana :

E = Potensial total(dalam mV) antara pengukuran dengan elektroda pembanding

E^0 = Potensial Standar dari elektroda pada $aH^+ = 1\text{mol/l}$

R = Konstanta Gas

T = Temperature

n = ion valensi

F = konstanta Faraday

aH^+ = Aktifitas ion hydrogen didalam larutan

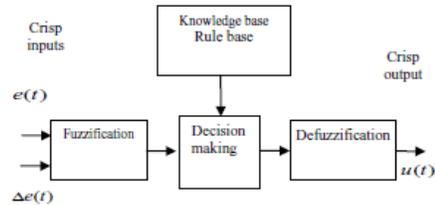
D. Kendali Logika Fuzzy (KLF)

Kendali Logika Fuzzy adalah metodologi kontrol yang digunakan oleh manusia untuk mendeskripsikan sistem fisik dan mendefinisikan strategi kontrol yang dipakai didalamnya.

Logika Fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof.Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Nilai

keanggotaan atau derajat keanggotaan merupakan ciri utama dari penalaran logika fuzzy[10]

Logika fuzzy digunakan untuk menentukan keputusan yang berbasis sebab dan akibat (*if-then*). Beberapa bagian-bagian yang penting dari logika fuzzy adalah fuzzifikasi, *rule base*, *fuzzy inference system*, dan defuzzifikasi. Struktur lohika fuzzy sendiri secara umum dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. Proses Kendali Logika Fuzzy[9]

Sistem fuzzy terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

a. Fuzzifikasi

Digunakan untuk memetakan dan mengubah atau mengkonversi masukan yang bersifat *crisp* menjadi suatu bilangan fuzzy. Bagian pada fuzzifikasi yang digunakan untuk memetakan adalah fungsi keanggotaan(*membership function*). Fungsi keanggotaan merupakan suatu range nilai yang dapat mempresentasikan bentuk masukan atau keluaran sistem. Fungsi keanggotaan fuzzy ini digunakan untuk memetakan masukan ke derajat keanggotaan fuzzy.

b. Rule base

Digunakan sebagai aturan dasar pada proses kendali yang mendefinisikan himpunan fuzzy atas daerah-daerah masukan dan keluaran yang telah ditentukan, *rule-base* ini menggunakan logika *if-then*.

c. Fuzzy Inference System

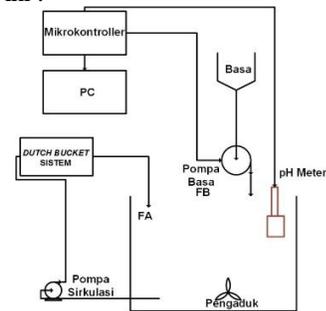
Digunakan untuk mengolah masukan yang telah difuzzifikasikan, dan menyimpulkan masukan tersebut berdasarkan *rule base* menjadi *output*. *Inference engine* menggunakan metode mamdani.

d. Defuzzifikasi

Merupakan proses mengubah derajat keanggotaan hasil agregasi menjadi nilai analog keluaran.

III. METODE EKSPERIMENT

Pengendalian pH pada *Hydroponic Tomat Cherry Dutch Bucket System* (HTCDBS) ini memiliki skema pengendalian sebagai berikut ini :



Gambar 7. Skema dutch bucket hydroponic system tomat cherry dengan pengendalian pH.

Pada Gambar 7 menunjukkan skema pengendalian pH pada HTCDBS. Nilai pH pada plant HTCDBS cenderung turun dan asam, sehingga pada skema diatas hanya digunakan satu pengendalian saja, yaitu actuator up yang digunakan untuk menaikkan pH dengan cairan basa.

• **Pengenceran KOH**

KOH yang digunakan untuk menaikkan pH pada nutrisi hidropnik ini dengan menggunakan konsentrasi 0.2M, diperoleh dari pemgenceran berikut :

$$M = \frac{gram}{V} \quad (15)$$

$$gram = Bm.V.M \quad (16)$$

Dengan BM KOH adalah 56 , volume pengenceran adalah 1 liter, untuk membuat larutan KOH 0.2M maka diperlukan KOH sebesar:

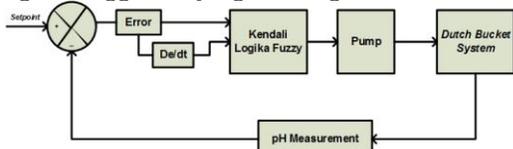
$$gram = 56.1 .0.2 \quad (17)$$

$$gram = 11.2 \quad (18)$$

Jadi dibutuhkan 11.2 gram KOH yang dilarutkan dalam 1 liter air untuk memperoleh konsentrasi 0.2M.

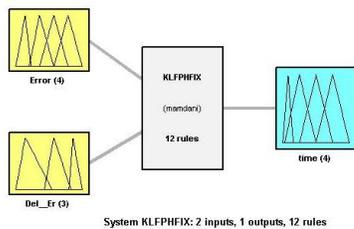
• **Perancangan Kontrol Logika Fuzzy (KLF)**

Perancangan KLF berupa penentuan *input-output* yang digunakan dalam sistem *fuzzy* ini dan fungsi keanggotaan yang akan digunakan pada sistem. Menentukan rentang nilai-nilai pada fungsi keanggotaan yang akan digunakan.



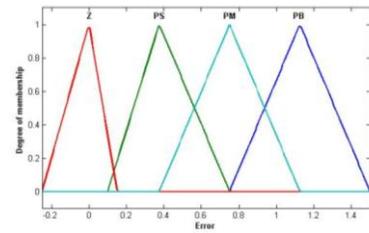
Gambar 8. Diagram blok kendali fuzzy

Setelah menentukan fungsi keanggotaan *input* dan *output*, kemudian menentukan *rule base* dari sistem. Selanjutnya Mengkonversi hasil perancangan KLF kedalam bentuk program agar dapat dibaca oleh mikrokontroller, agar mikro dapat bekerja sesuai dengan KLF yang telah ditentukan. Berikut rancangan KEndali Logika Fuzzy yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



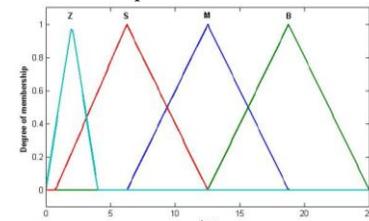
Gambar 9. FIS pada pengendalian pH

Penentuan nilai sebagai parameter masukan pada sistem ini berdasarkan pada data-data *real* sensor dan *datasheet* dari *hardware-hardware* yang digunakan yang akan memperoleh nilai *error*. Sedangkan untuk keluarannya berdasarkan pada eksperimen. Berikut ini merupakan fungsi keanggotaan masukan :



Gambar 10. Fungsi keanggotaan masukan

Fungsi keanggotaan masukan ini terdiri masing-masing masukan ini terdiri dari 4 mf. Untuk fungsi keanggotaan masukan *error*, yaitu : Z: Zero , PS: Positif Small, PM: Positif Medium , dan PB: Positif Big. Sedangkan untuk fungsi keanggotaan masukan pH, yaitu : AB: Acid Big , AM: Acid medium dan AS: Acid Setpoint.



Gambar 11. Fungsi keanggotaan keluaran

Keluaran dari fuzzy ini adalah lamanya waktu aktuator pompa menyala. keluaran fuzzy ini memiliki empat fungsi keanggotaan yaitu Z:Zero, S:Small, M:Medium, dan B: Big. Untuk variable keluaran dari waktu in adalah sebagai berikut :

Dari dua masukan dan satu keluaran diperoleh 16 aturan fuzzy, sesuai yang ditunjukkan pada table dibawah ini :

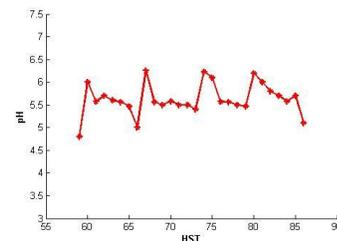
Tabel 3. Rule Base

	Error			
	Z	PS	PM	PB
Del_error	Z	B	B	B
	AM	Z	B	B
	AS	S	M	B

IV. PRINSIP-PRINSIP PUBLIKASI

• **Pengujian pH pada HTCDBS open loop**

Data pengamatan plant digunakan sebagai acuan dalam merancang kontrol logika fuzzy yang akan digunakan nantinya, dimana diketahui setiap harinya pH pada tanaman hidropnik terus menurun sesuai dengan grafik dibawah ini :



Gambar 12. Nilai pH pada HTCDBS

Dari Gambar 12 diatas terlihat bahwasanya nilai pH pada HTCDBS cenderung mengalami penurunan dalam rentang waktu 1 minggu. Gambar diatas menunjukkan hubungan HST(hari setelah tanaman) terhadap pH. Sehingga dari gambar

diatas diperlukannya pengendalian pH pada HTCDBS agar nilai pH HTCDBS dapat terjaga sesuai dengan acuan.

• **Pengujian Elektrik**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui standar deviasi error dengan membandingkan hasil pembacaan pH meter kit SEN0161 dengan larutan buffer standar. Berikut merupakan data hasil pengujian

Tabel 4. Data kalibrasi alat ukur pH

Xstd	\bar{x}_i	y_i (koreksi)	\bar{y}_i	Stdev
5	4.977	0.023		
7	7.138	-0.138	-0.03	0.0764
11	10.975	0.025		

Dengan keterangan :

Xstd : merupakan pembacaan setandar (larutan buffer sebagai kalibrator)

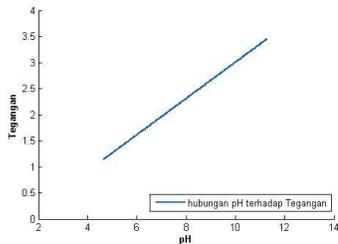
\bar{x}_i : merupakan pembacaan rata-rata alat ukur pH yang digunakan dalam pengendalian

y_i : merupakan koreksi antara standar dengan pembacaan alat

\bar{y}_i : Merupakan rata-rata koreksi

Stdev : Merupakan standar deviasi alat

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwasanya pH meter yang digunakan pada pengendalian pH pada tugas akhir ini setelah dilakukan kalibrasi memiliki standar deviasi ± 0.0764 . Sedangkan untuk error sensor sendiri menurut datasheet pabrikan yaitu ± 0.5 pH. Sedangkan untuk hubungan pH terhadap tegangan keluaran ditunjukkan oleh gambar dibawah ini :

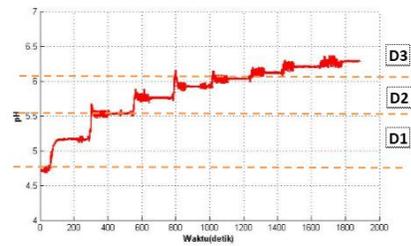


Gambar 13. Grafik hubungan pH terhadap Tegangan sensor

Dari gambar 13 menunjukkan hubungan linearitas antara pH dengan tegangan keluaran sensor. Semakin besar nilai pH maka tegangan yang dihasilkan juga akan semakin besar, begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai pH maka tegangan yang dihasilkan juga akan semakin kecil. Berikut ini data kalibrasi alat ukur pH dengan menggunakan larutan buffer:

• **Pengujian Karakteristik Plant**

Pengujian *open loop* dilakukan untuk mengetahui respon plant dengan adanya penambahan KOH. Hasil dari pengujian ini digunakan sebagai dasar pembuatan parameter masukan dan keluaran pada fuzzy. Larutan nutrisi dengan perbandingan antara air, nutrisi stok A dan Stok B adalah 1L:5ml:5ml. berikut ini grafik hasil dari uji karakteristik plant:



Gambar 14. Plot respon karakteristik plant

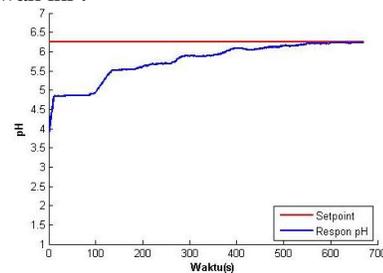
Dari gambar 14 dapat diketahui bahwasanya didalam larutan nutrisi pada daerah D3 dan D2 memiliki gradient yang lebih besar daripada D1. Hal ini menunjukkan bahwasanya pada D2, reaksi antara larutan nutrisi hidroponik dengan basa berlangsung lebih cepat dibandingkan pada daerah D3 dan D2. Dengan kata lain, penambahan KOH pada pH 4.75 sampai dengan 5.5 akan sangat berpengaruh pada nilai pH secara signifikan.

• **Pengujian Close Loop**

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian *close loop*, dimana pada sistem diberi blok pengendalian yang mendapat umpan balik dari respon sistem.

• **Pengujian close loop set point pH 6.25 dengan error awal 1.41**

Pada pengujian hardware sistem *close loop* pada *setpoint* pH 6.25 dengan *error* awal 1.41, menghasilkan respon seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 15. Respon pH pada *close loop* dengan *setpoint* pH 6.25 dan *error* awal 1.41

Dari pengujian sistem *close loop* yang telah dirancang pada *hardware*, maka dapat dilihat bahwa *setpoint* pH diikuti nilai respon pH bergerak pada angka sekitar ph 6.25 dengan *error* awal 0.14. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah di rancang ini memiliki performansi yang cukup baik dimana indeks performansi *close loop* pada *setpoint* pH 6.25 adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Indeks Performansi dengan *error* pH awal sistem 0.14

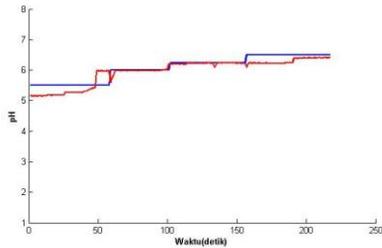
Indeks Performansi	Value
Time delay (t_d)	5 detik
Rise time	6 detik
Settling time	13 detik
Error Steady State	0.55
RMSE	0.38

Pada *setpoint* 6.25 dengan *error* awal 0.14 ini tidak terjadi *overshoot* dan *peak time* sehingga nilai *maksimum overshoot* 0 dan *peak time* 0 detik.

• **Pengujian Tracking setpoint**

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian *tracking setpoint* yang mana pengujian *tracking setpoint* dilakukan untuk mengetahui apakah sistem mampu bekerja pada *setpoint-setpoint* lain yang

ada di dalam range dari desain KLF. Selain itu pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengendalian yang telah dirancang dapat mengatasi kondisi proses pada saat diberi gangguan berupa perubahan *setpoint* (Aziz dan Hussein, 2012). Berikut ini merupakan hasil dari pengujian *tracking setpoint*.

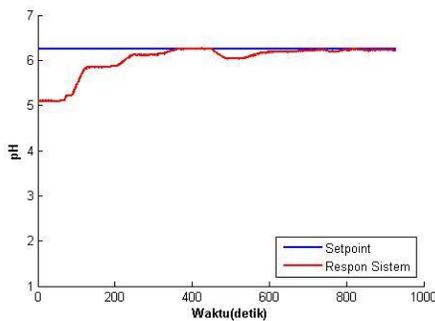


Gambar 16. Respon pH pada pengujian *tracking setpoint* pH 5.5 , pH 6, pH 6.25 dan pH 6.5

Gambar 16 menunjukkan representasi respon pH pada pengujian *close loop* untuk *tracking setpoint*, dimana pada gambar tersebut terlihat bahwasanya nilai pH respon sistem mampu mengikuti perubahan *setpoint* yang telah di tentukan pada pengujian diatas

• **Pengujian Disturbance**

Uji selanjutnya adalah dengan memasukkan gangguan pada plant yang di gambarkan oleh Gambar 17 gangguan ini berupa penurunan nilai pH ketika sudah mencapai *setpoint*, dengan memberi asam lemah agar nilai pH yang sudah mencapai *setpoint* sebelumnya menjadi turun. Dengan hasil pengujian *disturbance* sebagai berikut :



Gambar 17. Respon uji *disturbance*

Dari gambar 4.11 sistem mula-mula memiliki pH 5.09, kemudian pengendalian fuzzy memberikan aksi kepada sistem untuk mencapai *setpoint*, pada proses ini diperoleh indeks performansi *close loop* pada *setpoint* pH 6.25 adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Indeks Performansi dengan *error* pH awal sistem 1.16 pengujian *disturbance*

Indeks Performansi	Value
<i>Time delay (t_d)</i>	2 detik
<i>Rise time</i>	109 detik
<i>Settling time</i>	247 detik
<i>Error Steady State</i>	0.68
RMSE	0.37

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Telah berhasil dibuat *hardware* pengendalian pH pada tomat *cherry hydroponic dutch bucket system* yang mampu menjaga kestabilan dengan metode Kendali Logika Fuzzy. Telah dirancang metode kendali logika fuzzy dengan 2 masukan dan

1 keluaran yang memiliki 4 fungsi keanggotaan. Dari Kontrol logika fuzzy (KLF) yang dirancang diperoleh hasil yaitu dengan melakukan pengujian pada *hardware*, dengan *error* awal pH 1.41 diperoleh performansi *time delay (t_d)* 10 detik, *rise time* 201 detik, *settling time* 468 detik , *error steady state* 0.601, RMSE 0.477, dan tidak terjadi *maximum overshoot* sehingga *peak time* 0 detik, pada semua pengujian yang dilakukan *maximum overshoot* 0 dan *peak time* 0 detik. Pada pengujian *disturbance* diperoleh hasil sistem dapat mengatasi gangguan yang diberikan berupa *error*. Pengujian terhadap *tracking setpoint* menunjukkan bahwasanya respon sistem dapat mengikuti perubahan *setpoint* yang telah di tentukan. Larutan nutrisi yang tidak ada pengendaliannya, pH larutan nutrisi cenderung menurun jika digunakan secara terus-menerus. Sedangkan dengan kontrol logika fuzzy , pH pada larutan nutrisi dapat dikontrol pada level *setpoint* yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboraturium Pengukuran Fisis yang telah mendukung pada penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Hendra Cordova, S.T.,M.T. atas bimbingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Roberto, How To Hydroponics, 4th ed. The Futuregarden Press, 2003.
- [2] D. S. Domingues, H. W. Takahashi, C. A. P. Camara, and S. L. Nixdorf, "Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 84, pp. 53–61, 2012.
- [3] M. Ariani, "Diversifikasi Konsumsi Pangan di Indonesia," no. 70, pp. 118–131, 2015.
- [4] H. Suharyanto, K. B. Seminar, Y. Chadirin, and B. I. Setiawan, "DEVELOPMENT OF A pH CONTROL SYSTEM FOR NUTRIENT SOLUTION IN EBB AND FLOW HYDROPONIC CULTURE BASED ON FUZZY LOGIC," no. March 2016, 2010.
- [5] V. C. Spinu, R. W. Langhans, and L. D. Albright, "Electrochemical pH control in hydroponic systems," *Acta Hortic.*, vol. 456, no. 3, pp. 275–282, 1998.
- [6] L. Melvix and Sridevi, "Design of Efficient Hydroponic Nutrient Solution Control System using Soft Computing based Solution Grading," 2014 Int. Conf. Comput. Power, Energy, Inf. Commun., 2014.
- [7] A. Phuthisathian, N. Pantasen, and N. Maneerat, "Ontology-based nutrient solution control system for hydroponics," *Proc. - 2011 Int. Conf. Instrumentation, Meas. Comput. Commun. Control. IMCCC 2011*, no. 1, pp. 258–261, 2011.
- [8] Jean-P. Ylén, MEASURING , MODELLING AND CONTROLLING THE pH. 2001.
- [9] A. Gheibi, S. M. A. Mohammadi, and M. Maghfoori, "Maximum power point tracking of photovoltaic generation based on the type 2 fuzzy logic control method," *Energy Procedia*, vol. 12, pp. 538–546, 2011.
- [10] Kusumadewi, Sri, dkk. 2010. Buku Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2. Graha Ilmu, Yogyakarta (2-47)