

PERANCANGAN KONTROL KADAR KEASAMAN MENGGUNAKAN *HYBRID FUZZY PID* PADA SISTEM HIDROPONIK UNTUK PERTUMBUHAN TOMAT

CONTROL DESIGN OF ACIDITY LEVEL USING HYBRID FUZZY PID ON HYDROPONIC SYSTEM FOR THE GROWTH OF TOMATOES

Randhy Novianto Prabowo¹, Drs.Suwandi, M.Si.², Ahmad Qurthobi, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

randwland@gmail.com¹, Suwandi.sains@gmail.com², qurthobi@gmail.com³

Abstrak

Sistem hidroponik merupakan sistem pertanian yang menggunakan air sebagai media pengganti tanah sebagai tempat tumbuh akar. Pada penelitian ini, telah dibuat sistem yang mampu mengontrol pH pada sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Tehnique*) dengan menggunakan arduino logika *Fuzzy PID*. Sistem dirancang agar mampu menjaga kestabilan pH. Buah tomat dipilih karena merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan masih memerlukan penanganan serius, terutama dalam hal peningkatan hasilnya dan kualitas buahnya. Sebagai pembanding dibuat juga sistem hidroponik NFT tanpa kontrol pH untuk mengetahui perbandingan antara keduanya. Pada sistem hidroponik dengan kontrol pH, kestabilan di pH 6 dengan tinggi batang rata-rata tanaman 69.99 cm, panjang akar rata – rata 49.15 cm , jumlah buah 173 dengan rata rata tiap tanaman 10.81 buah pertanaman. Untuk sistem hidroponik tanpa kontrol pH memiliki pH di 7.84, tinggi batang rata - rata tanaman 75.76, panjang akar rata – rata 46.24 cm, jumlah buah 288 dengan rata rata tiap tanaman 22.15 buah pertanaman.

Kata kunci: Sistem Hidroponik, Fuzzy, PID, Tomat Cherry, pH

Abstract

Hydroponic system is a farming sytem using water to grow root. In this research, a system has been made that can control pH in hydroponic NFT (Nutrient Film Tehnique) system using arduino with fuzzy logic PID. System can stabilize pH. Tomatoes was chosen because it's was horticultural commodity with high value and quality. There are 2 hydroponicNFT system as a comparison, hydroponic NFT system with pH control and hydroponic NFT system without pH control. In hydroponic system with pH control, stabilized in pH 6 with average stem height each plant 69.99 cm, roots length 49.15 cm, and fruits quantity 173 fruits with average each plant 10.81 fruits. In hydrponic NFT system without pH control in 7.84 pH has average stem height each plant 75.76 cm, roots length 46.24 cm, and fruits quantity 288 with average each plan 22.15 fruits.

Keywords : Hydroponic System, Fuzzy, PID, Cherry Tomatoes, pH

1. Pendahuluan

Buah Tomat saat ini merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan masih memerlukan penanganan serius, terutama dalam hal peningkatan hasilnya dan kualitas buahnya. Apabila dilihat dari rata-rata produksinya, ternyata tomat di Indonesia masih rendah, yaitu 6,3 ton/ha. Rendahnya produksi tomat di Indonesia kemungkinan disebabkan varietas yang ditanam tidak cocok, kultur teknis yang kurang baik atau pengendalian hama/penyakit yang kurang efektif. Luas kebutuhan lahan untuk memproduksi tomat bertambah tiap tahun, dilihat dari data tersebut peningkatan luas panen tomat mencapai 1,91% per tahun dan bertambahnya peningkatan luas panen tomat sebanding dengan kebutuhan konsumen di Indonesia maupun ekspor ke luar negeri. Permasalahan dalam penanaman tomat adalah produksi yang masih sangat rendah dibanding dengan potensi produksinya. Upaya untuk menanggulangi kendala tersebut adalah dengan perbaikan teknik budidaya. Salah satu teknik budidaya tanaman yang diharapkan dapat meningkatkan hasil dan kualitas tomat adalah hidroponik.

Hidroponik merupakan budidaya tanaman yang memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam. Salah satu jenis tomat yang cocok dengan sistem hidroponik adalah tomat *cherry*, karena tomat *cherry* memiliki bentuk yang mungil seukuran buah cherry, serta hama dan penyakit tanaman dapat dikendalikan pada sistem hidroponik[3]. Tomat cherry memiliki keunggulan ekonomis dibandingkan tomat jenis lain. Namun

produksi tomat cherry masih rendah karena keterbatasan teknologi budidaya yang dimiliki petani dan kurangnya informasi teknologi. Hal tersebut yang menjadi alasan mengapa menggunakan tomat *cherry* dalam teknik budidaya hidroponik pada penelitian ini, dengan menggunakan budidaya hidroponik resiko kegagalan produksi dapat dikurangi karena tanaman dapat dikontrol. Pada setiap kandungan nutrisi yang diberikan, harus dikontrol agar pH air tidak kurang atau lebih dari standar pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman tomat yaitu 5,5-6,5

Pada penelitian ini kontrol dilakukan dengan kontrol hybrid PID Fuzzy yang diharapkan dapat membuat kontrol mendapat error yang kecil dan sistem pH dapat dikontrol pada pH 6. Penulis menggunakan metode ini dikarenakan dua jenis kontrol ini memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Seperti yang telah kita ketahui Logika Fuzzy memiliki kemampuan dalam menerima banyak input dan beragam jenis sensor. Masukan yang diterima sistem adalah sensor pH dan sensor jarak. Kedua sensor ini yang akan memberikan informasi agar motor servo dapat membuka katup pada tabung pH *UP* dan pH *DOWN* untuk mengatur pH pada bak nutrisi agar pH tidak kurang atau lebih dari 6.

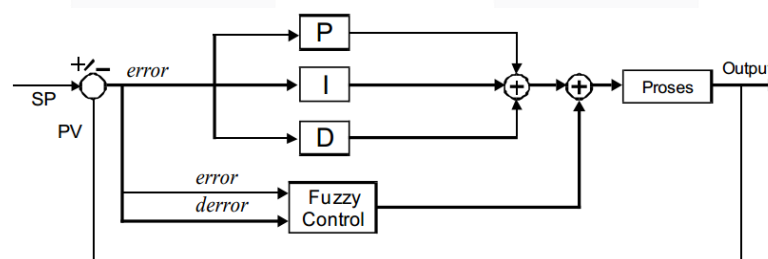
2. Dasar Teori

2.1. Hidroponik NFT

Pada penelitian ini sistem hidroponik yang digunakan adalah Sistem irigasi hidroponik NFT (*Nutrient Film Tehnique*), Terdapat 2 jenis nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman, yaitu *Macro Nutrients* dan *Micro Nutrients*. Nutrisi makro akan diserap oleh tanaman dalam jumlah yang banyak, dan lebih dikenal dengan makanan tumbuhan. N(*Nitrogen*)-P(*Phosporus*)-K(*Potassium*) adalah nutrisi yang paling sering digunakan untuk setiap tanaman. *Nitrogen* berperan dalam proses pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kandungan khlorofil tanaman, *Phosporus* berperan dalam meningkatkan kualitas biji/buah dan meningkatkan bobot biji, dan *Potassium* berperan dalam memperkokoh batang, akar dan daun sehingga tidak mudah roboh atau terserang penyakit. Nutrisi mikro akan diserap oleh tanaman dalam jumlah sedikit.

2.2. Hybrid Kendali PID – Logika Fuzzy

Sistem *hybrid* pada umumnya adalah menggabungkan dua atau lebih komponen yang berbeda dalam suatu sistem. Dalam perkembangan teknologi sistem kontrol juga terdapat sistem kontrol *hybrid* yang menggabungkan dua atau lebih sistem kontrol yang diintegrasikan kedalam suatu *plant*. Definisi khusus dari sistem kontrol dari sistem kontrol *hybrid* adalah menggabungkan antara sistem kontrol kontinu dan sistem kontrol diskrit, contoh dari suatu sistem kontrol *hybrid* ini adalah menggunakan digital dan analog kontroller.

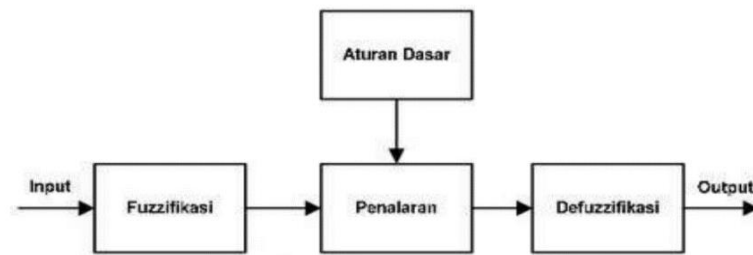


Gambar 1. Hybrid Kendali PID Logika Fuzzy^[7]

2.3. Logika Kontrol Fuzzy^[9]

Fuzzy Logic Controller (FLC) merupakan metode pengontrol menggunakan prinsip pengambilan keputusan menggunakan logika fuzzy (*Fuzzy Inference System*). Pada logika fuzzy yang dikenalkan oleh Lotfi Zadeh, berbeda dengan logika biasa atau tradisional dimana logika fuzzy dasarnya adalah kekaburan dan ketidakpastian. Logika fuzzy merupakan cara untuk memetakan ruang masukan kedalam ruang keluaran. Karakteristik lain yang ada pada logika fuzzy adalah dapat dibangun berdasarkan pengalaman seorang ahli, dengan kata lain logika fuzzy dapat memformulasikan pengetahuan seorang ahli. Berdasarkan gambar 3 dalam system logika fuzzy terdapat beberapa

tahapan operasional yang meliputi *Fuzzifikasi*, *Penalaran (Inference Machine)*, *Aturan Dasar (Rule Based)* dan *Defuzzifikasi*.



Gambar 3 Blok Diagram Logika Fuzzy

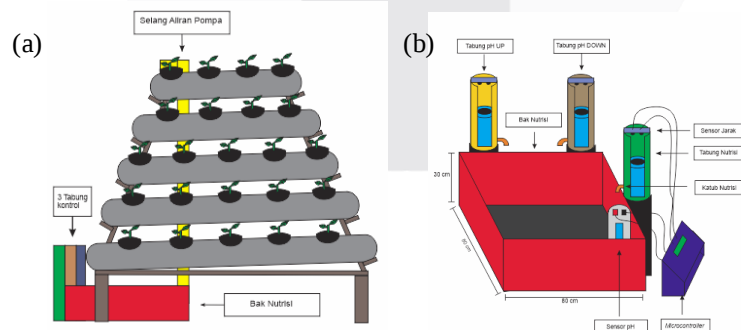
2.4. Sistem Kontrol PID

PID (Proporsional, Integral, Derifatif) terdiri dari tiga jenis komponen, yaitu proporsional, integral, dan derivatif. Ketiga jenis komponen tersebut dapat digunakan bersamaan atau bahkan sendiri-sendiri sesuai dengan respon yang diinginkan pada suatu plant, dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Kontrol Tipe-P (Proporsional)[10] Kontrol Proporsional menggunakan nilai KP sebagai nilai penguatan, mempercepat proses, meningkatkan *overshoot*, tidak merubah orde proses, tidak menghilangkan *offset*. Kontrol Tipe-D (Derivatif)[10] Kontrol Derivatif memiliki keunggulan dari kontrol derivative yaitu dapat merespon perubahan error aktuator dan dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum magnitude dari error aktuatornya menjadi sangat besar Kontrol Tipe-I (Integral)[10] Kontrol integral digunakan untuk menghilangkan nilai *offset* yang biasanya dihasilkan oleh kontrol proportional

3 Pembahasan

3.1. Perancangan Modul Hidroponik *Nutrient Film Technique (NFT)*

Pada penelitian ini sistem hidroponik yang digunakan adalah sistem irigasi hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) berdasarkan cara pengairannya, NFT termasuk dalam hidroponik tertutup. Dalam sistem tertutup, larutan nutrisi bersirkulasi secara terus menerus selama 24 jam karena aliran yang turun ke bak penampungan akan dipompa untuk dialirkan ke talang-talang tanaman. Talang hidroponik dibuat naik yang akan membentuk piramida agar aliran dapat mengalir dengan baik dan menghemat lahan. Masing-masing pipa dibuat miring untuk mengalirkan nutrisi dengan kemiringan 5% dari panjang pipa. Pada setiap pipa dibuat lubang untuk tempat tanaman selebar 4 cm dan jarak setiap lubang adalah 20 cm dari pusat lubang. Kecepatan aliran tidak boleh terlalu cepat sekitar 0,75 - 1,5 L/menit dan lebar pipa sebesar 2 inci. NFT merupakan hidroponik sederhana yang bekerja mengalirkan air, oksigen dan nutrisi secara terus menerus dengan ketebalan aliran air sekitar 3 – 5mm. Sistem hidroponik dibuat dengan 5 tingkat pipa seperti pada gambar 4(a).



Gambar 4 (a) *Hidroponik Nutrient Film Technique*, (b) Perancangan Bak Nutrisi dengan Kontrol

Hidroponik dibuat 2 sistem yaitu hidroponik yang dipasang kontrol pH pada bak nutrisi dan hidroponik tanpa alat kontrol pada bak nutrisi. Hidroponik yang dipasang sistem kontrol pH akan menstabilkan pH di 6 bila pH air pada bak nutrisi kurang atau lebih dari 6 seperti pada gambar 4(b) yang akan dipasang di sistem hidroponik. Sistem menstabilkan pH dengan menggunakan larutan pH UP dan pH DOWN dengan memberikan otomatis saat pH berubah. Sensor pH memberikan larutan pH UP dan pH DOWN diberikan ke bak nutrisi sesuai kadar yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan pH. pH UP berisikan larutan asam fosfat (H^3PO^4) dengan

konsentrasi 81% pH 1,6 dan pH DOWN berisikan larutan kalium hidroksida (KOH) dengan konsentrasi 25% pH 11,64[16].

3.2. Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor pH dengan nilai pH yang sebenarnya dengan menggunakan alat ukur pH meter. Cairan yang digunakan untuk pengujian terdiri dari berbagai jenis. Tabel 3 merupakan hasil perbandingan pengujian sensor pH dengan pH meter standar terhadap berbagai jenis cairan. Hasil perbandingan menunjukkan ada selisih rata-rata sebesar 13.56%.

Tabel 1 Pengujian Sensor pH

Jenis Cairan	pH Meter	Sensor pH	Error (%)
Air Keran	7.86	7.70	16.42
Sabun cuci piring	7.74	7.68	6.47
Nutrisi B	4.4	4.51	11.44
Nutrisi A	5.53	5.61	7.54
Data pH buffer 4.00	4.31	4.33	1.53
Data pH buffer 6.89	7.04	7.29	25.40
Data pH buffer 9.18	8.96	8.70	26.12
Rata-rata Error (%)			13.56

Gambar 1 (a). Hasil Pengujian Konverter IV, (b). Hasil Pengujian Buffer, (c). Hasil Pengujian Voltage Divider, (d) Kalibrasi Tegangan yang Terbaca pada Arduino Due dengan Keithley 2400

Gambar 4(a) merupakan hasil konversi sinyal arus menjadi sinyal tegangan dan diperoleh semakin besar nilai arus yang diberikan maka semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan. Berdasarkan kurva pada gambar 4(b), dapat diketahui bahwa buffer yang dibuat memiliki nilai keluaran yang tidak berbeda jauh dengan masukan yang diberikan. Gambar 4.5(c) merupakan kurva hasil pembagi tegangan dari rentang 0 - 12 V menjadi 0 - 3,3 V dengan menggunakan faktor pengkali sebesar 0,3125. Ketiga kurva yang dihasilkan dari pengujian pengondisi sinyal menghasilkan nilai R^2 1 yang menunjukkan bahwa kurva yang dihasilkan linier. Gambar 4(d) merupakan kurva hasil kalibrasi antara Arduino Due dengan kalibrator Keithley 2400 dengan nilai R^2 sebesar 0,9999. Hal tersebut menunjukkan bahwa pembacaan tegangan yang dilakukan oleh Arduino Due cukup akurat.

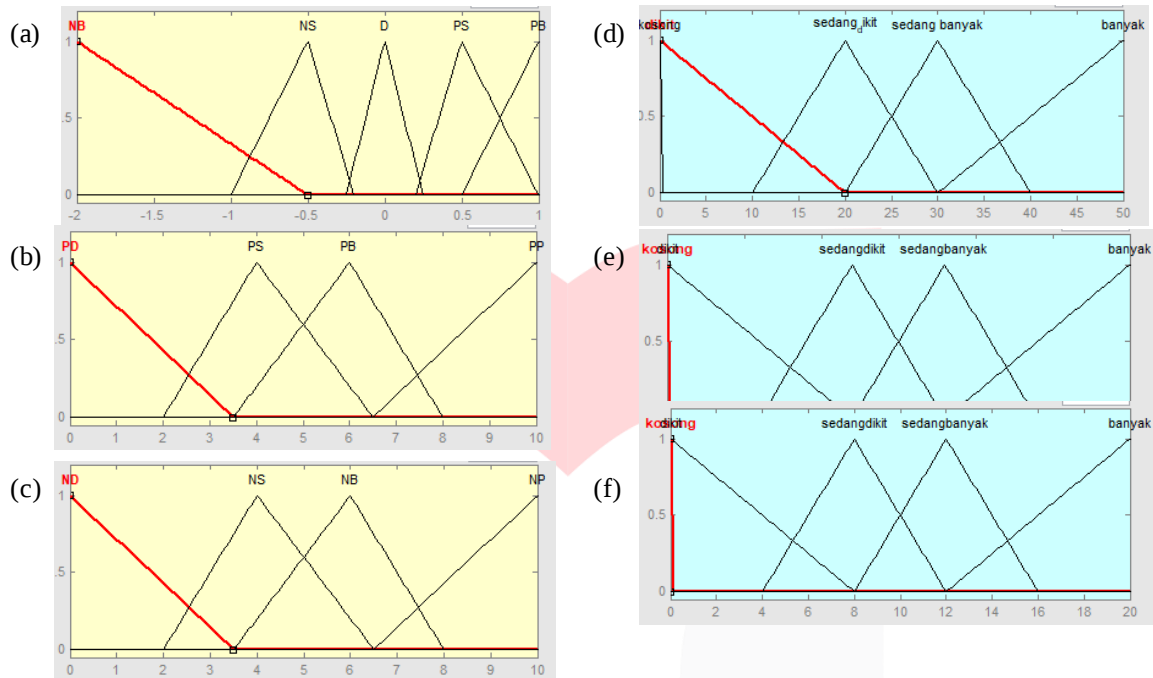
3.3. Pengujian Sistem Fuzzy Logic Controller (FLC)

Perancangan FLC dimulai dari merancang fungsi keanggotaan (*membership function*) dari masukan dan keluaran, kemudian dirancang basis aturan (*Rule Base*) dan fungsi defusifikasi.

Tabel 2 Rule Base Fuzzy

S/e	Valve pH UP		off	Valve pH Down	
	NB	NS	N	PS	PB
NP	B	SD	DIAM	SD	B
NB	B	SD	DIAM	SD	B
NS	SB	D	DIAM	D	SB
ND	SB	D	DIAM	D	SB
PD	SB	D	DIAM	D	SB
PS	SB	D	DIAM	D	SB
PB	B	SD	DIAM	SD	B
PP	B	SD	DIAM	SD	B

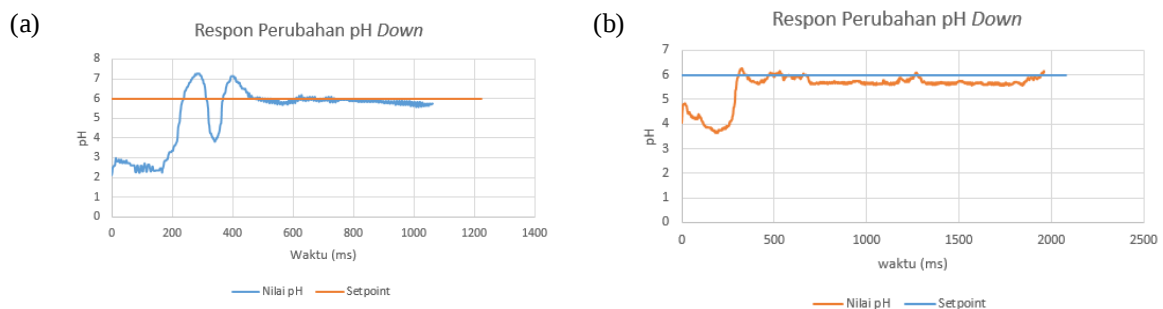
Fungsi keanggotaan dari *input* dan *output* mengikuti gambar 5, dimana input pH dibagi menjadi 5 *membership function* yaitu Negatif Besar (NB), Negatif Sedang (NS), Netral (N), Positif Besar (PB), Positif Sedang (PS), dan 2 input sensor jarak dibagi menjadi 8 *membership function* yaitu Negatif Penuh (NP), Negatif Banyak (NB), Negatif Sedang (NS), Negatif Dikit (ND), Positif Penuh (PP), Positif Banyak (PB), Positif Sedang (PS), Positif Dikit (PD). Nilai tersebut dibagi menjadi 3 rentang yaitu negatif, nol, dan positif. Hal ini didapat dari pengurangan *set point* terhadap nilai pH yang ditentukan oleh peneliti. Untuk *rule base* yang diterapkan pada sistem ini mengikuti tabel 4.2.



Gambar 5 (a) Fungsi Keanggotaan error (b) Fungsi Keanggotaan Jarak pH asam (c) Fungsi Keanggotaan Jarak pH basa (d) Penentuan nilai Kp (e) Penentuan nilai Ki (f) Penentuan nilai Kd

3.4. Pengujian Fuzzy Logic PID Controller untuk menaikan pH

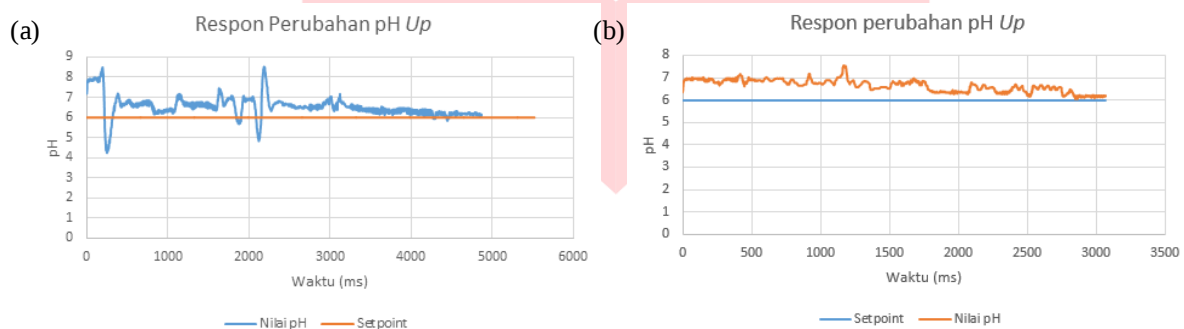
Pengujian ini ditujukan untuk melihat performa *Hybrid Fuzzy PID* pada saat menaikan pH pada bak nutrisi. Nilai awal pH dipilih 2.91 dan 4.09, pengujian pada pH 2.91 dilakukan dengan pencampuran 50 ml larutan pH Up dengan 1000 ml air. Pada gambar 6(a) terlihat bahwa pada waktu 342 *milisecond* terjadi penurunan pembacaan nilai sensor sebesar 3.82. Kemudian pada durasi 567 hingga 1008 *milisecond*, pembacaan nilai pH bersifat stabil yaitu sebesar 5.94 dengan error sebesar 0.06. Sistem berhasil mencapai setpoint pada 624 *milisecond* dengan debit yang dialirkan sebesar 206.87 ml dengan perubahan jarak pada tabung dari 3.06 sampai 5.98. Pengujian pada pH 4.09 dilakukan dengan pencampuran 50 ml larutan pH Up dengan 1000 ml air. Pada gambar 6(b) terlihat bahwa terjadi penurunan pembacaan nilai sensor sebesar 5.64 pada waktu 717 *milisecond*. Kemudian pada durasi 1907 sampai 1972 pembacaan pH bersifat stabil yaitu sebesar 5.84 dengan error sebesar 0.16. Sistem berhasil mencapai setpoint pada 1907 *millisecond*. Debit yang dialirkan sebesar 167.19 ml dengan perubahan jarak pada tabung dari 2.94 sampai 5.07.



Gambar 6 (a) Respon Perubahan pH 2.91 (50ml pH Up + 1000ml air) (b) Respon Perubahan pH 4.09 (50ml pH Up + 1500ml air)

3.5. Pengujian Fuzzy Logic PID Controller untuk menurunkan pH

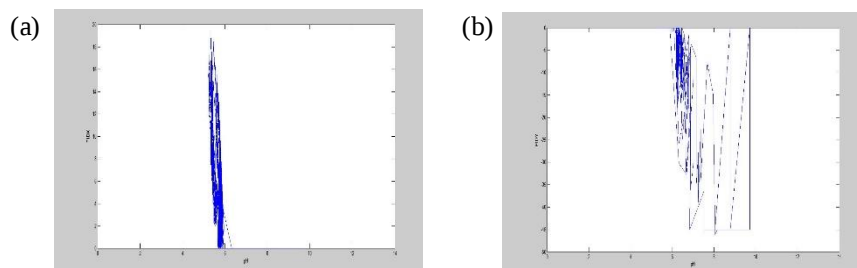
Dari hasil pengamatan, terlihat bahwa untuk menurunkan pH 7.87 dan 6.91 respon yang terjadi memakan waktu yang lebih lama untuk mencapai nilai setpoint 6. Pada gambar 7(a) pengujian dilakukan dengan pencampuran 50ml larutan pH Down + 1000 ml air pada pH 7.87. Terlihat bahwa sistem mengalami osilasi yang sangat besar, pada waktu 2201 *milisecond* terjadi kenaikan pembacaan pH sebesar 8.24 dan penurunan pH pada waktu 250 dan 2131 *milisecond* sebesar 4.33 dan 4.93. Pada waktu 4177 sampai 4863 *milisecond* pembacaan nilai pH bersifat stabil yaitu pada pH 6.15 dengan error sebesar 0.15. Sistem mencapai setpoint pada waktu 4072 dengan debit yang dialirkan sebesar 424.36 ml dengan perubahan jarak pada tabung dari 2.54 sampai 8.51. Pada gambar 7(b) pengujian dilakukan dengan pencampuran 75 ml larutan pH Down + 1000 ml air pada pH 6.91. Terlihat bahwa sistem mengalami osilasi yang tidak sebesar pengujian pertama, pada waktu 1188 *milisecond* terjadi kenaikan pH sebesar 7.28. pada waktu 2863 sampai 3066 *milisecond* pembacaan nilai pH bersifat stabil yaitu pada 6.03 dengan error sebesar 0.03. Sistem mencapai setpoint pada waktu 2863 dengan debit yang dialirkan sebesar 550.47 ml dengan perubahan jarak pada tabung dari 2.37 sampai 10.14.



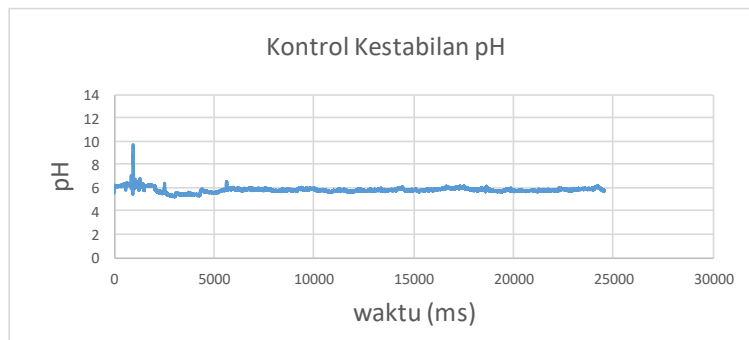
Gambar 7 (a) Respon perubahan pH 7.87 (50ml pH Down + 1000ml air) (b) Respon perubahan pH 6.91 (75ml pH Down + 1000ml air)

3.6. Pengujian fuzzy logic PID controller pada sistem hidroponik NFT

Terdapat 2 data PID yang dihasilkan pada sistem kontrol yaitu PIDX dan PIDY. PIDX adalah kontrol PID pada tabung pH DOWN untuk menaikkan pH, dan PIDY adalah kontrol PID pada tabung pH UP untuk menurunkan pH. Nilai kontrol PID yang keluar sama dengan sudut pada servo, sehingga sudut yang diperlukan untuk membuka servo dapat dikontrol dengan sistem kontrol PID. Terlihat pada gambar 8(a) nilai PIDX bersifat positif hal ini dikarenakan setpoint pH yang ditetapkan adalah 6 dan nilai pH yang terbaca dibawah 6 yaitu pH asam sehingga nilai error yang terbaca bersifat positif. Nilai error dikali ke nilai Kp, Ki, dan KD yang sudah ditetapkan sehingga menghasilkan nilai PIDX yang bersifat positif. Sedangkan pada gambar 8(b) terlihat bahwa nilai PIDY bersifat negative hal ini dikarenakan setpoint yang ditetapkan adalah 6 dan nilai yang terbaca diatas 6 yaitu pH basa sehingga nilai error yang terbaca bersifat negatif. Nilai error dikali ke nilai Kp, Ki, dan Kd yang sudah ditetapkan sehingga menghasilkan nilai PIDY yang bersifat negative, nilai PIDY yang bersifat negatif dikalikan dengan nilai -1 agar bersifat positif, kedua nilai PID ini diubah kedalam sudut agar dapat terbaca pada servo.

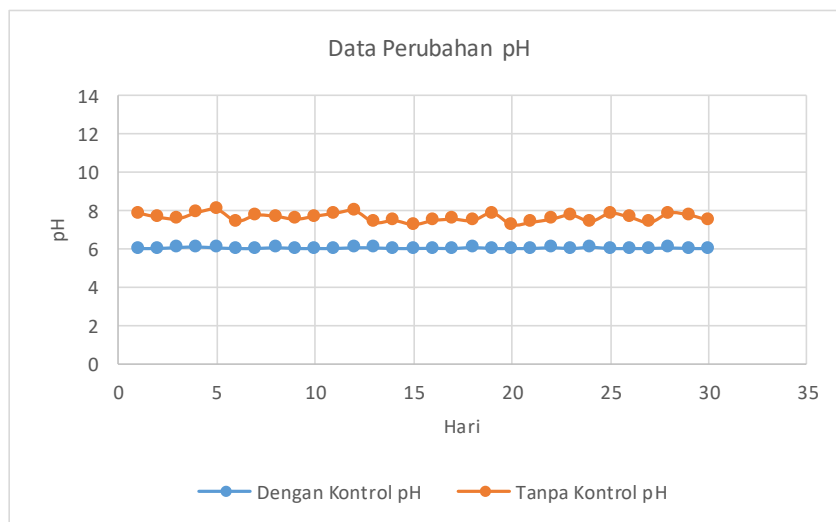


Gambar 8 (a) Nilai PIDX terhadap pH (b) Nilai PIDY terhadap pH



Gambar 9 Kontrol kestabilan pH pada sistem hidroponik

Terlihat pada gambar 9 terjadi perubahan pH ke basa mencapai nilai 9.87 hal ini terjadi karena saat penambahan air kedalam bak nutrisi, air kran mempunyai pH 8.46 sehingga terjadi kenaikan pH, nilai yang terbaca pada pH meter saat penambahan air adalah 8.78 dan nilai yang terbaca pada sensor pH adalah 9.87 error yang dihasilkan sebesar 1.09 dan pada gambar 4.20 terlihat nilai pH menuju ke asam dengan nilai 5.46 hal ini terjadi karena saat penambahan nutrisi kedalam bak nutrisi, larutan nutrisi memiliki nilai pH 4.4 dan 5.5 sehingga terjadi penurunan pH yang tidak terlalu besar. Nilai pH yang terbaca pada pH meter adalah 5.65 sedangkan yang terbaca pada sensor pH adalah 5.46 error yang dihasilkan sebesar 0.19. Sistem bekerja selama 1 jam dan menghasilkan nilai yang stabil pada pH 5.91 dan pada pH meter terbaca nilai pH adalah 6.02 error yang dihasilkan adalah 0.11, pembacaan pada sistem tidak terlalu jauh disbanding dengan pH meter yang terbaca, grafik kestabilan sistem dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 10 Data perubahan pH selama 30 hari

3.7. Hasil Pengamatan Respon Pertumbuhan Tomat Cherry

Adapun hasil pengamatannya ditampilkan pada gambar 4.26, nilai pH yang terbaca pada pH meter di sistem hidroponik NFT tanpa kendali pH adalah basa berkisar antara 7 – 8 karena nilai pH pada air rumahan adalah 7 - 8



Gambar 10 (a) Buah tomat cherry tanpa kontrol pH (b) Buah tomat cherry dengan kontrol pH 6

yang dialirkan pada sistem hidroponik NFT. Sedangkan Nilai pH yang terbaca pada pH meter di sistem hidroponik NFT dengan kendali adalah 6. Kenaikan pH pada bak nutrisi dikarenakan penambahan air dan penurunan pH dikarenakan penambahan nutrisi. Pemberian nutrisi pada tiap hidroponik NFT yaitu 5 ml nutrisi A dan 5 ml nutrisi B dalam 1 liter air pada bak nutrisi. Pemberian nutrisi pada kedua tanaman sama yaitu sekitar ppm 2183 atau 4618 EC. Pertumbuhan Buah tomat cherry diambil 25 hari setelah tomat berbuah, buah tomat yang matang diambil 5 sample untuk diukur beratnya dan diameter buah.

Hasil produksi buah tomat cherry merupakan buah dari tanaman tomat cherry, tidak semua tanaman yang ditanam berbuah tomat. Tomat yang dihasilkan yaitu sebanyak 288 pada tanaman tanpa kontrol dan 173 buah pada tanaman dengan kontrol pH 6, bobot yang dihasilkan yaitu 28.5 gram pada tanaman tanpa kontrol dan 23.2 gram pada tanaman dengan kontrol pada pH. Kurangnya hasil produksi buah pada sistem hidroponik yang dikontrol karena hama jamur yang menyebar sehingga daun yang tumbuh sedikit dan tidak tumbuh cabang baru untuk tempat tumbuh buah.

Tabel 3 Perbandingan produksi tomat cherry pada sistem hidroponik NFT

	Satuan	Tanpa kontrol pH	Kontrol pH 6
Jumlah tanaman yang ditanam	Tanaman	17	19
Jumlah tanaman yang panen	Tanaman	13	16
Rata rata diameter buah	Centimeter	3.08	2.67
Rata rata berat buah	Gram	28.5	23.2
Rata rata buah pertanaman	Buah	22.15	10.81
Jumlah panen	Buah	288	173

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Perancangan sistem kontrol pH dengan menggunakan *hybrid fuzzy* PID berjalan dengan baik, pH pada bak nutrisi terkontrol dengan nilai pH rata2 6.15 saat penurunan pH dan 5.84 pada saat kenaikan pH. Pada saat penurunan pH terjadi lebih banyak fluktuasi dibandingkan saat kenaikan pH, dan error yang dihasilkan yaitu sebesar 0.15 pada saat penurunan pH dan 0.16 saat kenaikan pH. Sistem hampir mencapai setpoint 6 sesuai dengan yang dibutuhkan untuk tanaman tomat cherry.
2. Kontrol pH hanya mempengaruhi akar tanaman tomat cherry pada sistem hidroponik NFT. Pada tanaman tanpa kontrol pH tinggi dan banyak daun pada tanaman tomat cherry tidak terpengaruhi oleh kontrol pH.
3. Hasil produksi yang didapat adalah 288 buah pada tanaman tomat cherry tanpa kontrol pH dan 173 buah pada tanaman dengan kontrol pH 6.

Daftar Pustaka

- [1] Rosliani Rini, Sumarni Nani. (2014). "Outlook komoditi tomat". 2014 Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jendral – Kementerian Pertanian.
- [2] Ismailah. 2015. "Penerapan sistem mono cabang pada budidaya tomat cherry secara hidroponik untuk meningkatkan kualitas buah di bppp lembang jawa barat". Program Studi Agribisnis, Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh.
- [3] Saragih, Winda C. 2008. "Respon Pertumbuhan dan Produksi Tomat (*Solanum lycopersicum* Mill.) Terhadap Pemberian Pupuk Phospat dan Berbagai Bahan Organik". Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [4] McClure, Judy. 2007. "Garden Notes. Agriculture and Natural Resources". University of California.
- [5] Berry, Wade L and Knight, Sharon. "Plant Culture in Hydroponics".
- [6] Soemarno MS. 2010. "Ketersediaan Unsur Hara"
- [7] Amanda, Iyodha: "Kendali Kecepatan Mobil Listrik Menggunakan Dua Motor Listrik dengan Fuzzy-PID". Bandung : Universitas Telkom, 2012
- [8] Pasila, Felix (2000) "Sistem kendali hybrid PID – Logika fuzzy pada pengatur kecepatan motor dc". Teknik Elektro. Universitas Kristen Petra.
- [9] MAHARGIYAK, EKA. (2013) "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno untuk Sistem Pendukung Keputusan Prakiraan Cuaca"
- [10] K. J. Astrom and R. M. Murray, "Control PID," in *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2012, pp. 293-314.
- [11] Harjoko, Dwi dan Samanhudi. "Pengatur komposisi nutrisi dan media dalam budidaya tanaman tomat dengan sistem hidroponik" Jurusan Agronomi. Fakultas Pertanian UNS