# PERBANDINGAN ANTARA KENDALI PID DENGAN FUZZY PADA PENGENDALIAN PH LARUTAN NUTRISI SISTEM HIDROPONIK METODE *NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)*

**Ajeng Pratitis Cahyaningtyas**
S1. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : ajengcahyaningtyas@mhs.unesa.ac.id

**Endryansyah / Bambang Suprianto / Puput Wanarti Rusimamto**
Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : endryansyah@unesa.ac.id / bambangsuprianto@unesa.ac.id / puputwanarti@unesa.ac.id

**Abstrak**

Era moderen saat ini khususnya di daerah perkotaan, kebutuhan pokok sayur telah menjadi hal vital bagi semua elemen masyarakat. Salah satu inovasi terbarukan yang digunakan untuk menanam bibit sayuran pada daerah perkotaan adalah hidroponik. Nutrisi dan pH air merupakan komponen utama hidroponik melalui sistem hidroponik metode *Nutrient Film Technique* (NFT). Metode NFT mengandalkan aliran air nutrisi yang mengalir sepanjang pipa paralon dengan bantuan pompa, sehingga akar dari tanaman akan terus ternutrisi. Dalam artikel ini, penulis melakukan kajian literatur mengenai perbandingan antara kendali PID dengan fuzzy pada pengendalian larutan nutrisi dalam sistem hidroponik metode NFT.Salah satu parameter larutan nutrisi pada hidroponik adalah pH larutan, derajat keasaman (pH) larutan optimal berada pada range 5,5 sampai 6,5, namun hal ini tergantung pada plant tanaman yang akan digunakan, karena setiap tanaman memiliki kadar nilai pH optimal masing-masing. Pada penelitian yang menggunakan PID Kontroler memiliki kelebihan lebih umum digunakan namun kekurangan PID Kontroler pada nilai settling time dan rise time dapat mencapai 520 detik dan 297 detik. Pada penelitian yang menggunakan Fuzzy Logic Controller memiliki kelebihan yaitu pengontrolan lebih stabil dibanding PID kontroler dan membutuhkan waktu rise time lebih cepat hingga mencapai nilai rise time 886 ms, namun kekurangan FLC pada banyaknya aturan yang digunakan, semakin sedikit aturan maka pengontrolan akan tidak maksimal seperti perbedaan hasil FLC menggunakan 25 Aturan dan 15 Aturan yang memiliki selisih overshoot 1,8% hingga 50%.

**Kata Kunci:** Hidroponik NFT, PID, Fuzzy Logic Controller, Kadar pH

**Abstract**

*Recently, in this modern era, especially in urban areas, vegetables are becoming important for all human beings. In the urban area, one of the techniques is called Hydroponic. Through Nutrient Film Technique (NFT), nutrition and pH are becoming the main component. NFT methods consider the flow of the nutrition water which is flown along the PVC pipe, supported with the pump, thus their root will always be nutrified. In this article, the author tried to review the reference due to comparison between PID controller with Fuzzy for nutrition compound control in NFT hydroponic method. One of the parameters in compound nutrition for hydroponic is pH. pH for the compound is around 5.5 to 6.5, but also depends on the type of the plant, according to their optimal pH. In studies using PID Controllers, they have the advantage of being more commonly used, but the lack of PID Controllers in settling time and rise time values can reach 520 seconds and 297 seconds. In research that uses Fuzzy Logic Controller has the advantage that the control is more stable than the PID controller and requires a faster rise time to reach the rise time value of 886 ms, but the lack of FLC on the number of rules used, the fewer rules, the control will not be maximal like the difference FLC results use 25 Rules and 15 Rules that have an overshoot difference of 1.8% to 50%.*

***Keywords*****:** *Hydroponic NFT, PID, Fuzzy Logic Controller, pH*

## PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini, teknologi berkembang dengan sangat pesat dan dibuktikan dengan banyaknya teknologi terbaru. Perkembangan teknologi saat ini didukung oleh sumber daya manusia yang berkompeten. Salah satu dari perkembangan teknologi saat ini khususnya dalam bidang pertanian adalah *hidroponik*. Dengan adanya hidroponik saat ini, masyarakat khususnya perkotaan lebih diuntungkan karena tidak memakan tempat yang terlalu luas untuk penanamannya. Hidroponik juga memberikan kemudahan dalam penanamannya karena hanya menggunakan air sebagai medianya.

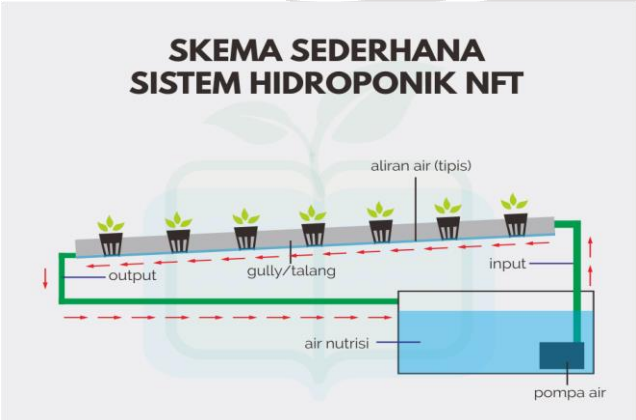
Namun, dalam penanaman bibit tumbuhan seringkali masyarakat cepat merasa bosan karena harus mengganti air nutrisi setiap 2 hari sekali, selain itu kegagalan

penanaman seperti kekeringan, hama dan faktor lain dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman sayur. Hal ini terjadi dikarenakan masyarakat perkotaan memiliki jadwal kegiatan yang padat. Sehingga untuk bisa menyelaraskan kedua hal tersebut maka dibuatlah sistem kendali otomatis yang dapat membantu pekerjaan bercocok tanam disamping kegiatan yang lain.

Pengertian tanaman hidroponik secara umum yaitu tanaman yang ditanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan media tanah tetapi menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman untuk bisa tumbuh (Trina E. Tallei, dkk. 2017).

Dengan adanya permasalahan diatas, mendorong penelitian dan pengembangan ulang mengenai sistem kontrol PID dan juga Fuzzy. Dalam makalah ini akan membahas perbandingan antara PID dan Fuzzy dalam mengatur air nutrisi pada hidroponik metode NFT *(Nutrient Film Technique).* Air nutrisi pada metode NFT diharuskan 24 jam terus menerus mengaliri tanaman, hal ini bermanfaat pada akar tanaman agar asupan oksigen dapat terus diberikan sehingga tanaman 'tumbuh dengan baik.

Air larutan nutrisi yang baik selalu berhubungan dengan derajat keasaman (pH) yang memiliki fungsi sebagai daya larut unsur hara yang menjadi faktor penting kesuburan dan pertumbuhan tanaman. Pada Gambar 1. menjelaskan tentang skema sederhana hidroponik NFT yang mengharuskan air nutrisi terus menerus mengalir agar tanaman dapat terpenuhi oksigen dan unsur haranya.




Gambar 1. Skema Sistem Hidroponik NFT
Sumber : (http://hidroponikpedia.com/inilah-kelebihan-dan-kekurangan-sistem-hidroponik-nft/)

Kadar keasaman (pH) optimal untuk tanaman mempunyai nilai 5,5 – 6,5 , namun hal ini tergantung jenis tanaman yang akan di tanam. Pada Tabel 1. menjelaskan tentang beberapa jenis tanaman hidroponik dan kadar pH optimal yang digunakan.

Tabel 1. Kadar pH pada jenis-jenis tanaman.

| *No.* | *Jenis Tanaman* | *Kadar pH* |
|---|---|---|
| **1.** | Selada | 6.0 - 7.0 |
| **2.** | Kangkung | 5.5 – 6.5 |
| **3.** | Sawi | 5.5 – 6.5 |
| **4.** | Tomat | 6.0 – 6.5 |
| **5.** | Strawberry | 6 |
| **6.** | Bayam | 6.0 – 7.0 |
| **7.** | Seledri | 6.5 |
| **8.** | Kailan | 5.5 – 6.5 |
| **9.** | Sawi Pahit | 6.0 – 6.5 |
| **10.** | Peterseli | 5.5 – 6.0 |

Sumber : (Trina E. Tallei, dkk. 2017)

Prosedur penanaman secara hidroponik memiliki langkah-langkah sebagai berikut :

- **Penyemaian**
  Penyemaian merupakan langkah awal untuk penanaman yaitu dengan cara menyiapkan bibit tanaman dan media tanam yang akan digunakan. Media tanam bisa menggunakan rockwool dan hidroton, namun yang paling umum digunakan adalah rockwool.
- **Persiapan Nutrisi**
  Air nutrisi merupakan salah satu hal terpenting dalam sistem hidroponik. Nutrisi dalam hidroponik berbentuk liquid dan memiliki 2 jenis yaitu Nutrisi A dan Nutrisi B yang biasa disebut AB Mix.
- **Penanaman**
  Bibit tanaman yang telah disemai dan berusia sekitar 10-14 hari dengan minimal 3-4 daun sejati dapat dipindah tanam ke dalam pipa menggunakan netpot dan kain flannel sebagai perantara untuk akar agar dapat menyerap nutrisi pada pipa hidroponik.
- **Pemeliharaan tanaman**
  Pada tahap ini diwajibkan untuk mengecek kebutuhan hidroponik seperti kadar nutrisi, keterbutuhan air , dan pengecekan pertumbuhan tanaman. Pemeliharaan tanaman juga mengatur masalah hama dan penyakit pada tanaman seperti lumut yang akan mengganggu penyerapan nutrisi pada akar tanaman dan juga serangga atau burung , maka dari itu biasanya sistem hidroponik diberi atap berupa paranet atau plastic UV untuk melindungi dari hama burung dan hujan.

- **Panen dan Pasca panen**
  Untuk bisa melakukan panen biasanya membutuhkan waktu sekitar 2-3 bulan, namun hal ini tergantung pada bibit tanaman apa yang sedang di tanam. Setelah tahap panen, maka akan dilakukan pembersihan alat alat yang telah digunakan seperti pipa, netpot, bak nutrisi dan pompa air.

Adapun sistem kontrol untuk hidroponik metode NFT ini dapat menggunakan kontroler PID dan Fuzzy Logic Control. Instrumentasi sistem kontrol menggunakan perangkat Arduino, Sensor pH sebagai input dan Motor DC sebagai aktuator.

**Sistem Kendali Hidroponik**

Sistem kendali pada hidroponik memiliki tujuan untuk mengendalikan proses bertumbuhnya tanaman seperti jenis sayur agar dapat tumbuh dengan maksimal dan menghasilkan hasil yang baik. Adapun hal-hal yang dapat di kontrol dapat berupa pencahayaan , kadar nutrisi, suhu dan kelembaban atau pengendalian kadar pH nutrisi pada penyerapan akar tanaman.

Sistem kendali hidroponik ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler untuk mengendalikan parameter pengendalian kadar pH nutrisi pada tanaman. Ada beberapa metode kendali yang dapat digunakan seperti kendali PID *(Proportional Integral Derivative)* dan juga *Fuzzy Logic Control* (FLC) atau bisa disebut logika fuzzy.

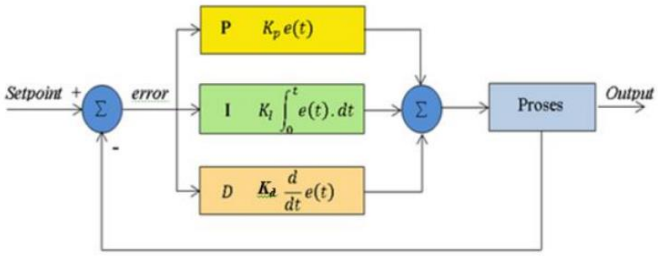
**Sistem NFT (Nutrient Film Technique)**

NFT adalah sebuah sistem yang menggunakan sebuah lapisan yang tipis atau disebut juga lapisan film pada nutrisi. Lapisan-lapisan tipis tersebut yaitu larutan nutrisi yang memiliki tebal kurang lebih 1-3 mm dengan cara dipompa lalu dialirkan dengan melewati pipa berisi tanaman yang bekerja secara kontinyu tanpa henti dengan kecepatan aliran nutrisi kurang lebih 1-2 liter / menit.

Hidroponik sistem NFT merupakan salah satu hidroponik dengan sistem tertutup yaitu larutan nutrisi mengalir secara terus menerus tanpa henti bertujuan untuk pertumbuhan tanaman dan akar terus terairi oleh larutan nutrisi sehingga tumbuhan tumbuh dengan optimal dan baik.

**Kontrol PID *(Proportional Integral Derivative)*.**

Sistem Kendali PID (*proportional-integral-derivative*) digunakan dalam sistem jenis tertutup atau loop tertutup yang melibatkan feedback dari keluaran sistem untuk mencapai hasil respon yang diinginkan. Sistem Kontrol PID dapat mengendalikan *variabel masukan* dengan mengubah *variabel keluaran* sehingga diperoleh *variabel masukan yang* baru sehingga menghasilkan output system yang diinginkan.




Gambar 2. Diagram Blok PID Kontroler
Sumber : (M.Saiful Haris, dkk. 2017)

Persamaan PID ditunjukkan pada persamaan

$$u(t) = Kp.e(t) + Ki\int_0^t e(t)dt + Kd\frac{de}{dt} \quad (1)$$

Dimana Kp adalah konstanta proportional, Ki adalah konstanta integral, dan Kd adalah konstanta derivative, dengan keluaran $u$ , dan $e$ merupakan masukan *error* yang berasal nilai masukan referensi *r* dikurangi dengan nilai masukan sudut $y$ . Serta dimana $t$ adalah waktu saat ini. (M.Saiful Haris, dkk. 2017)

**Fuzzy Logic Controller**

Logika Fuzzy adalah salah satu solusi yang tepat dan efisien untuk mengatur suatu fungsi ruang input/masukan ke dalam fungsi ruang output/keluaran. Pada sistem yang dianggap sangat tidak mudah, penggunaan kontrol logika fuzzy (fuzzy logic controller) adalah solusinya. Sistem sederhana yang dibuat untuk mengontrol inputan yang berawal dari beberapa fungsi inputan yang tidak saling berhubungan. Dengan adanya ketidaktergantungan ini, penambahan inputan yang baru akan mempengaruhi pada proses kontrol serta proses perhitungan ulang dari semua fungsi anggota yang ada .Sebaliknya, penambahan inputan baru pada sistem ini, yaitu cara bekerja berdasarkan pada prinsip-prinsip logika kontroler fuzzy, yang membutuhkan penambahan pada fungsi keanggotaan yang baru dan aturan/rules yang berhubungan dengan sistem ini.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan sumber hasil penelitian yang telah dilakukan oleh 1) Ahmad Yanuar Hadi Putra, dkk. pada tahun 2016. 2) Dian Pancawati, dkk pada tahun 2016. 3) Siti Mashumah, dkk pada tahun 2018. 4) Ahmad Nur Fuad pada tahun 2019. 5) Faizal Beni Akbar, dkk**.** pada tahun 2016. 6) Adin Suta dan Karl-Filip Selander pada tahun 2017. Didapat hasil sebagai berikut :

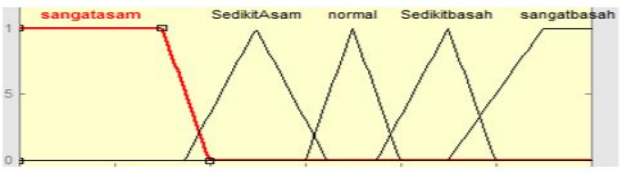
UNESA Universitas Negeri Surabaya

**Sistem Kontrol Otomatis Ph Larutan Nutrisi Tanaman Bayam Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)**

Pada penelitian Ahmad Yanuar Hadi Putra dan Wahyu S. Pambudi pada tahun 2016 yang berjudul "Sistem Kontrol Otomatis Ph Larutan Nutrisi Tanaman Bayam Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)" melakukan penelitian menggunakan sistem kontrol Fuzzy Logic Controller dengan input Analog pH Meter Kit dan kombinasi motor servo dengan ball valve sebagai aktuator.

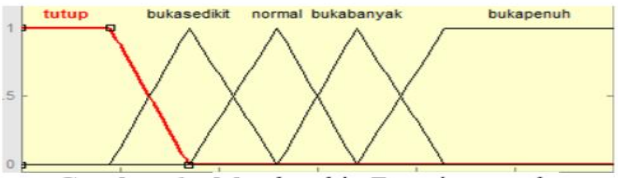
Pada penelitian kali ini akan mengontrol pH larutan nutrisi tanaman dengan menggunakan sensor pH melalui sistem kontrol dengan arduino nano dan metode Fuzzy Logic Controller. Dimana kondisi kadar pH air didalam larutan nutrisi diatur dengan cara menambahkan larutan pH asam dan pH down basa, yang diindikasikan asam sebagai pH Up dan basa sebagai pH down, melalui ballvalve yang dikombinasikan dengan motorservo DC dan dikendalikan melalui mikronkontroler arduino nano.

Adapun prinsip kerja pada penelitian ini yaitu input value yang terdiri dari 2 yaitu pH value dan sudut servo. Sensor pH akan memberikan value input pH dimana pH yang diinginkan adalah 6,6-7,6. Fungsi dari sudut servo yaitu sebagai value input lain yang dilakukan pada saat kondisi tertutup sampai terbuka. Dari kedua inputan tersebut akan diolah oleh Fuzzy Logic Controller untuk menghasilkan sebuah output lama waktu pembukaan dari motor servo tersebut. Fungsi member dari input dan output mengikuti Gambar 4. Penerapan pada tiap-tiap aturan yaitu diproses dengan menggunakan fungsi implikasi MIN yang berfungsi sebagai pengambil nilai paling sedikit dari kedua inputan tersebut. Gambar fungsi keanggotaan 2 input dan 1 output, terdiri dari pH nutrisi (Gambar 3.), sudut servo (Gambar 4).




Gambar 3. Fungsi Keanggotaan pH nutrisi

Sumber : (Ahmad Yanuar H.P. dan Wahyu S.P. 2016)




Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Sudut Servo

Sumber : (Ahmad Yanuar H.P. dan Wahyu S.P. 2016)

Tabel 2. Rule Base

| | Valve pH Up On | | off | Valve pH Down On | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Sangat Asam** | **Sedikit Asam** | **Normal** | **Sedikit Basah** | **Sangat Basah** |
| **Tutup** | Diam | Diam | Diam | Diam | Diam |
| **Buka Sedikit** | Sangat Lambat | Lambat | Diam | Lambat | Sangat Lambat |
| **Normal** | Agak Lambat | Normal | Diam | Normal | Agak Lambat |
| **Buka Banyak** | Normal | Agak Cepat | Diam | Agak Cepat | Normal |
| **Buka Penuh** | Agak Cepat | Cepat | Diam | Cepat | Agak Cepat |

Sumber : (Ahmad Yanuar H.P. dan Wahyu S.P. 2016)

Pada Tabel 3. menunjukkan bahwa rise time value beserta nilai overshoot maksimal berbanding terbalik dengan semakin besarnya nilai pada overshoot maka nilai rest time akan semakin cepat. Namun semakin kecil nilai overshoot maka akan semakin lamban nilai rest timenya. Hal ini menyebabkan sistem Fuzzy Logic Controller akan lebih halus jika larutan yang ditambahkan ke dalam tangki larutan nutrisi sesuai dengan kebutuhan, sehingga respon pada sistem akan lebih akurat dan tepat dibanding pada saat sistem mengeluarkan output larutan ke tangki utama dengan volume banyak. Hal ini mengakibatkan nilai pH terjadi lonjakan dan tidak stabil.

Tabel 3. Hasil Respon Sistem pH>7,6

| **Respon Sistem** | **FLC buka sedikit (sudut servo 60)** | **FLC buka normal (sudut servo 76)** |
|---|---|---|
| | **pH** | **pH** |
| | **8,64** | **9,21** |
| **Rise Time** | 61(s), 4(s) | 7(s) |
| **Settling time** | 125(s) | 126(s) |
| **Max Overshoot** | 0% | 12,59% |

Sumber : (Ahmad Yanuar H.P. dan Wahyu S.P. 2016)

Tabel 4. menunjukan pada pH 6,33 membutuhkan 1 kali rise time selama 33 detik pada detik ke 64, sedangkan pada pH 5,73 membutuhkan 2 kali rise time dengan rise time pertama selama 40 detik pada detik ke 61 dan rise time kedua selama 17 detik pada detik ke 121. Pada sudut servo 76 (bukaan normal) dengan nilai pH awal 5,85 diketahui sistem Fuzzy Logic Controller membutuhkan 2 kali rise time untuk mencapai nilai set point. Pada detik ke 61 terjadi rest time pertama selama 1 detik dan pada detik ke 68 terjadinya rest time kedua selama 46 detik. Dengan demikian sistem kontrol FLC membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai nilai set point pada detik ke 235. Sehingga sudut bukaan normal memiliki overshoot yang jauh lebih besar jika dibandingkan sudut bukaan sedikit.

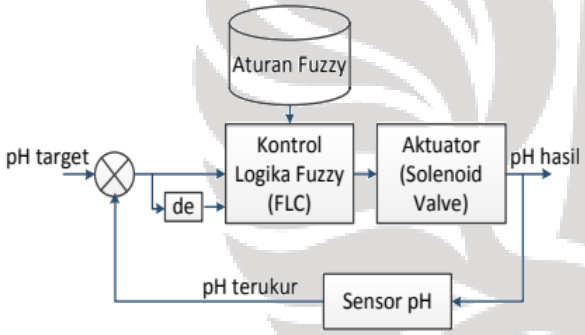
Tabel 4. Hasil Pengujian Fuzzy untuk menaikkan pH

| Respon Sistem | FLC buka sedikit (sudut servo 60) | | FLC buka normal (sudut servo 76) |
|---|---|---|---|
| | pH | pH | pH |
| | 5,73 | 6,33 | 5,85 |
| Rise Time | 40(s), 17(s) | 33(s) | 1(s), 46(s) |
| Steady State | 126(s) | 110(s) | 235(s) |
| Max Overshoot | 0,3% | 0,15% | 85% |

Sumber : (Ahmad Yanuar H.P. dan Wahyu S.P. 2016)

**Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur pH Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT).**

Pada penelitian Dian Pancawati dan Andik Yulianto. (2016) yang berjudul "Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur pH Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)" Pengujian membandingkan hasil percobaan pada respon kendali Fuzzy dengan beberapa aturan yang tepat dan adanya perancangan.




Gambar 5. Blok diagram FLC

Sumber : (Dian Pancawati dan Andik Yulianto. 2016)

Pada penelitian artikel ilmiah ini, setiap nilai pH di setting dengan nilai/value yang sama. Hasil uji pada respon sistem akan diteliti untuk memanipulasi nilai rise time, nilai time settling dan nilai error steady state yang didapatkan dari sistem kontrol fuzzy yang diterapkan.

Tabel 5. Tabel Rules Base

| E / ΔE | Valve pH Down On | | Off | Valve pH Up On | |
|---|---|---|---|---|---|
| | NB | NK | N | PK | PB |
| NB | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| NK | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| Z | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| PK | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| PB | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |

Sumber : (Dian Pancawati dan Andik Yulianto. 2016)

Tabel 6. Rancangan 15 aturan FLC

| E / ΔE | Valve pH Down On | | Off | Valve pH Up On | |
|---|---|---|---|---|---|
| | NB | NK | N | PK | PB |
| NB | | | | | |
| NK | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| Z | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| PK | Lama | Sedang | Diam | Sedang | Lama |
| PB | | | | | |

Sumber : (Dian Pancawati dan Andik Yulianto. 2016)

Pada sistem dengan 25 aturan ini menunjukkan bahwa nilai/value rise time pada kolom error bernilai positif kecil menghasilkan respon yang cepat daripada nilai/value rise time pada kolom error bernilai positif besar. Hal ini dikarenakan positif error value kecil menghasilkan nilai yang mendekati pada value error kolom Netral, atau bisa disebut juga kadar pH telah mendekati titik setpoint sehingga sistem fuzzy tidak membutuhkan waktu proses yang sangat lama hanya untuk mengambil sebuah keputusan. Sementara itu, pada sistem dengan 15 aturan, hal ini juga dapat berlaku atau diterapkan, akan tetapi respon waktu yang dibutuhkan pada sistem dengan 15 aturan, membutuhkan setengah dari durasinya pencapaian sistem untuk mencapai rise time yang lebih cepat. Adapun kekurangan dalam sistem fuzzy dengan 15 aturan yaitu nilai overshoot maksimal menjadi besar dibandingkan dengan overshoot maksimal sistem dengan 25 aturan.

Tabel 7. Hasil Pengujian Fuzzy menaikkan pH

| Respon Sistem | FLC 25 Aturan | | FLC 15 Aturan | |
|---|---|---|---|---|
| | pH | pH | pH | pH |
| | 5,38 | 3,27 | 5,23 | 3,51 |
| Rise Time | 886 ms | 1200 ms | 424 ms | 500 ms |
| Steady State | 1381 ms | 5350 ms | 1577 ms | 3000 ms |
| Max Overshoot | 3% | 1% | 4,8% | 1% |

Sumber : (Dian Pancawati dan Andik Yulianto. 2016)

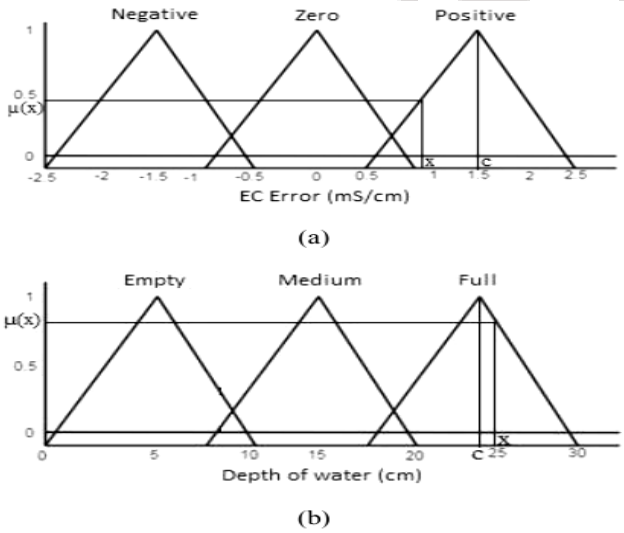
Tabel 8. Hasil Pengujian Fuzzy Menurunkan pH

| Respon Sistem | FLC 25 Aturan | | FLC 15 Aturan | |
|---|---|---|---|---|
| | pH | pH | pH | pH |
| | 5,85 | 7 | 5,84 | 7 |
| Rise Time | 2000 ms | 2237 ms | 5400 ms | 200 ms |
| Time Settling | 6500 ms | 3000 ms | 8700 ms | Osilasi |
| Max Overshoot | 4% | 25% | 8% | 100% |

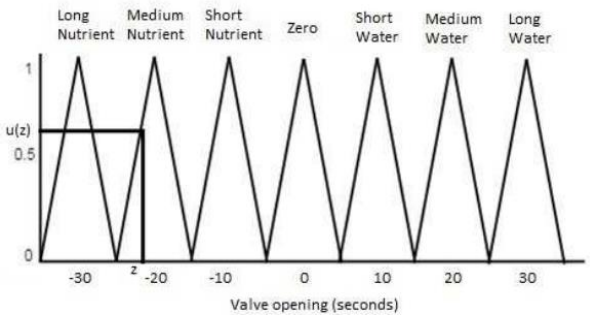
Sumber : (Dian Pancawati dan Andik Yulianto. 2016)

**Nutrient Film Technique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control.**

Pada penelitian Siti Mashumah, dkk (2018) yang berjudul "Nutrient Film Technique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control" , tanaman yang digunakan sebagai percobaan yaitu tanaman pakcoy. Pada penelitian ini, menggunakan *image processing HSV (Hue, Saturation, Value) histogram*. HSV adalah berasal dari warna RGB (Red, Green, Blue) yang menunjukkan perubahan pada intensitas cahaya pada ruangan terbuka. Pada penelitian ini, nilai Saturasi pada gambar digunakan untuk menentukan usia pada tanaman dalam nilai *EC (Electrical Conductivity)* setpoint.

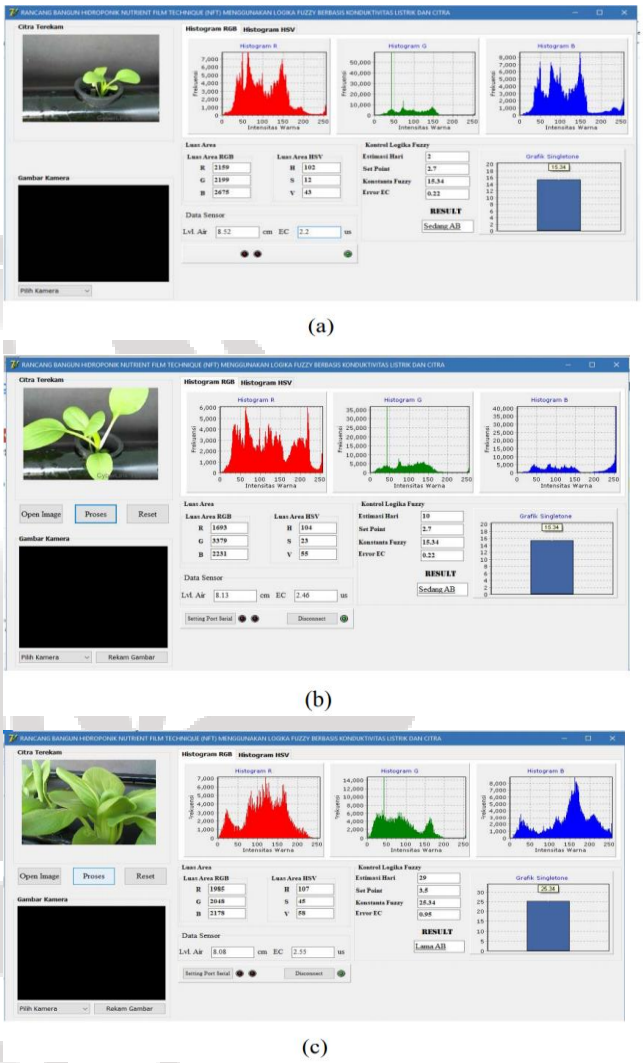



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan input Fuzzy : (a) EC error, (b) Volume air
Sumber : (Siti Mashumah, dkk 2018)




Gambar 7. Fungsi Keanggotaan output fuzzy : (-) katup nutrisi , dan (+) katup air dengan penyesuaian berat.
Sumber : (Siti Mashumah, dkk 2018)

Pada Gambar 8 (b) menunjukkan bahwa tanaman telah berumur 10 hari dengan nilai EC setpoint 2,7. Ketika hasil sama dengan nilai EC, maka Fuzzy Logic Control (FLC) memberikan signal untuk tidak mengaktifkan valve. Gambar 8 (c) menunjukkan respon sistem pada hari ke 30 tanaman tumbuh dengan memberikan nilai EC setpoint 3.5. Sistem ini menyediakan dan menahan nilai EC sesuai dengan umur pada tanaman dengan nilai error rata-rata 8,9% yang ditunjukkan Tabel 9.




Gambar 8. Hasil dari Sistem Hidroponik dengan Fuzzy logic control pada tanaman (a) 2 hari, (b) 10 hari, (c) 30 hari.
Sumber : (Siti Mashumah, dkk 2018)

Tabel 9. Hasil Percobaan Sistem Hidroponik

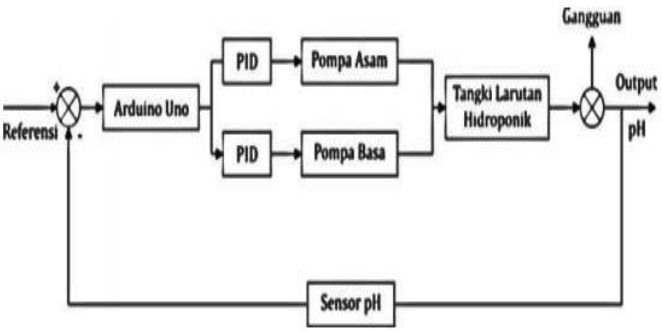
| No. | Plant age (days) | Set Point | EC Sensor (mS/cm) |
|---|---|---|---|
| **1.** | 2 | 2.7 | 2,2 |
| **2.** | 6 | 2.7 | 2,25 |
| **3.** | 10 | 2.7 | 2,46 |
| **4.** | 16 | 2.7 | 2,62 |
| **5.** | 23 | 3,5 | 3,3 |
| **6.** | 25 | 3,5 | 3,4 |
| **7.** | 30 | 3,5 | 2,55 |
| **8.** | 33 | 3,5 | 3,3 |
| **9.** | 35 | 3,5 | 3,61 |
| **10.** | 40 | 3,5 | 3,25 |

Sumber : (Siti Mashumah, dkk. 2018)

**Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pengontrolan Ph Nutrisi Pada Hidroponik Sitem Nutrient Film Technique (NFT) Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino Uno.**

Pada penelitian Ahmad Nur Fuad dan M. Syariffudien Zuhrie (2019) yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pengontrolan Ph Nutrisi Pada Hidroponik Sitem Nutrient Film Technique (NFT) Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino Uno". Tanaman yang dipakai pada penelitian ini adalah selada . Artikel ini menggunakan respon yang akan diamati atau dipantau adalah banyaknya daun pada tanaman selada. Penelitian ini dilaksanakan rutin setiap 3 hari. Tanaman selada yang dipergunakan adalah yang berumur 21 hari, dan akan terus dipantau sampai umur 48 hari.

Untuk mendapatkan parameter sistem kontrol PID yang diinginkan, lebih baik ditentukannya pole yang diinginkan menurut pada grafik metode root locus pada sistem terlebih dahulu. Pada penelitian ini menggunakan si sebesar -4.23. Hasil perhitungan parameter-parameter yang ada dalam sistem kontrol PID merujuk pada Tabel 10. Respon sistem menggunakan PID merujuk dalam Gambar 10.

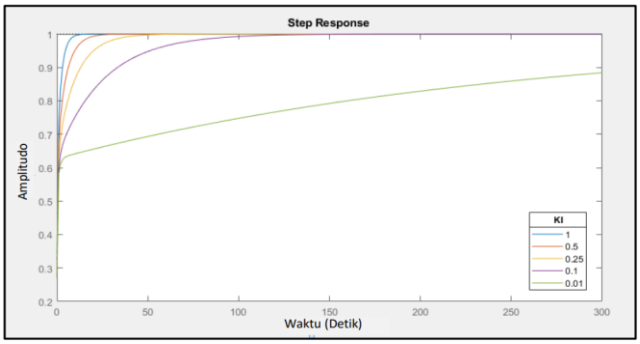



Gambar 9. Diagram Blok Sistem
Sumber : (Ahmad Nur Fuad dan M. Syariffudien Z. 2019)

Tabel 10. Hasil Perhitungan parameter PID

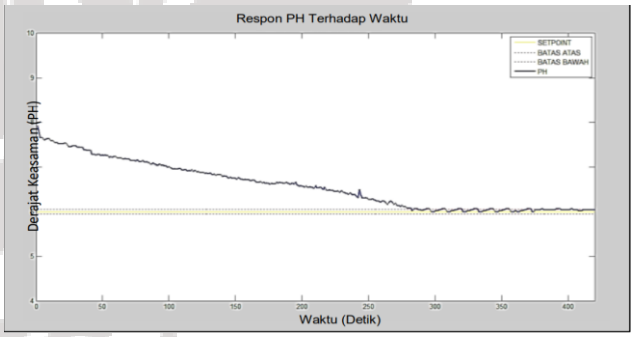
| Kp | Ki | Kd | Pole 1 | Pole 2 | Pole 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.61 | 0.01 | 0.190 | -4.23 | -0.818 | -0.004 |
| 1.657 | 0.1 | 0.195 | -4.23 | -0.814 | -0.039 |
| 1.728 | 0.25 | 0.204 | -4.23 | -0.806 | -0.969 |
| 1.846 | 0.5 | 0.218 | -4.23 | -0.791 | -0.194 |
| 2.082 | 1 | 0.246 | -4.23 | -0.738 | -0.399 |

Sumber : (Ahmad Nur Fuad dan M. Syariffudien Z. 2019)




Gambar 10. Grafik Respon Sistem dengan PID
Sumber : (Ahmad Nur Fuad dan M. Syariffudien Z. 2019)

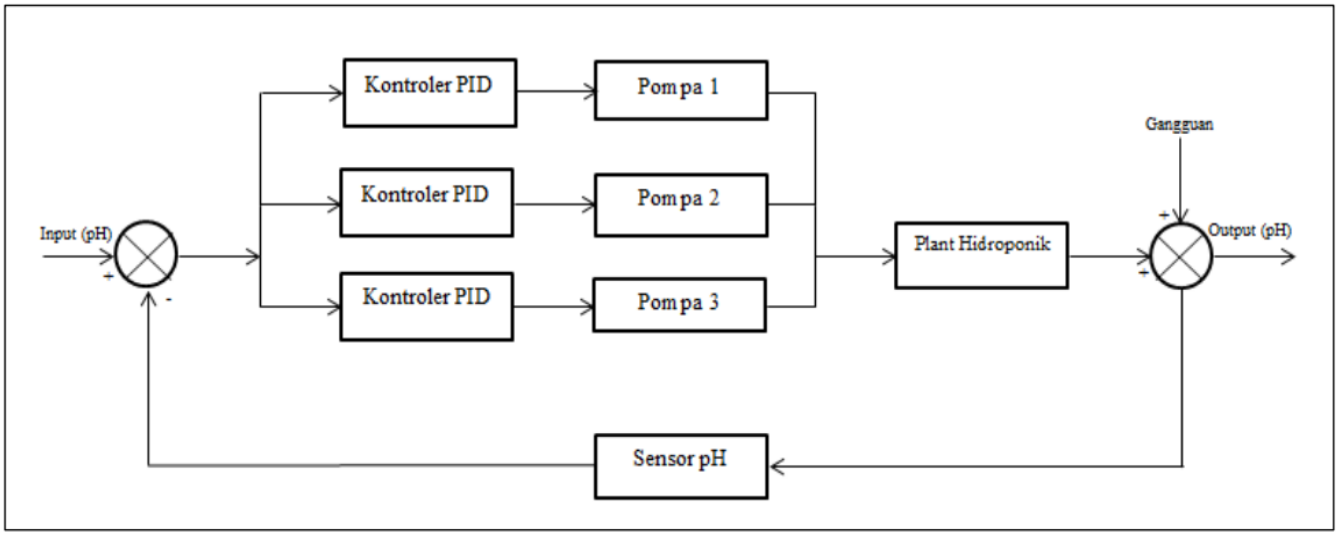
Pengujian sistem kontrol PID dilakukan untuk menunjukkan hasil cara kerja sistem kontroler PID dengan hasil respon pada keseluruhan semua sistem. Menerapkan sistem dengan nilai/value dari kontrol PID yaitu Kp sebesar 2.0826, Ki sebesar 1, Kd sebesar 0.2462 masuk pada sistem dengan setpoint bernilai pH 6.0, dalam hal ini menunjukkan bahwa hasil respon pada kontrol sistem kadar pH pada waktu terhadap sinyal uji PRBS adalah 80.28% dengan rise time 297 detik, delay time 142 detik, settling time sebesar 283 detik, overshoot maksimal sebesar 5% dan error steady state sebesar 0.67% ditunjukkan pada Gambar 10.



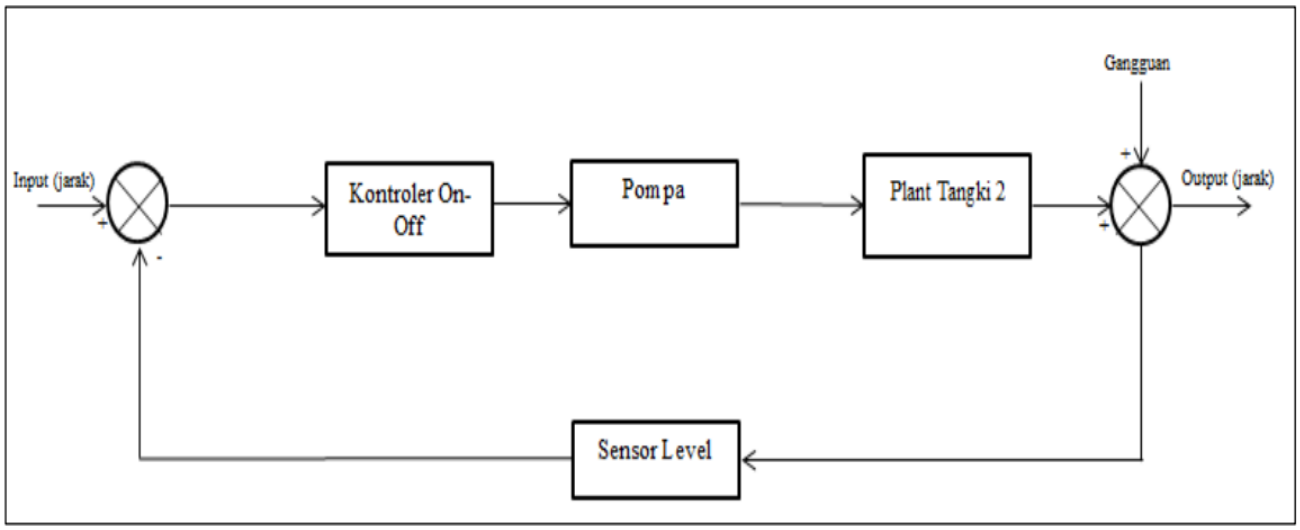

Gambar 11. Grafik Respon Sistem terhadap waktu
Sumber : (Ahmad Nur Fuad dan M. Syariffudien Z. 2019)

**Pengontrolan Nutrisi pada Sistem Tomat Hidroponik Menggunakan Kontroler PID**

Pada penelitian Faizal Beni Akbar, dkk. (2016) yang berjudul "Pengontrolan Nutrisi pada Sistem Tomat Hidroponik Menggunakan Kontroler PID". Larutan Nutrisi dikendalikan dengan menggunakan kadar pH sebagai indikator. Sedangkan, pH sistem yang dikendalikan bernilai 6.0. Nilai ini digunakan berdasarkan nilai kadar pH optimal pada sistem hidroponik yaitu berkisar antara 5.5-6.5. Pada penelitian ini menggunakan dua buah kontroler yang ditempatkan pada masing-masing tangki yang digunakan. Pengontrolan nilai pH ini menggunakan sistem kontrol PID.

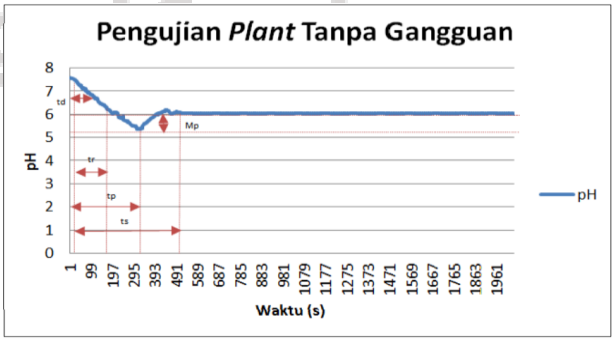



Gambar 12. Blok Diagram Sistem Tangki 1.
Sumber : (Faizal Beni Akbar, dkk. 2016)



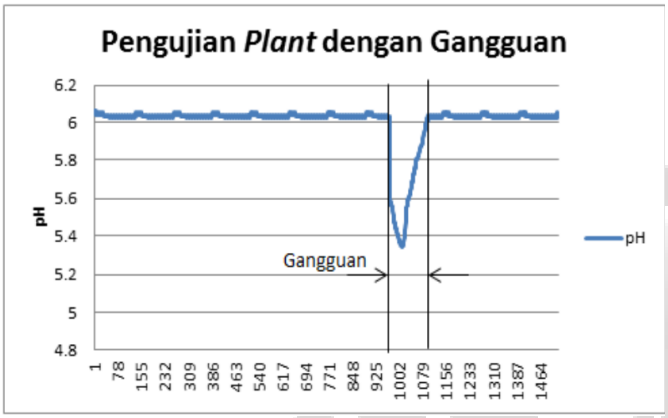

Gambar 13. Blok Diagram Sistem Tangki 2..
Sumber : (Faizal Beni Akbar, dkk. 2016)

Pengujian pengontrolan nilai pH larutan nutrisi menggunakan kontroler PID didapatkan nilai Kp sebesar 4.26, Ki sebesar 0.1065, dan Kd sebesar 42.6 dan hasil keluaran ditunjukkan pada Gambar 14. Dari keluaran hasil pengujian plant sistem tanpa gangguan menggunakan parameter kontroler PID tersebut diperoleh Settling time (ts) sebesar 520 detik, Peak time (tp) sebesar 312 detik, Rise time (tr) sebesar 157 detik, Delay time (td) sebesar 107 detik, Overshoot Maksimal (Mp) sebesar 10.67%, Error steady state sebesar 5%.




Gambar 14. Pegujian Tanpa Gangguan
Sumber : (Faizal Beni Akbar, dkk. 2016)

Uji pengontrolan nilai pH larutan nutrisi dengan gangguan larutan asam sebanyak 100 mL dengan kadar nilai pH sebesar 4 menggunakan kontroler PID diperoleh nilai Kp = 4.26, Ki = 0.1065, dan Kd = 42.6.



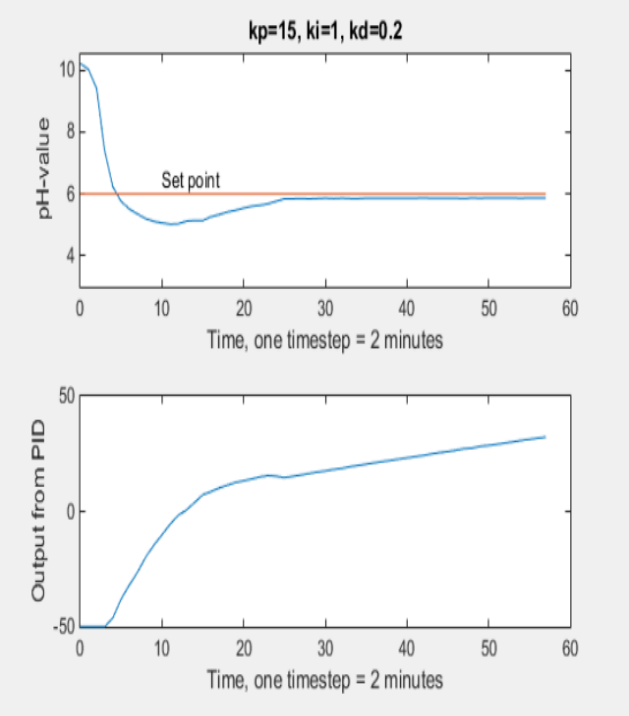

Gambar 15. Pengujian dengan Gangguan
Sumber : (Faizal Beni Akbar, dkk. 2016)

Untuk Gambar 15. respon PID dengan gangguan larutan asam sebanyak 100 mL dengan nilai pH 4 mengakibatkan terjadinya gangguan pada detik ke 972 hingga detik ke 1090 dengan nilai penurunan pH sebesar 0.66, namun setelah detik ke 1091, nilai pH kembali mengikuti s.etting point dengan nilai error steady state sebesar 5% dan nilai recovery time selama 118 detik.

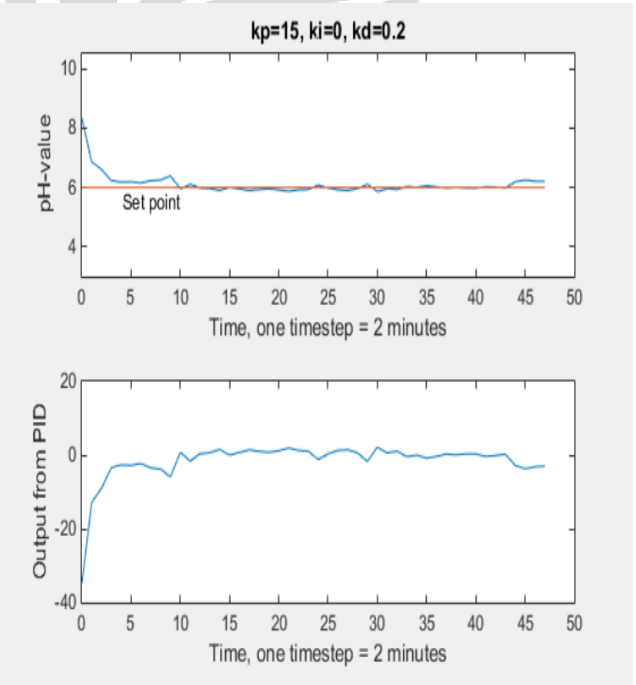
**Automated Greenhouse**

Pada penelitian Adin Suta dan Karl-Filip Selander (2019) yang berjudul "Automated Greenhouse". Pada penelitian ini menggunakan kontroler PID untuk mengukur pH pada nutrisi tanaman. Nilai pH dan EC dapat dikontrol menggunakan kontroler PID yang digabungkan dengan Arduino. Kontroler PID menggunakan sistem linear saat perubahan linear di dalam sistem dapat dikontrol lebih mudah dengan parameter linear. Pada saat nilai pH tidak berupa linear akan menyebabkan masalah untuk mengontrol sistem dengan pengontrol linear.

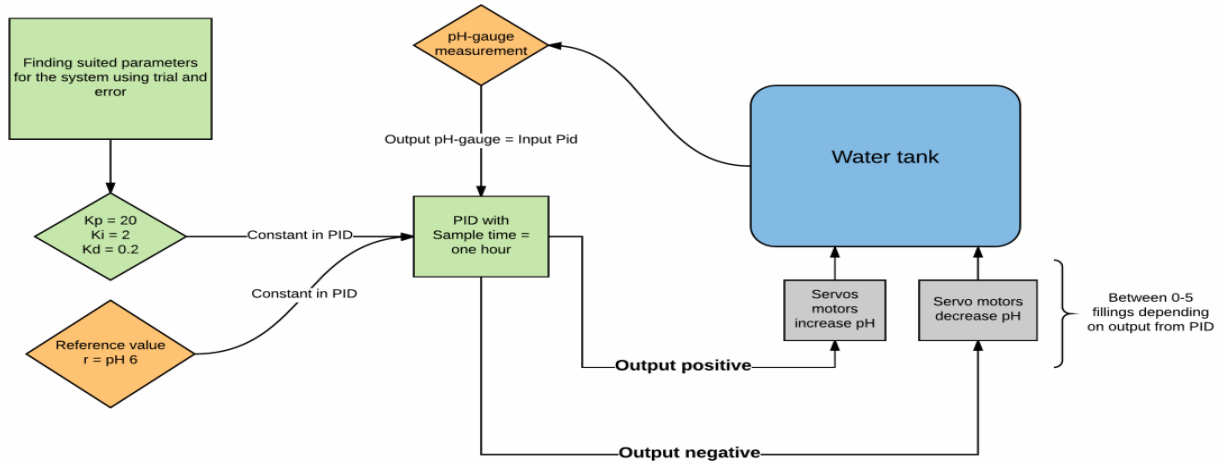
Hasil pada Gambar 16. dan Gambar 17. dilakukan dengan perbedaan konsentrasi dalam pH basa up ( 1 liter air, 45ml potassium hydroxide 50%) dan pH asam down ( 1 Liter air, 45ml asam fosfor 81%). Tes uji ini dilakukan dengan berdasarkan pH level sebagai poin awal. Nilai Kp dan Kd dibuat sama untuk nilai keduanya, akan tetapi pada nilai Ki, mengubah nilai dari 1 pada tes pertama ke nilai 0 pada tes kedua. Pada Gambar 16.. menunjukkan nilai pH menetap beberapa waktu dengan beberapa overshoot. Pada Gambar 17. menunjukkan tidak ada overshoot dan nilai pH menetap hingga 30 menit.




Gambar 16. Nilai pH dan PID output pada Kp = 15, Ki = 1, Kd = 0,2.
Sumber : (Adin Suta dan Karl-Filip Selander. 2019)




Gambar 17. Nilai pH dan PID output pada Kp = 15, Ki = 0, Kd = 0,2.
Sumber : (Adin Suta dan Karl-Filip Selander. 2019)




Gambar 18. Flowchart
Sumber : (Adin Suta dan Karl-Filip Selander. 2019)

Nilai Efisien pH pada tanaman adalah 5,5-6,5 merajuk pada penelitian Faizal Beni Akbar, dkk. (2016), namun hal ini tergantung tanaman yang akan ditanam yang merajuk pada penelitian Trina E. Tallei, dkk (2017) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Pada Fuzzy Logic Controller memiliki nilai Rise Time 1 s hingga 61 s yang merajuk pada penelitian Ahmad Yanuar Hadi Putra dan Wahyu S. Pambudi (2016) dan penelitian Dian Pancawati, dkk. (2016). Pada PID Kontroler memiliki nilai Rise Time 157 detik hingga 297 detik yang ditunjukkan pada penelitian Ahmad Nur Fuad dan M. Syariffudien Zuhrie (2019) dan penelitian Adin Suta dan Karl-Filip Selander (2019).

## PENUTUP

### Simpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisa hasil dan pembahasan diatas antara lain, Nilai Kp, Ki, dan Kd pada PID Kontroler menyesuaikan perhitungan dan plant yang digunakan sehingga mendapatkan nilai pH sesuai setpoint. Pada Fuzzy Logic Controller bergantung pada banyaknya aturan yang dipakai, semakin banyak aturan yg dipakai maka respon steady state akan lebih cepat dan lebih baik dari 15 aturan. Nilai efisien pH pada tanaman yaitu 5,5 - 6,5, namun hal ini tergantung plant yang akan ditanam pada sistem hidroponik NFT. Faktor cuaca dan iklim yang ekstrim dapat mempengaruhi nilai output pH pada PID Kontroler sehingga menimbulkan tanaman tidak tumbuh dengan lebih baik.

Rata-rata Rise Time yang digunakan yaitu 1 s hingga 61 s. Penggunaan Fuzzy Logic dan PID Kontroler masing masing memiliki kelebihan, namun sistem kontrol Fuzzy Logic lebih stabil disbanding dengan PID pada saat cuaca atau iklim mengalami perubahan. Dan PID Kontroller lebih umum digunakan untuk modul pembelajaran hidroponik sistem NFT.

### Saran

Hasil respon pada beberapa penelitian masih kurang optimal sehingga perlu adanya pengembangan lebih lanjut untuk hidroponik sistem NFT dalam hal sistem kontrol dan metode kontrol yang digunakan, dapat berupa gabungan kombinasi beberapa sistem dan metode kontrol yang ada. Dapat pula diterapkan dalam hidroponik sistem yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

Adin Suta dan Karl-Filip Selander. 2017. *Automated Greenhouse*. KTH Royal Institute Of Technology School Of Engineering Sciences, Stockholm, Sweden.

Ahmad Nur Fuad, M. Syariffudien Zuhrie. 2019. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pengontrolan pH Nutrisi Pada Hidroponik Sitem Nutrient Film Technique (NFT) Menggunakan Pengendali Pid Berbasis Arduino Uno*. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

Ahmad Yanuar Hadi Putra dan Wahyu S. Pambudi. 2016. *Sistem Kontrol Otomatis pH Larutan Nutrisi Tanaman Bayam Pada Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique).* Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya: Jurnal Ilmiah Mikrotek Vol. 2, No.4.

Dian Pancawati dan Andik Yulianto. 2016. *Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur pH Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)*. Universitas Internasional Batam.

Desmira, Didik Aribowo, Rian Pratama. 2018. *Penerapan Sensor pH Pada Area Elektrolizer Di Pt. Sulfindo Adiusaha*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang.

Fachriel Fadhilah Dzikriansyah, Rida Hudaya, Cucun Wida Nurhaeti. 2017. *Sistem Kendali Berbasis PID untuk Nutrisi Tanaman Hidroponik*. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.

Faizal Beni Akbar, M. Aziz Muslim, Purwanto. 2016. *Pengontrolan Nutrisi pada Sistem Tomat Hidroponik Menggunakan Kontroler PID*. Electrical Engineering Department of Brawijaya University, Malang : Jurnal EECCIS Vol. 10, No. 1, Bulan Juni 2016

Febrian Hadiatna, Alfi Dzulfahmi, Decy Nataliana. 2020. *Analisis Penerapan Kendali Otomatis berbasis PID terhadap pH Larutan*. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia.

Ghani Gumilang Heliadi, M. Ramdlan Kirom, S.Si., Dr. Eng. Asep Suhendi, S.Si., M.Si. 2018. *Monitoring and Control of Nutrition on NFT Hydroponic System Based on Electrical Conductivity*. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

M. Saiful Haris, Andi Dharmawan, Catur Atmaji. 2017. *Sistem Kendali Gimbal 2-Sumbu Sebagai Tempat Kamera Pada Quadrotor Menggunakan PID Fuzzy*. Program Studi S1 Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia.

Nugroho Tri Cahyo Sulistiyo, Danang Erwanto, Aulia Dewi Rosanti. 2019. *Alat Pengendali Derajat PH Pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode PID*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri, Kediri.

Ramin Shamshiri dan Wan Ishak Wan Ismail. 2012. *Control System Design For A Field Survey Agricultural Mobile Robot.* Department of Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA.

Randhy Novianto Prabowo, Drs.Suwandi, M.Si., Ahmad Qurthobi, S.T., M.T. 2018. *Perancangan Kontrol Kadar Keasaman Menggunakan Hybrid Fuzzy Pid Pada Sistem Hidroponik Untuk Pertumbuhan Tomat*. Teknik Elektro, Universitas Telkom.

Siti Mashumah, Muhammad Rivai, Astria Nur Irfansyah. 2018. *Nutrient Film Technique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control*. Department of Electrical Engineering Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia.

Suprijadi, N. Nuraini, M. Yusuf. 2009. *Sistem Kontrol Nutrisi Hidroponik Dengan Menggunakan Logika Fuzzy*. Kelompok Keahlian Fisika Teoritik Energi Tinggi dan Instrumentasi, Institut Teknologi Bandung.

Trina E. Tallei, Inneke F.M. Rumengan, Ahmad A.Adam. 2017. *Hidroponik Untuk Pemula*. Universitas Sam Ratulangi : Penerbit LPPM UNSRAT.

UNESA Universitas Negeri Surabaya