



TUGAS AKHIR - TF 181801

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA SISTEM  
HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) TANAMAN  
PAKCOY DENGAN KONTROL PID BERBASIS JARINGAN  
SYARAF TIRUAN (JST) METODE *BACK PROPAGATION***

MICHAEL PERWIRA BARUS  
NRP. 02311640000141

Dosen Pembimbing:  
Hendra Cordova, S.T., M.T.

Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



TUGAS AKHIR - TF 181801

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA SISTEM  
HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) TANAMAN  
PAKCOY DENGAN KONTROL PID BERBASIS JARINGAN  
SYARAF TIRUAN (JST) METODE *BACK PROPAGATION***

MICHAEL PERWIRA BARUS  
NRP. 02311640000141

Dosen Pembimbing:  
Hendra Cordova, S.T., M.T.

Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - TF 181801**

***DESIGN OF PH CONTROL SYSTEM IN NUTRIENT FILM  
TECHNIQUE (NFT) PAKCOY HYDROPONIC SYSTEM WITH  
PID CONTROL BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK  
(ANN) BACK PROPAGATION METHOD***

**MICHAEL PERWIRA BARUS  
NRP. 02311640000141**

Supervisors:  
Hendra Cordova, S.T., M.T.

*Department of Engineering Physics  
Faculty of Industrial Technology and System Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Michael Perwira Barus  
NRP : 02311640000141  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Perancangan Sistem Pengendalian pH Pada Sistem Hidroponik *Nutrient Film Technique (NFT)* Tanaman Pakcoy Dengan Kontrol PID Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Metode *Back Propagation***" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 27 Juli 2020

Yang membuat pernyataan,



Michael Perwira Barus

NRP. 02311640000141

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA SISTEM  
HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) TANAMAN  
PAKCOY DENGAN KONTROL PID BERBASIS JARINGAN SYARAF  
TIRUAN (JST) METODE *BACK PROPAGATION***

Oleh:

**Michael Perwira Barus**

NRP. 02311640000141

Surabaya, 27 Juli 2020

Menyetujui,  
Pembimbing I



**Hendra Cordova, S.T., M.T.**

NIP. 19690530 199412 1 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen  
Teknik Fisika FT-IRS ITS



**Dr. Suyanto, S.T., M.T.**

NIP. 19711113 199512 1 002

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA SISTEM  
HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) TANAMAN  
PAKCOY DENGAN KONTROL PID BERBASIS JARINGAN SYARAF  
TIRUAN (JST) METODE *BACK PROPAGATION***

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FT-IRS)  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MICHAEL PERWIRA BARUS**

**NRP. 02311640000141**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Hendra Cordova, S.T., M.T.



(Pembimbing I)

2. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.



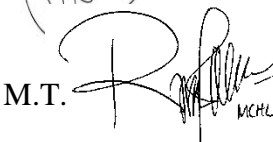
(Ketua Penguji)

3. Gunawan Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.



(Penguji I)

4. Dr.rer.nat. Ruri Agung Wahyuono, S.T., M.T.



(Penguji II)

**SURABAYA**

**2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA  
SISTEM HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE*  
(NFT) TANAMAN PAKCOY DENGAN KONTROL PID  
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) METODE  
*BACK PROPAGATION***

**Nama** : Michael Perwira Barus  
**NRP** : 02311640000141  
**Departemen** : Teknik Fisika FT-IRS ITS  
**Dosen Pembimbing** : Hendra Cordova, S.T., M.T.

**ABSTRAK**

Hidroponik NFT merupakan metode budidaya tanaman dengan akar tanaman tumbuh pada larutan nutrisi hidroponik yang dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman dapat memperoleh air, nutrisi, dan oksigen yang cukup. Kondisi lingkungan di Surabaya yang cenderung panas dapat mempengaruhi pH pada larutan nutrisi hidroponik. Secara umum pH dalam hidroponik merepresentasikan ketersediaan unsur hara dalam larutan nutrisi. Apabila nilai pH terlalu tinggi maka akan mengakibatkan terjadinya pengendapan unsur hara dan zat-zat anorganik pada hidroponik, dan juga sebaliknya. Pengendalian pH pada tanaman hidroponik NFT dirancang agar pH dalam larutan nutrisi sesuai dengan rentang pH untuk tanaman Pakcoy yaitu pH 7. Dengan melakukan uji *close loop* pada sistem, diperoleh karakteristik respon *rise time* 8.09 detik, *settling time* 48.47 detik, *maximum overshoot* 13.69%, *error steady state* 0.008%, dan *peak time* 29.44 detik. Pengujian terhadap variasi *set point* menunjukkan bahwa sistem tetap bekerja mengontrol pH agar selalu mengikuti perubahan *set point*. Pengujian terhadap variasi *disturbance* juga menunjukkan bahwa sistem bekerja mengontrol pH agar tetap sesuai dengan *set point* yang ditentukan.

**Kata Kunci:** hidroponik NFT, pH, kontroler PID-JST

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

***DESIGN OF PH CONTROL SYSTEM IN NUTRIENT FILM  
TECHNIQUE (NFT) PAKCOY HYDROPONIC SYSTEM WITH  
PID CONTROL BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK  
(ANN) BACK PROPAGATION METHOD***

***Name*** : Michael Perwira Barus  
***NRP*** : 02311640000141  
***Department*** : Engineering Physics FT-IRS ITS  
***Supervisors*** : Hendra Cordova, S.T., M.T

***ABSTRACT***

*Hydroponic NFT is a method of cultivating plants with plant roots growing in shallow and circulating hydroponic nutrient solutions so that plants can obtain enough water, nutrients, and oxygen. Environmental conditions in Surabaya that tend to heat can affect the pH of the hydroponic nutrient solution. If the pH value is too high, it will cause the deposition of nutrients and inorganic substances in hydroponics, and vice versa. The pH control in NFT hydroponic plants is designed so that the pH in the nutrient solution is in accordance with the pH range for the Pakcoy plant ie pH 7. From the control system with the designed PID-ANN control, the results obtained by close loop testing are obtained characteristics of the rise time response 8.09 seconds, settling time 48.47 seconds, maximum overshoot 13.69%, steady state error 0.008%, and peak time 29.44 seconds. Tests on set point variations show that the system still works to control the pH so that it always follows the set point change. Tests for variations in interference also show that the system works to control the pH to keep it in accordance with the specified set point.*

***Keywords: hydroponic NFT, pH, PID-JST controller***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat yang diberikan sehingga penulis mampu untuk melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul:

**“PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA SISTEM  
HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) TANAMAN  
PAKCOY DENGAN KONTROL PID BERBASIS JARINGAN SYARAF  
TIRUAN (JST) METODE *BACK PROPAGATION*”.**

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan bagi mahasiswa untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi S1-Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama pengerjaan tugas akhir ini penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Suyanto, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS Surabaya.
2. Bapak Hendra Cordova, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang selalu sabar memberi bimbingan, ilmu, dan motivasi selama pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku kepala laboratorium rekayasa instrumentasi dan control yang telah memberikan sarana dan prasarana serta masukan yang membangun selama pelaksanaan tugas akhir ini
4. Bapak Dr. Imam Abadi, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Fisika ITS atas kritik dan saran yang membangun.
6. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang banyak memberikan dorongan baik secara moril maupun materil.
7. Ririn Switanti Simatupang sebagai *support system* yang selalu ada buat penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Fisika F51 yang saling memberikan semangat tiada henti selama kuliah sampai dalam penyelesaian tugas akhir ini.

9. Asisten Laboratorium Rekayasa Instrumentasi yang telah memberikan motivasi, materi ilmu, dan tempat yang nyaman selama pengerjaan tugas akhir ini.
10. Grup Anak Ambis (Austin, Ife, Olif, Danang) yang selalu mengingatkan untuk mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu oleh penulis, yang telah memberikan dukungannya dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih kurang sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari pembaca. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan bagi yang membaca. Semoga awal dari permulaan yang panjang ini dapat membawa manfaat.

Surabaya, 27 Juli 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
LEMBAR PENGESAHAN .....	xi
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT.....	xv
KATA PENGANTAR .....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Lingkup Kajian.....	2
1.5 Sistematika Laporan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Hidroponik <i>Nutrient Film Technique</i> (NFT).....	5
2.2 Pakcoy ( <i>Brassica rapa L.</i> ).....	6
2.3 Pengaruh pH terhadap Tanaman Hidroponik .....	7
2.4 Kontroler PID .....	7
2.5 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Back Propagation</i> .....	8
2.6 Konsep Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan .....	10

2.7	<i>Learning</i> pada Jaringan Syaraf Tiruan.....	11
2.8	Kontroler PID Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan .....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		13
3.1	Perancangan Sistem Kontrol pH pada Hidroponik NFT .....	13
3.2	Pemodelan Matematis Proses pH.....	14
3.2.1	Pemodelan <i>Plant</i> .....	14
3.2.2	Pemodelan <i>Control valve</i> dan <i>Transmitter</i> .....	15
3.2.3	Pemodelan <i>Disturbance</i> .....	16
3.3	Penentuan Parameter PID .....	17
3.4	Proses <i>Open Loop</i> .....	17
3.5	Proses <i>Close Loop</i> .....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Hasil Pengujian <i>Open Loop</i> .....	19
4.2	Hasil Pengujian <i>Close Loop</i> .....	19
4.2.1	Pengujian <i>Close Loop</i> dengan <i>Set Point</i> pH=7.....	20
4.2.2	Pengujian <i>Close Loop</i> dengan <i>Set Point</i> pH=7.5.....	21
4.2.3	Pengujian <i>Disturbance</i> pada Simulasi <i>Close Loop</i> .....	22
4.3	Perbandingan Kontrol PID-JST dan PID.....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		25
5.1	Kesimpulan .....	25
5.2	Saran .....	25
DAFTAR PUSTAKA.....		27
LAMPIRAN .....		29
BIODATA PENULIS.....		35

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Ilustrasi sistem hidroponik NFT .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Kontroler PID .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Jaringan syaraf tiruan sederhana.....	9
<b>Gambar 2.4</b> Model neuron.....	10
<b>Gambar 2.5</b> Diagram blok kontroler PID berbasis JST.....	12
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> penelitian.....	13
<b>Gambar 3.2</b> Gambar skematik hidroponik NFT.....	14
<b>Gambar 3.3</b> Diagram blok <i>open loop</i> sistem .....	17
<b>Gambar 3.5</b> Diagram blok <i>close loop</i> sistem.....	18
<b>Gambar 4.1</b> Grafik respon uji <i>open loop</i> .....	19
<b>Gambar 4.2</b> Respon pH pada <i>close loop</i> pada <i>set point</i> dengan pH=7.....	20
<b>Gambar 4.3</b> Respon pH pada <i>close loop</i> pada <i>set point</i> dengan pH=7.5.....	21
<b>Gambar 4.4</b> Respon perubahan nilai Kp.....	21
<b>Gambar 4.5</b> Hasil pengujian <i>disturbance</i> sistem <i>close loop</i> .....	22
<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan respon pH pada kontroler PID-JST dengan PID untuk <i>set point</i> pH=7.....	24

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Tuning PID dengan <i>Trial and Error</i> .....	17
<b>Tabel 4.1</b> Karakteristik Respon pH pada <i>Close Loop</i> pada <i>Set Point</i> dengan pH=7 .....	20
<b>Tabel 4.2</b> Karakteristik Respon pH pada <i>Close Loop</i> pada <i>Set Point</i> dengan pH=7.5 .....	22
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian <i>Disturbance</i> Sistem <i>Close Loop</i> .....	23
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Karakteristik Respon PID-JST dan PID.....	23

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di Indonesia menyebabkan permintaan terhadap sayuran organik meningkat, terutama di perkotaan seperti Surabaya. Sekitar 59,52% penduduk Indonesia memilih sayuran hidroponik untuk dikonsumsi karena kualitasnya yang unggul dari segi rasa dan nutrisi dibandingkan dengan sayuran yang ditanam secara konvensional. Saat ini hidroponik menjadi populer dalam praktik bercocok tanam di wilayah perkotaan, terutama sebagai solusi akan sulitnya membuka lahan pertanian di perkotaan. Budidaya hidroponik ditanam dengan memanfaatkan air dan tidak menggunakan tanah sebagai media tanamnya dengan penekanan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman (Sayara dkk., 2016). Terdapat beberapa jenis teknik hidroponik yang dianggap mampu mengatasi masalah lahan di perkotaan, salah satunya adalah *nutrient film technique* (NFT).

Konsep dasar hidroponik NFT ini yakni metode budidaya tanaman dengan akar tanaman tumbuh pada larutan nutrisi hidroponik yang dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman dapat memperoleh air, nutrisi, dan oksigen yang cukup (Kharche, 2019). Salah satu indikator untuk mengetahui idealnya pemberian nutrisi tanaman dapat dilihat dari kadar keasaman (pH) larutan tersebut. Kondisi lingkungan di Surabaya yang cenderung panas dapat mempengaruhi pH pada larutan nutrisi hidroponik. Rata-rata tanaman memerlukan larutan nutrisi yang mempunyai pH netral, yaitu skala pH dalam rentang 6 sampai 7. Apabila skala pH suatu larutan nutrisi di bawah atau melebihi angka tersebut sudah dapat dipastikan tanaman tidak dapat tumbuh dan berproduksi. Nilai pH yang baik untuk hidroponik khususnya tanaman pakcoy adalah 7 (Sharma dkk., 2018). Sehingga kontrol nilai pH secara tepat diperlukan sebagai salah satu usaha pencegahan sebelum terjadinya gagal panen akibat tanaman mati.

Usaha pencegahan ini diperlukan alat yang mampu untuk mengontrol pH pada larutan nutrisi hidroponik, salah satunya dengan menggunakan metode

pengendalian pH dengan kontroler PID berbasis jaringan syaraf tiruan *back propagation*. Metode ini digunakan untuk mempelajari perubahan beban pada *plant* hidroponik dan akan melakukan tuning parameter kontroler PID selama proses berlangsung sehingga dapat memenuhi spesifikasi kontrol yang diinginkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah diciptakan sistem pengendalian dan pemantauan pH hidroponik NFT namun variabel yang dikontrol adalah suhu, kelembaban dan pH yang hanya menggunakan kontroler PID (Puspasari dkk., 2018). Keberhasilan perancangan alat ini diharapkan berguna dalam melakukan pengendalian pH dalam masa pertumbuhan tanaman hidroponiknya dan memudahkan para petani hidroponik untuk merawat tanamannya dalam segi penyerapan nutrisi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah bagaimana merancang pengendalian pH pada sistem hidroponik *nutrient film technique* (NFT) tanaman pakcoy dengan kontrol PID berbasis jaringan syaraf tiruan (JST) metode *back propagation*.

## 1.3 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang sistem pengendalian pH pada sistem hidroponik *nutrient film technique* (NFT) tanaman pakcoy dengan kontrol PID berbasis jaringan syaraf tiruan (JST) metode *back propagation*.

## 1.4 Lingkup Kajian

Adapun lingkup kajian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Jenis hidroponik yang digunakan adalah *nutrient film technique* (NFT)
- b) Jenis tanaman yang diujicobakan adalah tanaman pakcoy.
- c) Variabel yang dikontrol adalah pH.
- d) Tidak membahas variabel suhu, kelembaban, dan EC.

## 1.5 Sistematika Laporan

Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini tersusun atas lima bab dengan rincian sebagai berikut:

### **BAB I Pendahuluan**

Bab I ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, lingkup kajian, dan sistematika penulisan laporan pada tugas akhir ini.

### **BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Bab II membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir yang dilakukan, yaitu meliputi hidroponik NFT, tanaman pakcoy, kontroler PID, jaringan syaraf tiruan (JST), konsep pemodelan JST, *learning* pada JST, kontroler PID berbasis JST, dan yang terakhir hubungan pH terhadap tanaman pakcoy.

### **BAB III Metodologi Penelitian**

Bab III berisi tentang perancangan dari penelitian tugas akhir yang dilakukan, metode, dan pemodelan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab IV ini berisi mengenai analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan pada tugas akhir ini.

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab V ini terdiri dari kesimpulan tentang tugas akhir ini dan saran sebagai penunjang tugas akhir selanjutnya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

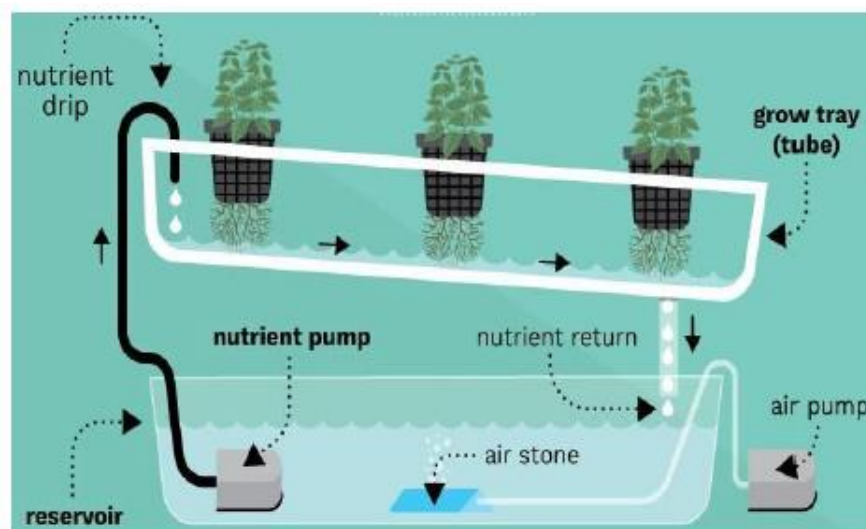
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini membahas tinjauan pustaka dan teori-teori yang digunakan dalam perancangan sistem pengendalian pH pada sistem hidroponik NFT tanaman pakcoy dengan kontrol PID berbasis jaringan syaraf tiruan (JST) metode *back propagation*.

#### 2.1 Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT)

Hidroponik adalah suatu cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai tempat menanam tanaman. Perbedaan bercocok tanam dengan tanah dan hidroponik yaitu, apabila dengan tanah zat-zat makanan diperoleh tanaman dari dalam tanah, sedangkan hidroponik makanan diperoleh tanaman dari dalam air yang mengandung zat-zat anorganik. Di mana akar tanaman berkontak langsung dengan air dan dapat menyerap nutrisi dari air tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Ilustrasi sistem hidroponik NFT (Khariche, 2019)

Sistem *nutrient film technique* (NFT) cukup terkenal di kalangan petani hidroponik rumahan. Terutama karena sistem ini cukup sederhana untuk didesain. Namun sistem NFT paling cocok digunakan untuk menumbuhkan tanaman kecil yang pertumbuhannya cepat seperti berbagai jenis selada. Sistem hidroponik NFT

menggunakan prinsip aliran larutan hara setebal 3-4 mm. Bentuknya seperti lapisan tipis dan secara tetap mengairi akar. Hidroponik NFT tergolong jenis sistem resirkulasi. Talang pada hidroponik NFT dipasang dengan kemiringan sekitar 1% - 5%. Pada hidroponik NFT menggunakan prinsip semakin curam talang NFT memungkinkan semakin tinggi produksi tanaman. Keunggulan dari teknik bercocok tanam dengan hidroponik adalah kebersihan tanaman lebih terjamin dan cukup mudah untuk dirancang. Sistem hidroponik hampir dapat diterapkan pada semua jenis tanaman, dan hasilnya sudah teruji lebih melimpah dibanding bercocok tanam di lahan atau di sawah (Kharche, 2019).

## **2.2 Pakcoy (*Brassica rapa L.*)**

Pakcoy merupakan salah satu jenis kelompok sayuran sawi yang telah dibudidayakan sejak abad ke-5. Tanaman ini merupakan salah satu sayuran yang populer di Asia, khususnya di Cina. Tanaman ini memiliki daun yang bertangkai, daun berbentuk agak oval berwarna hijau tua dan mengkilap, tidak membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar. Tangkai daun berwarna putih atau hijau muda, gemuk dan tinggi tanaman dapat mencapai 15-30 cm. Pada kelompok ini terdapat keragaman morfologis dan periode kematangan pada berbagai kultivar. Salah satunya adalah kultivar tipe kerdil dengan ciri-ciri bentuk daun warna hijau pudar dan ungu yang berbeda-beda. Pakcoy kurang peka terhadap suhu dibandingkan dengan sawi putih sehingga tanaman ini memiliki adaptasi yang lebih luas. Tanaman ini ditanam dengan benih langsung atau dipindah-tanam dengan kerapatan tinggi umumnya berkisar antara 20-25 tanaman/m<sup>2</sup>, sedangkan kultivar kerdil ditanam dua kali lebih rapat. Kultivar umur genjah matang pada umur 40 hari dan kultivar lainnya memerlukan waktu hingga 80 hari setelah tanam. Kualitas dari tanaman ini akan cepat menurun jika tanaman dibiarkan lewat umur matangnya. Nilai pH yang baik untuk tanaman pakcoy adalah pada kisaran pH 7 (Sharma dkk., 2018). Pakcoy memiliki umur 6 pascapanen yang singkat, tetapi kualitas produknya dapat dipertahankan selama sekitar 10 hari pada suhu 0°C dan RH 95% (Mahaidayu dkk., 2017).

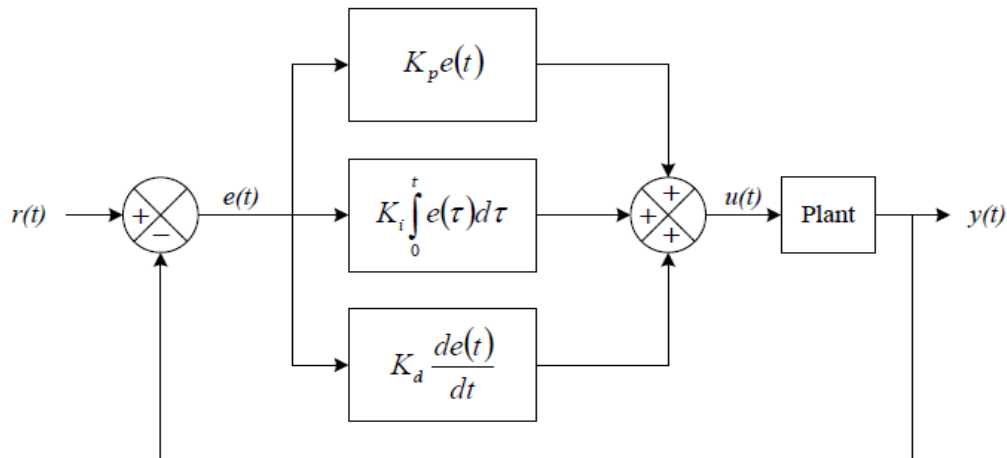
### **2.3 Pengaruh pH terhadap Tanaman Hidroponik**

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor yang sangat mempengaruhi larutan nutrisi tanaman hidroponik. Apabila nilai pH terlalu tinggi maka akan mengakibatkan terjadinya pengendapan unsur hara dan zat-zat anorganik pada hidroponik. Unsur hara dan zat-zat anorganik berguna sebagai aktivator enzim selama produksi oksigen dari air, dan ketika terjadinya pengendapan unsur hara dan zat-zat anorganik maka pertumbuhan akar tanaman akan terganggu.

Dan sebaliknya ketika nilai pH terlalu rendah maka daya larut unsur hara dan zat-zat anorganik tersebut tentunya akan menurun. Derajat keasaman (pH) berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara dan zat-zat anorganik pada hidroponik sehingga perlunya pengendali untuk mengontrol pH hidroponik tersebut. Namun untuk nilai pH=7 dianggap netral hal ini dikarenakan muatan listrik kation  $H^+$  seimbang dengan muatan listrik anion  $OH^-$ . Kation adalah ion-ion yang bermuatan positif sedangkan anion adalah ion-ion yang bermuatan negatif (Mahaidayu dkk., 2017). pH larutan yang direkomendasikan untuk tanaman Pakcoy pada hidroponik NFT adalah pH=7. Kandungan larutan nutrisi sangat mempengaruhi perubahan nilai pH pada sistem hidroponik NFT (Sharma dkk., 2018).

### **2.4 Kontroler PID**

Kontroler PID termasuk salah satu jenis kontroler konvensional yang teruji baik dan banyak digunakan dalam dunia industri. Sebagai contoh di Jepang, sekitar 85% dari proses industri menggunakan kontroler PID. Kesederhanaan model kontroler PID juga menjadi salah satu alasan kontroler ini sangat mudah diterapkan di mana saja. Kontroler PID mempunyai tiga komponen penyusun utama yaitu konstanta proporsional yang disimbolkan dengan  $K_p$ , konstanta waktu integral dengan  $K_i$ , dan konstanta waktu differensial dengan  $K_d$  seperti pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Kontroler PID (Omatu dkk., 2010)

Keluaran dari kontroler PID jika dimodelkan dalam persamaan matematis maka menghasilkan persamaan (2.1) berikut.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Ketiga konstanta tersebut yang kemudian disebut dengan parameter kontroler PID (Omatu dkk., 2010). Keunggulan dari kontroler PID salah satunya adalah menghilangkan *error* keadaan konstan yang belum bisa diatasi apabila hanya menggunakan kontroler proporsional. Performa kontroler PID sangat ditentukan oleh nilai parameter PID. Untuk memenuhi spesifikasi sistem pengaturan yang sesuai, parameter PID harus dihitung lebih dahulu. Ada beberapa macam metode perhitungan nilai parameter PID, yaitu metode Zieger Nichols, metode analitis, metode Cohen-Coon, dan lain-lain.

## 2.5 Jaringan Syaraf Tiruan *Back Propagation*

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah sistem pemroses informasi yang mempunyai karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa:

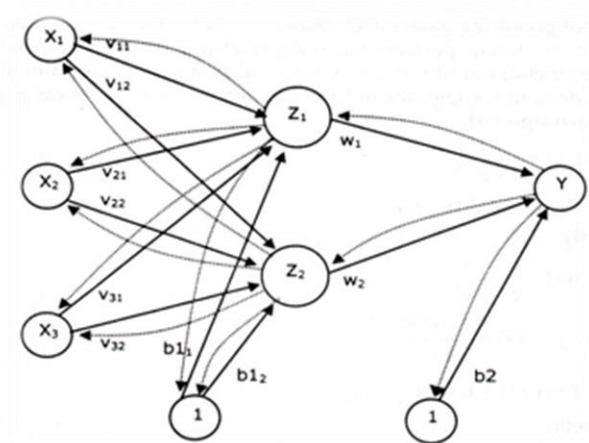
- a) Pemrosesan informasi terjadi pada banyak neuron.



- b) Sinyal ditransfer di antara neuron-neuron melalui tiap penghubung.
- c) Penghubung antar neuron mempunyai bobot (*weight*) yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
- d) Untuk menentukan keluaran, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima.

Y menerima input dari neuron  $x_1$ ,  $x_2$  dan  $x_3$  dengan bobot hubungan masing-masing adalah  $w_1$ ,  $w_2$  dan  $w_3$ . Ketiga impuls neuron yang ada dijumlahkan,

$$\text{net} = x_1w_1 + x_2w_2 + x_3w_3 \quad (2.2)$$



**Gambar 2.3** Jaringan syaraf tiruan sederhana (Gelbukh dkk., 2014)

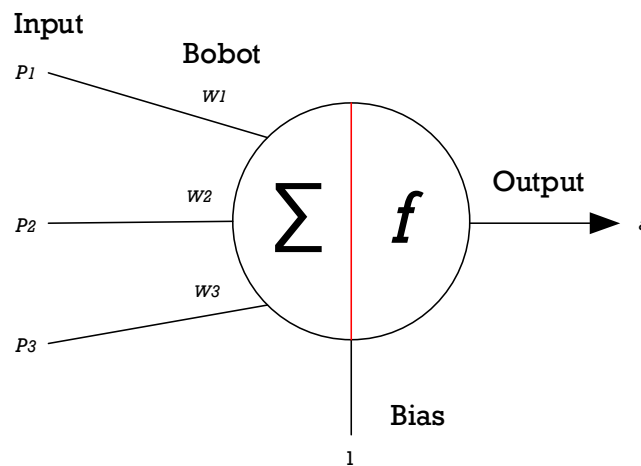
Besarnya impuls yang diterima oleh  $Y$  mengikuti fungsi aktivasi  $y = f(\text{net})$ . Saat nilai fungsi aktivasi cukup besar maka sinyal akan diteruskan. Nilai fungsi aktivasi (keluaran model jaringan) juga dapat dipakai sebagai dasar untuk merubah bobot (Gelbukh dkk., 2014).

Salah satu metode yang digunakan dalam JST adalah metode *back propagation*. *Back propagation* adalah algoritma pelatihan untuk memperkecil nilai *error* dengan cara menyesuaikan bobot pada JST berdasarkan perbedaan hasil dan target yang ingin dicapai. *Back propagation* merupakan metode terstruktur untuk pelatihan *multi-layer* JST. Dikatakan sebagai pelatihan *multi-layer* karena metode *back propagation* mempunyai tiga *layer* dalam proses pelatihannya, yaitu *layer*

masukannya, *layer* tersembunyi dan *layer* keluaran. Adanya *layer* tersembunyi pada *back propagation* dapat menyebabkan besarnya nilai *error* pada *back propagation* lebih kecil dibandingkan nilai *error* pada *single-layer network*. Hal ini dikarenakan *layer* tersembunyi pada *back propagation* berguna sebagai tempat untuk memperbarui dan menyesuaikan nilai bobot sehingga didapatkan nilai bobot yang baru yang dapat ditunjukkan mendekati dengan target yang diinginkan (Cilimkovic, 2010).

## 2.6 Konsep Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan

Artifisial neuron dalam struktur jaringan syaraf tiruan merupakan elemen proses yang bisa berfungsi layaknya sebuah neuron. Model dari neuron pada jaringan syaraf tiruan ini seperti yang ditunjukkan gambar 2.4, di mana  $P_i$  adalah nilai masukan pada neuron dan  $W_i$  merupakan bobot atau *weight*.



**Gambar 2.4** Model neuron (Abu-Mostafa, 1992)

Sinyal masukan  $P_i$  ini akan dikalikan dengan nilai  $W_i$ . Sehingga untuk nilai keluaran dari neuron ini dapat dirumuskan seperti pada persamaan (2.3).

$$a = f(z) = f\left\{\left(\sum_{i=1}^n P_i W_i\right) - \theta\right\} \quad (2.3)$$

Di mana  $\theta$  adalah nilai bias, dan  $f$  adalah fungsi aktivasi untuk neuron (Abu-Mostafa, 1992). Terdapat beberapa jenis fungsi aktivasi yang digunakan yaitu:

- a) *Hard limit function*
- b) *Treshold function*
- c) *Linear Function*
- d) *Sigmoid function*

## 2.7 *Learning* pada Jaringan Syaraf Tiruan

Proses *learning* pada JST dilakukan dengan mengganti bobot supaya mencapai *set point* yang ditentukan (Abu-Mostafa, 1992). Ada tiga metode untuk *learning* JST, yaitu:

- a) *Unsupervised learning*

*Unsupervised learning* mempelajari ragam informasi dari input namun tidak ada *feedback* yang secara pasti memaparkan sasaran yang akan dicapai.

- b) *Supervised learning*

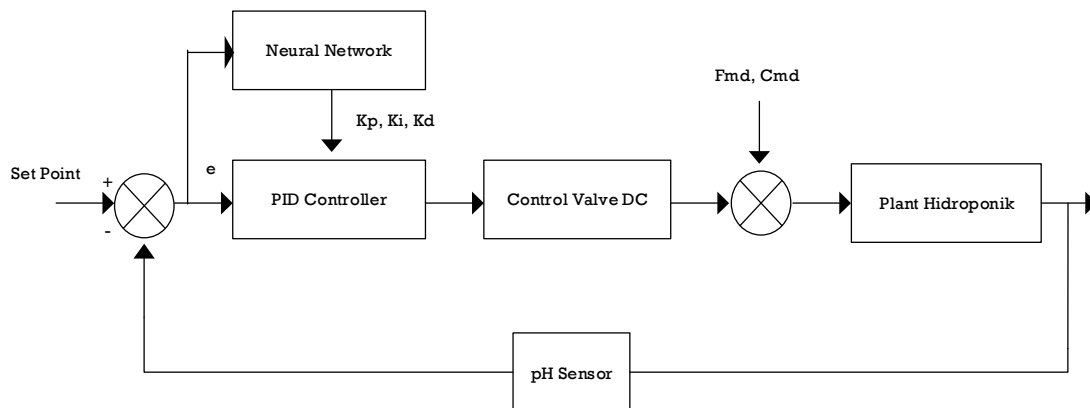
*Supervised learning* merupakan metode pembelajaran yang diarahkan untuk mempelajari contoh-contoh yang telah disediakan.

- c) *Reinforced learning*

*Reinforced learning* merupakan metode pembelajaran dengan menentukan pola input dan output berdasarkan konsep *reward and punishment*. Jika output bergerak menuju sasaran yang diinginkan maka diberikan *reward*. Dan sebaliknya jika output bergerak menjauhi sasaran yang diinginkan maka diberikan *punishment*.

## 2.8 Kontroler PID Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan

Kontroler PID berbasis jaringan syaraf tiruan terdiri atas kontroler PID sebagai kontroler utama dan jaringan syaraf tiruan sebagai algoritma cerdas yang dapat melakukan tuning parameter kontroler PID dengan diagram blok seperti pada gambar 2.5 (Cheng dkk., 2017).



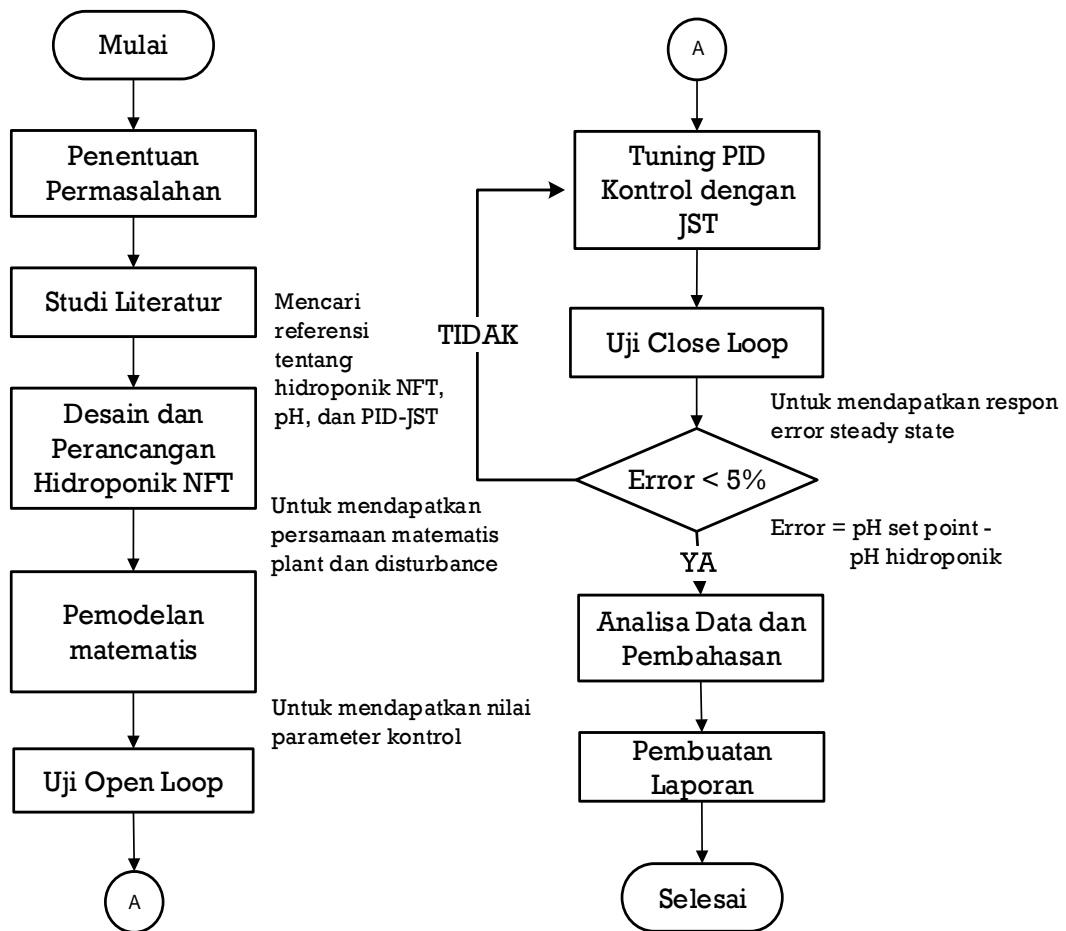
**Gambar 2.5** Diagram blok kontroler PID berbasis JST

Metode JST yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *back propagation*. Untuk mendapatkan informasi lebih lanjut tentang bobot jaringan *multi-layer*, metode *back propagation* dilakukan dengan menggunakan konsep *gradient descent* dengan tujuan untuk meminimalkan square kesalahan antara output dari jaringan dan fungsi tujuan (Malekabadi dkk., 2018).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

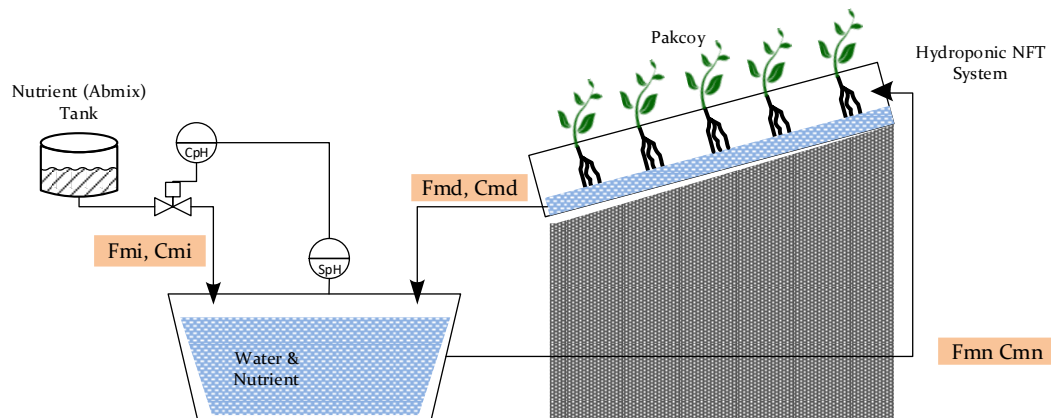
Metodologi pada penelitian kali ini dilakukan dengan tahapan-tahapan yang dapat dilihat dalam *flowchart* berikut.



**Gambar 3.1** *Flowchart* penelitian

#### 3.1 Perancangan Sistem Kontrol pH pada Hidroponik NFT

Percancangan skematik hidroponik NFT ini menggunakan *software* Microsoft Visio Drawing. Rancangan ini yang dijadikan acuan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Skematik hidroponik NFT

Gambar di atas merupakan model skematik dari *plant* yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, dengan keterangan sebagai berikut:

- $F_{mi}, C_{mi}$  = *input plant* (ml/s, %)  
 $F_{md}, C_{md}$  = *output hidroponik* (ml/s, %)  
 $F_{mn}, C_{mn}$  = *input hidroponik* (ml/s, %)  
 $C_{pH}$  = kontroler pH  
 $S_{pH}$  = sensor pH

Adapun komponen yang digunakan dalam merancang hidroponik NFT tersebut adalah 2 buah tangki, sensor pH, dan *control valve*.

### 3.2 Pemodelan Matematis Proses pH

Pada penelitian ini perlu dilakukan pemodelan matematis seperti pemodelan *plant*, *control valve*, dan *transmitter*. Untuk pemodelan *plant* pada hidroponik diperoleh dari data-data yang diambil dari penelitian sebelumnya. Berikut pemodelan matematis proses pH yang diperoleh.

#### 3.2.1 Pemodelan *Plant*

Pada penelitian ini terdapat satu *plant* yang digunakan, yaitu *water and nutrient tank* yang dapat dilihat pada gambar 3.2. Untuk memperoleh fungsi transfer *plant* digunakan metode FOPDT (*First Order Plus Dead Time*) yang ditunjukkan pada persamaan (3.1) berikut.

$$G(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (3.1)$$

Dengan,

- K : *gain*  
 $\tau$  : *time constant* (detik)  
 $\theta$  : *time delay* pada respon proses (detik)

Nilai K diperoleh sebesar 0.017. Nilai  $\tau$  merupakan *time constant* didapatkan dari persamaan (3.2) dengan *t63%* waktu yang dibutuhkan variabel proses mencapai 63% nilai akhir dan *t28%* waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 28% nilai akhir. Diperoleh nilai  $\tau$  sebesar 1.05. Nilai  $\theta$  merupakan nilai *dead time* yang didapatkan dari persamaan (3.3) dengan selisih antara *t63%* dan nilai *time constant*. Diperoleh nilai  $\theta$  sebesar 6.15.

$$\tau = 1,5 (t_{63\%} - t_{28\%}) \quad (3.2)$$

$$\theta = t_{63\%} - \tau \quad (3.3)$$

Dari persamaan (3.1) maka diperoleh pemodelan matematis untuk *plant* pada penelitian ini sebagai berikut.

$$G(s) = \frac{0.017}{1.05s + 1} \quad (3.4)$$

### 3.2.2 Pemodelan *Control valve* dan *Transmitter*

Pemodelan yang dicari pada solenoid *control valve* yaitu menggunakan persamaan fungsi transfer. Nilai *gain* (K) *control valve* didapatkan dari persamaan (3.6).

$$K = \frac{\Delta \text{Output (mL/s)}}{\Delta \text{Input (mA)}} \quad (3.5)$$

Variabel *input* dari *plant* merupakan sinyal arus dengan rentang 4-20 mA dan untuk variabel *output* adalah *flow* sebesar 966.67 ml/s yang diperoleh dari *data sheet*. Dari persamaan (3.6) maka diperoleh nilai *gain* (K) untuk *control valve* sebagai berikut.

$$K = \frac{966.67 - 0}{20 - 4} = 60.42 \quad (3.6)$$

Untuk mendapatkan fungsi transfer dari *control valve* diperoleh menggunakan persamaan (3.7). Berdasarkan *data sheet*, *control valve* memiliki *time constant* sebesar 2 detik sehingga diperoleh fungsi transfer untuk *control valve* seperti yang tunjukkan pada persamaan (3.8).

$$G_c(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (3.7)$$

$$G_c(s) = \frac{60.42}{2s + 1} \quad (3.8)$$

Sedangkan untuk pemodelan *gain transmitter* didapatkan dari hasil konversi dari rentang sinyal mA dibagi dengan rentang pH. Pemodelan dari *gain transmitter* ditunjukkan pada persamaan (3.8).

$$K = \frac{\text{rentang sinyal (mA)}}{\text{rentang (pH)}} = \frac{20 - 4}{7 - 0} = 2.28 \quad (3.9)$$

### 3.2.3 Pemodelan *Disturbance*

*Disturbance* pada sistem merupakan keluaran dari hidroponik yang menuju ke tangki utama. Keluaran dari hidroponik ini dapat mempengaruhi nilai pH pada tangki utama sistem sehingga dikatakan sebagai *disturbance*. Nilai *gain* yang diperoleh untuk pemodelan *disturbance* sebesar 0.7. Diperoleh fungsi transfer untuk *disturbance* sebagai berikut.



$$G_d(s) = \frac{0.7}{259200s + 1} \quad (3.10)$$

### 3.3 Penentuan Parameter PID

Penentuan parameter PID berguna untuk memperoleh respon sistem yang baik dan stabil. Parameter PID berupa  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  dilakukan *tuning* secara *trial and error* dengan menggunakan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  sebagai berikut.

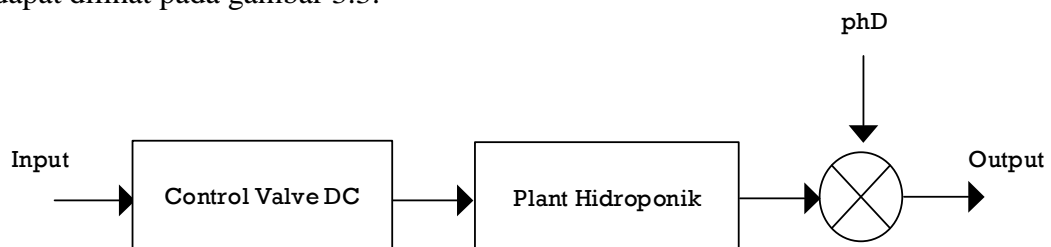
**Tabel 3.1** Tuning PID dengan *Trial and Error*

	Percobaan 1	Percobaan 2
$K_p$	1.5	0.4
$K_i$	0.1	0.1
$K_d$	0.1	2.4

Berdasarkan nilai-nilai yang ditentukan didapat hasil simulasi terbaik yaitu respon yang stabil dan mencapai *set point* yaitu menggunakan percobaan 2 dengan nilai  $K_p$  sebesar 1.2,  $K_i$  sebesar 0.1 dan  $K_d$  sebesar 0.1.

### 3.4 Proses *Open Loop*

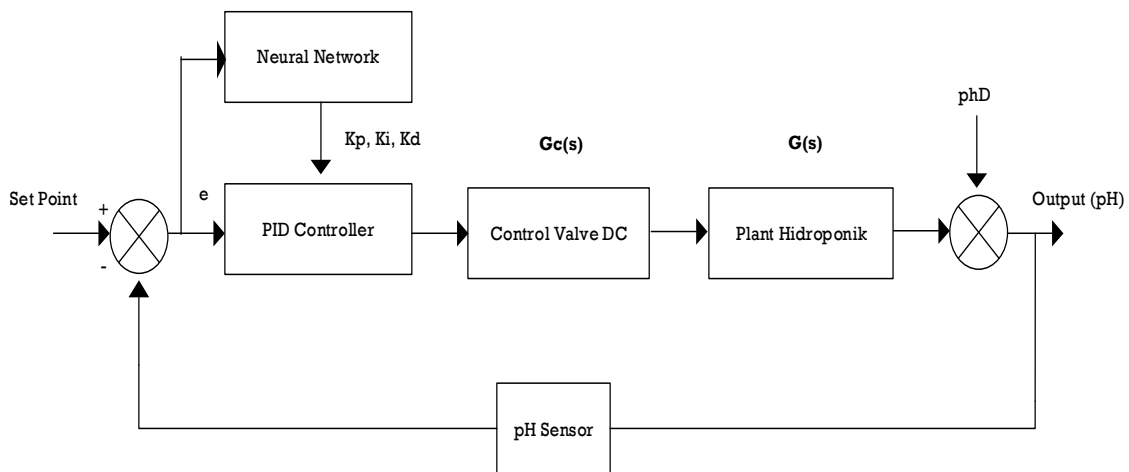
Pada penelitian ini proses *open loop* dilakukan dengan menggunakan Simulink pada *software* MATLAB R2015b\_win64. Proses *open loop* perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter kontrol yang nantinya digunakan pada simulasi *close loop*. Adapun diagram blok untuk simulasi proses *open loop* dapat dilihat pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Diagram blok *open loop* sistem

### 3.5 Proses *Close Loop*

Proses *close loop* dilakukan untuk merancang kontroler PID-JST. Proses ini berguna untuk menjaga kestabilan hubungan antara keluaran dan referensi masukan dalam mengontrol sistem tersebut. Tuning kontroler PID-JST menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dengan metode *back propagation*. Skema dari proses *close loop* ditunjukkan pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Diagram blok *close loop* sistem

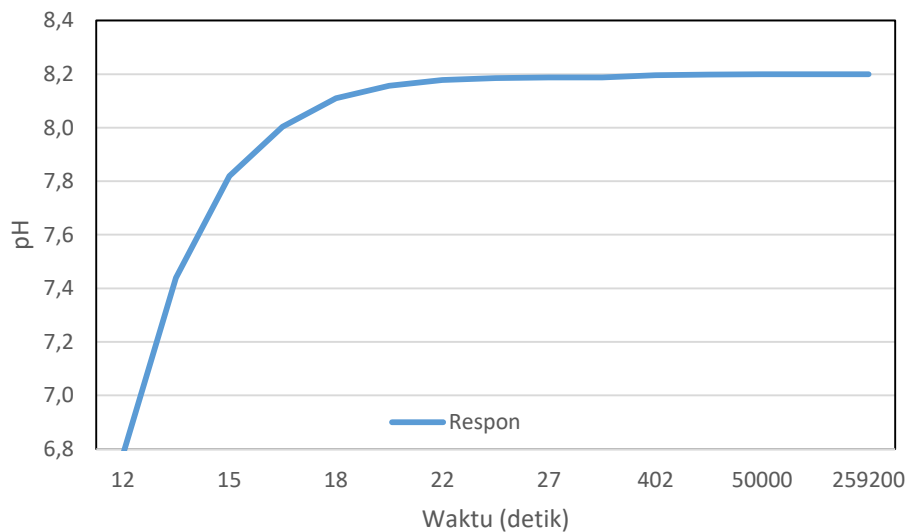
Pada proses *close loop*, *plant* utama penelitian adalah *water and nutrient tank* sedangkan *plant disturbance* adalah tangki tanaman hidroponik sendiri.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian *Open Loop*

Pengujian *open loop* ini dilakukan untuk mengetahui respon dari sistem atau *plant* sebelum kontroler dipasang. Respon yang ditunjukkan dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Grafik respon uji *open loop*

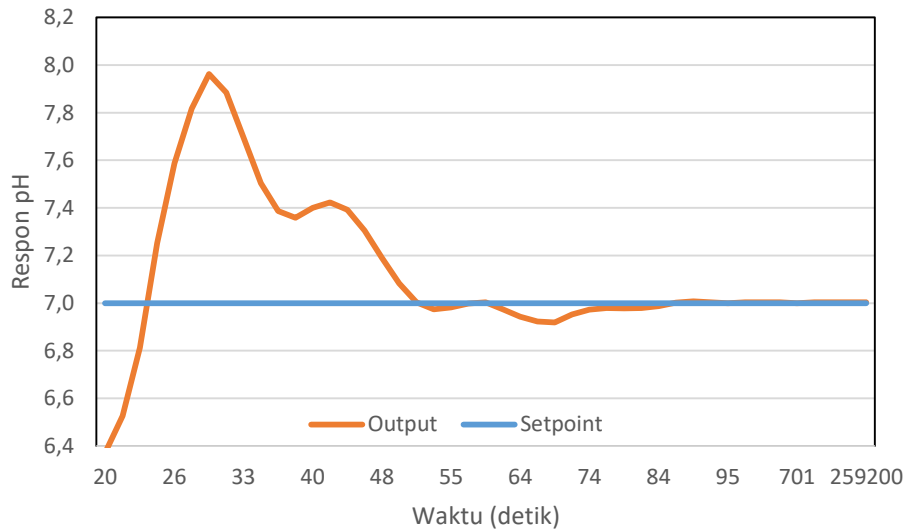
Dapat dilihat pada grafik respon uji *open loop* bahwa pH respon sistem melebihi *set point* yang telah ditentukan yaitu pH 7. Melalui uji *open loop* tersebut maka diperlukan pengendali atau kontroler pH pada sistem hidroponik yang dirancang yaitu dengan menggunakan pengendali PID-JST metode *back propagation*.

#### 4.2 Hasil Pengujian *Close Loop*

Pengujian *close loop* dilakukan dengan memberi blok pengendalian yang memperoleh *feedback* dari respon sistem. Simulasi *close loop* menggunakan kontroler PID-JST yang berguna untuk mendapatkan respon sistem dengan parameter tuning kontroler yang paling baik. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2015b\_win64.

#### 4.2.1 Pengujian *Close Loop* dengan *Set Point* pH=7

Pada pengujian *close loop* pada *set point* dengan pH=7 menghasilkan respon seperti pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Respon pH pada *close loop* pada *set point* dengan pH=7

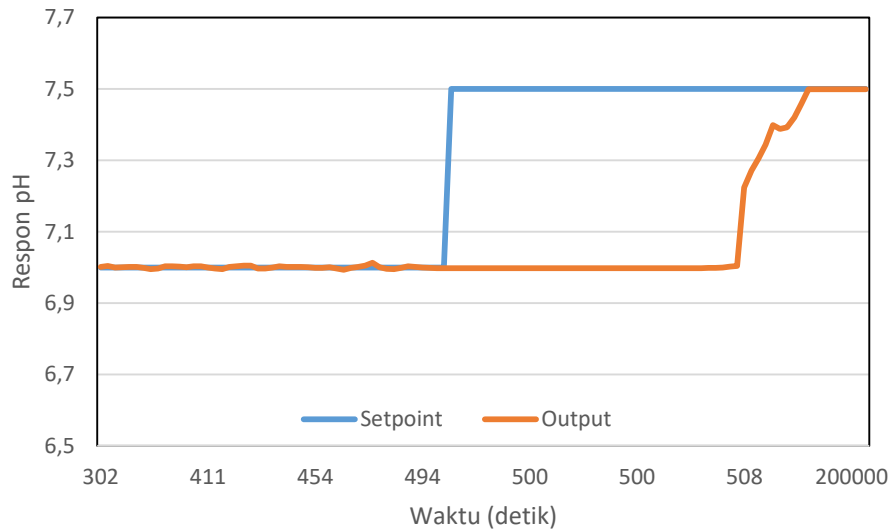
Dari pengujian sistem *close loop* maka dapat dilihat bahwa *set point* diikuti nilai respon pH bergerak pada angka 7. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki performansi yang baik di mana karakteristik respon *close loop* pada *set point* dengan pH=7 adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.1** Karakteristik Respon pH pada *Close Loop* pada *Set Point* dengan pH=7

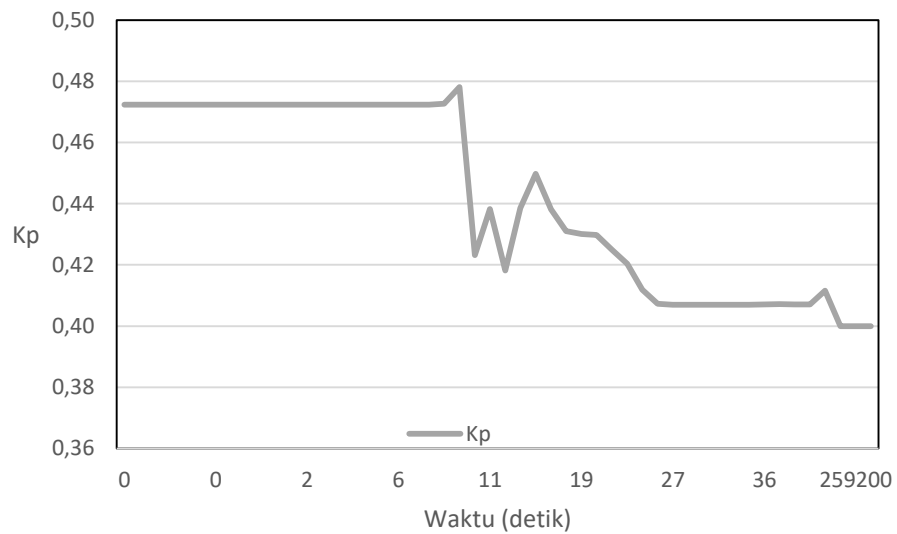
Karakteristik Respon	Nilai
<i>Rise Time</i>	8.09 detik
<i>Settling Time</i>	48.47 detik
<i>Max. Overshoot</i>	13.69%
<i>Error Steady State</i>	0.008%
<i>Peak Time</i>	29.44 detik

#### 4.2.2 Pengujian *Close Loop* dengan *Set Point* pH=7.5

Pada pengujian *close loop* pada *set point* dengan pH=7.5 dengan menghasilkan respon seperti pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Respon pH pada *close loop* pada *set point* dengan pH=7.5



**Gambar 4.4** Respon perubahan nilai Kp

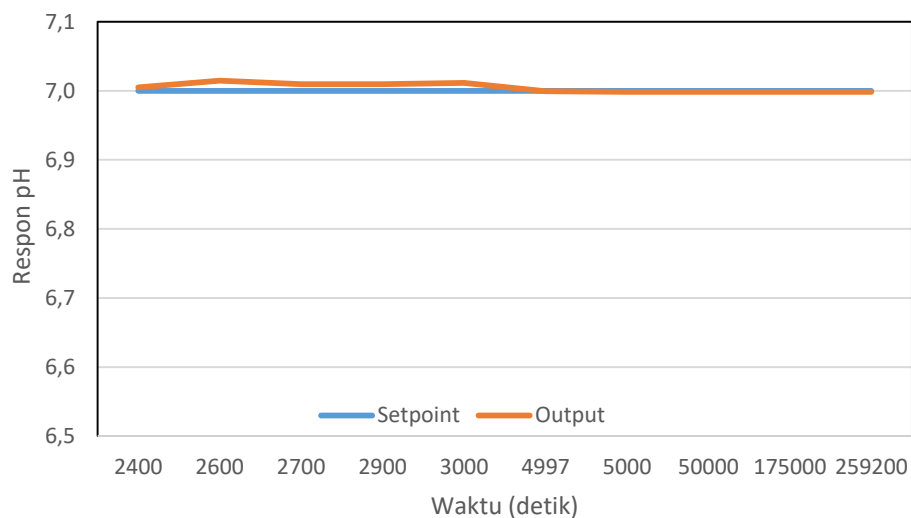
Dari pengujian sistem *close loop* ini maka dapat dilihat bahwa *set point* diikuti nilai respon pH bergerak pada angka 7.5. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki performansi yang cukup baik di mana karakteristik respon *close loop* pada *set point* dengan pH=7.5 adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Karakteristik Respon pH pada *Close Loop* pada *Set Point* dengan pH=7.5

Karakteristik Respon	Nilai
<i>Rise Time</i>	15.41 detik
<i>Settling Time</i>	511.943 detik
<i>Max. Overshoot</i>	6.10%
<i>Error Steady State</i>	0.2%
<i>Peak Time</i>	29.10 detik

#### 4.2.3 Pengujian *Disturbance* pada Simulasi *Close Loop*

Pada pengujian *disturbance* diasumsikan bahwa nilai *time constant disturbance* turun menjadi 1000 detik dengan maksud untuk mengetahui kestabilan sistem apabila diberikan *disturbance*. Hasil pengujian menghasilkan respon seperti pada gambar 4.4.

**Gambar 4.5** Hasil pengujian *disturbance* sistem *close loop*

Dari pengujian sistem *close loop* ini maka dapat dilihat bahwa *set point* diikuti nilai respon pH bergerak pada angka 7. Perubahan *disturbance* tidak terlalu signifikan dikarenakan perubahannya yang begitu kecil untuk dilihat pada grafik. Namun hal ini menunjukkan bahwa ketika terdapat *disturbance*, sistem tetap memiliki performansi yang cukup baik di mana karakteristik respon *close loop* pada *set point* pH=7 adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian *Disturbance* Sistem *Close Loop*

<b>Karakteristik Respon</b>	<b>Nilai</b>
<i>Rise Time</i>	7.40 detik
<i>Settling Time</i>	49.32 detik
<i>Max. Overshoot</i>	14.28%
<i>Error Steady State</i>	0.16%
<i>Peak Time</i>	28.84 detik

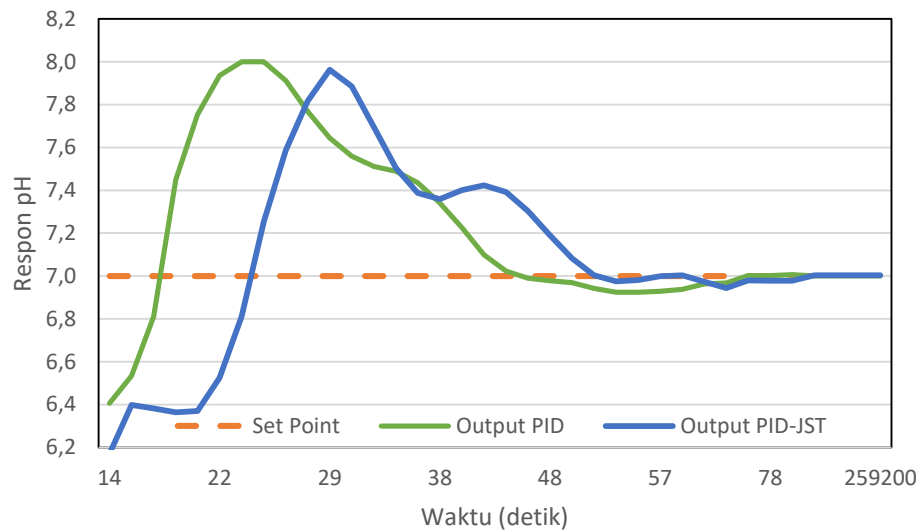
Dari pengujian ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat merespon adanya *disturbance* pada *plant* dan mengembalikan pH ke *set point* yang telah ditetapkan yaitu nilai pH 7.

#### 4.3 Perbandingan Kontrol PID-JST dan PID

Setiap kontroler memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Pada tugas akhir ini jenis kontroler yang digunakan adalah PID-JST dan PID. Kontroler PID-JST dan PID yang digunakan pada *plant* hidroponik memiliki kelebihan dan kelemahan berdasarkan karakteristik respon yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5. Sedangkan respon antara kedua kontroler dapat dilihat pada gambar 4.6.

**Tabel 4.4** Perbandingan Karakteristik Respon PID-JST dan PID

<b>Karakteristik Respon</b>	
<b>PID-JST</b>	<b>PID</b>
<i>Rise Time</i> : 8.09 detik	<i>Rise Time</i> : 10.18 detik
<i>Settling Time</i> : 48.47 detik	<i>Settling Time</i> : 48.98 detik
<i>Max. Overshoot</i> : 13.69%	<i>Max. Overshoot</i> : 14.28%
<i>Peak Time</i> : 29.44 detik	<i>Peak Time</i> : 29.08 detik
<i>Error Steady State</i> : 0.008%	<i>Error Steady State</i> : 0.14%



**Gambar 4.6** Perbandingan respon pH pada kontroler PID-JST dengan PID untuk *set point* pH=7

Dari tabel 4.5 tersebut dapat dilihat bahwa jenis kontroler yang baik pada *plant* hidroponik adalah PID-JST. Hal ini dikarenakan nilai *rise time*, *settling time*, *maximum overshoot*, dan *peak time* lebih kecil dibandingkan kontroler PID. Sehingga hal ini membuktikan bahwa dengan menggunakan algoritma cerdas JST dalam tuning PID cukup efektif dalam memperoleh parameter optimum dari sistem.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perancangan sistem pengendali pH hidroponik NFT yang dibuat dengan pengendali PID-JST metode *back propagation* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- a) Hasil rancangan alat ini mampu menjaga kestabilan pH dengan kontroler PID-JST. Dengan melakukan uji *close loop* pada sistem, diperoleh karakteristik respon *rise time* 8.09 detik, *settling time* 48.47 detik, *maximum overshoot* 13.69%, *error steady state* 0.008%, dan *peak time* 29.44 detik.
- b) Pengujian terhadap variasi *set point* menunjukkan bahwa sistem tetap bekerja mengontrol pH agar selalu mengikuti perubahan *set point*. Pengujian *disturbance* pada hidroponik juga menunjukkan bahwa sistem bekerja mengontrol pH agar tetap sesuai dengan *set point* yang ditentukan.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian ini dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

- a) Untuk pengembangan lebih lanjut dapat difokuskan untuk melakukan variasi input dan target pelatihan JST, arsitektur JST, dan parameter pelatihan JST-nya agar diperoleh hasil respon yang lebih optimal.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

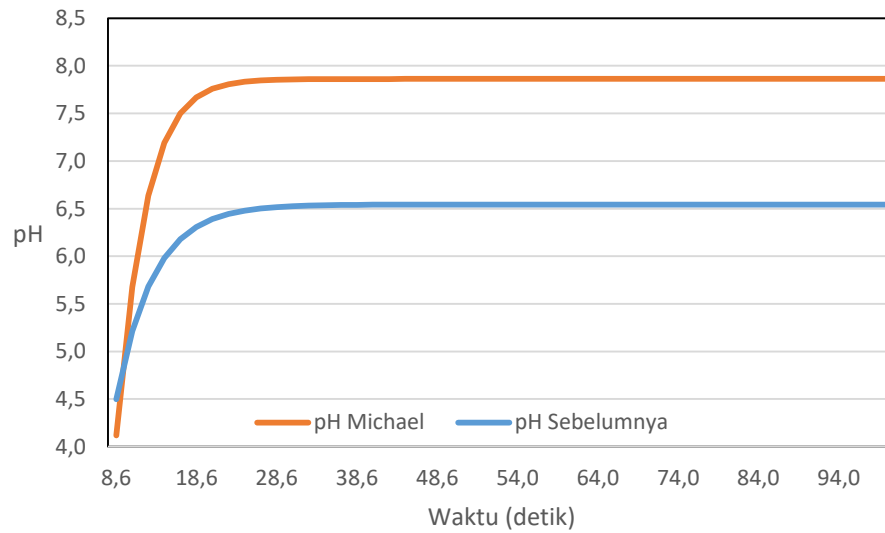
## DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Mostafa, Y. S. (1992). Neural networks and learning. In *Institute of Physics Conference Series* (Vol. 127).
- Cheng, H., Zhang, Y., Kong, L., & Meng, X. (2017). The application of neural network PID controller to control the light gasoline etherification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 69(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/69/1/012045>
- Cilimkovic, M. (2010). Neural Networks and Back Propagation Algorithm. *Fett.Tu-Sofia.Bg*, 3–7. [http://fett.tu-sofia.bg/et/2006/ET2006 BOOK 1/Circuits and Systems/173 Paper-V\\_Skorpil.pdf](http://fett.tu-sofia.bg/et/2006/ET2006_BOOK_1/Circuits_and_Systems/173_Paper-V_Skorpil.pdf)
- Gelbukh, A., Espinoza, F. C., & Galicia-Haro, S. N. (2014). Nature-inspired computation and machine learning: 13th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, MICAI 2014 Tuxtla Gutiérrez, Mexico, November 16–22, 2014 Proceedings, Part II. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8857(July 2014). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-13650-9>
- Kharche, D. N. R. (2019). Design and Development of Arduino based Nutrient Film Technique System. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 7(5), 3959–3963. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.5653>
- Mahaidayu, M. G., Helmy, H., Nursyahid, A., Setyawan, T. A., & Hasan, A. (2017). Nutrient Film Technique ( NFT ) Hydroponic Monitoring System. *Journal of Applied Information and Communication Technologies (JAICT)*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.eprs.2015.12.002>
- Malekabadi, M., Haghparast, M., & Nasiri, F. (2018). Air condition's PID controller fine-tuning using artificial neural networks and genetic algorithms. *Computers*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/computers7020032>
- Omatu, S., Yoshioka, M., Kosaka, T., Yanagimoto, H., & Ahamad, J. (2010). Neuro-PID Control of Speed and Torque of Electric Vehicle. *International Journal on Advances in Systems and Measurements*, 3(1), 82–91.

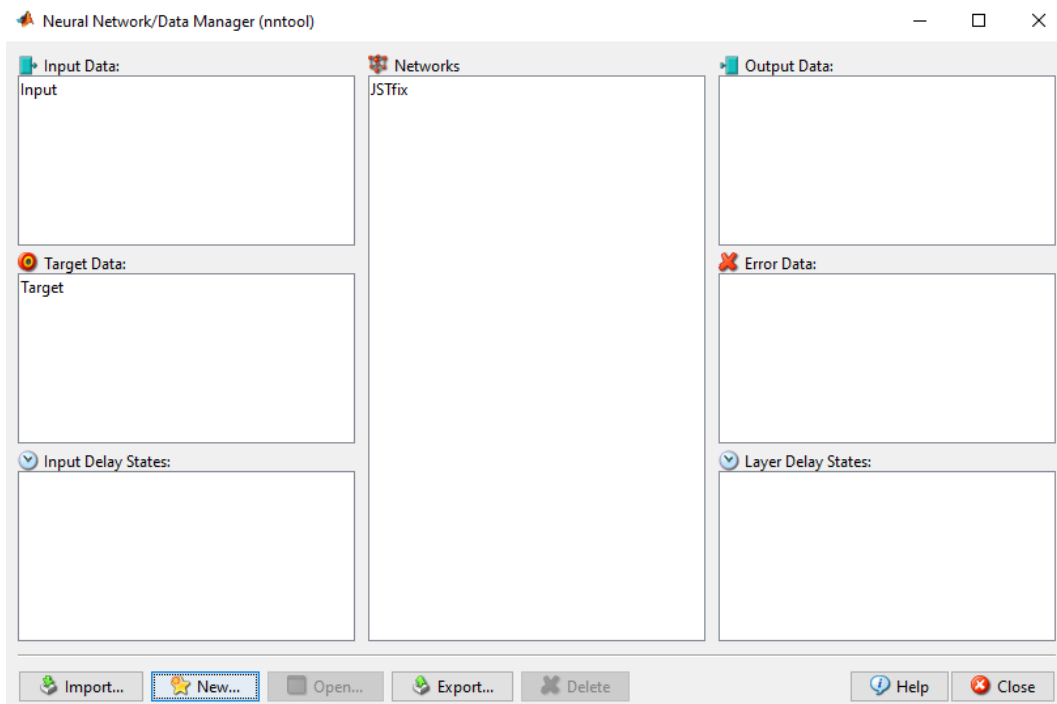
- Puspasari, I., Triwidyastuti, Y., & Harianto, H. (2018). Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 7(1).  
<https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i1.406>
- Sayara, T., Amarneh, B., Saleh, T., Aslan, K., Abuhanish, R., & Jawabreh, A. (2016). Hydroponic and Aquaponic Systems for Sustainable Agriculture and Environment. *International Journal of Plant Science and Ecology*, 2(3), 23–29.  
<http://www.aiscience.org/journal/ijpse><http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364.  
<https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>

## LAMPIRAN

### A. Validasi *Open Loop* dengan Hasil Penelitian Sebelumnya



### B. Tahapan Pelatihan JST



Create Network or Data

Network Data

Name: JSTfix

Network Properties

Network Type: Feed-forward backprop

Input data: Input

Target data: Target

Training function: TRAINGD

Adaption learning function: LEARNGD

Performance function: MSE

Number of layers: 2

Properties for: Layer 1

Number of neurons: 5

Transfer Function: TANSIG

View Restore Defaults

Help Create Close

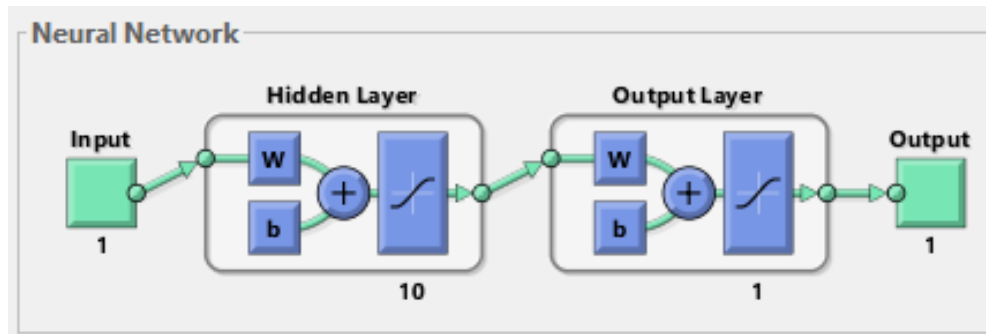
Network: JSTfix

View Train Simulate Adapt Reinitialize Weights View/Edit Weights

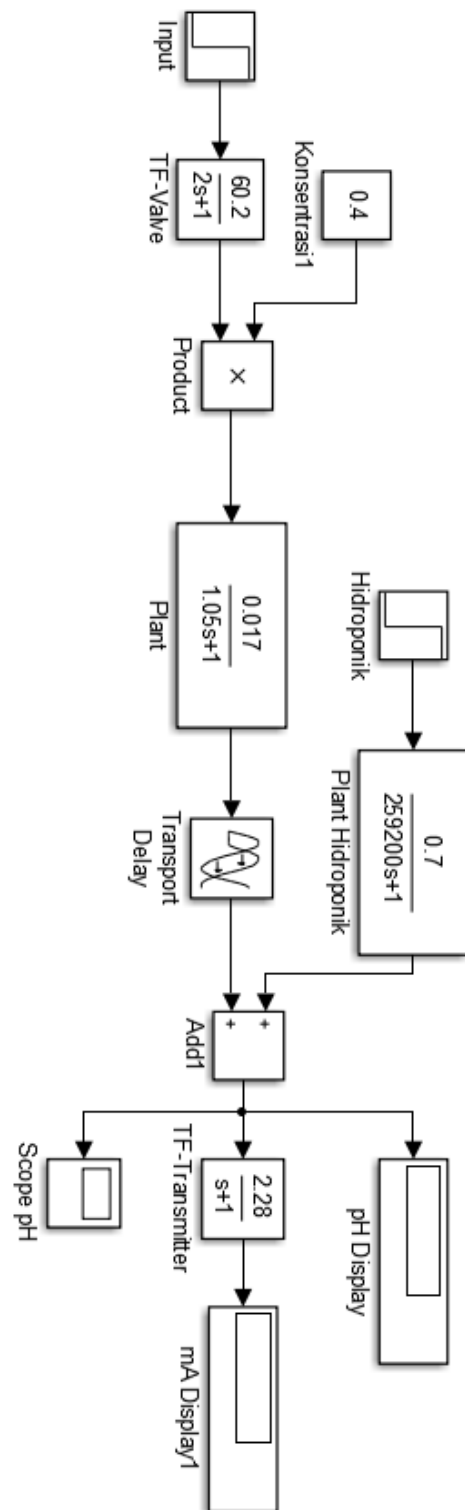
Training Info Training Parameters

showWindow	true	lr	0.01
showCommandLine	false		
show	25		
epochs	1000		
time	Inf		
goal	0		
min_grad	1e-05		
max_fail	6		

### C. Arsitektur Pelatihan JST

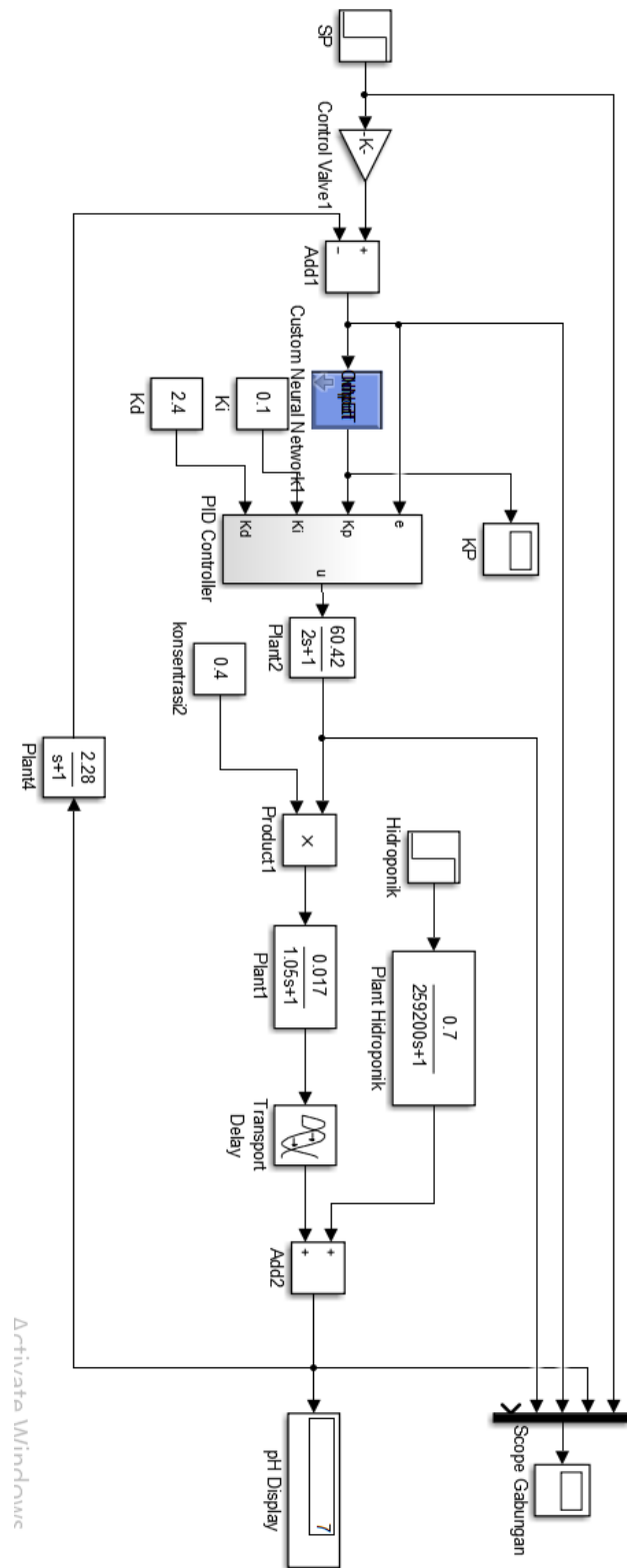


### D. Model Simulink Sistem Proses *Open Loop*





### E. Model Simulink System Proses *Close Loop*



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Nama Penulis Michael Perwira Barus dilahirkan di Perawang tanggal 05 November 1997 dari ayah yang bernama Jefri dan Ibu bernama Mardelima. Saat ini penulis tinggal di Desa Perawang RT.008/RW.008, Kec. Tualang, Kab. Siak, Provinsi Riau. Pada tahun 2010 penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SD Marsudirini Tualang. Kemudian pada tahun 2013 telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP YPPI Tualang. Tahun 2016 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 2 Balige, pada tahun 2016 melanjutkan S1 Jurusan Teknik Fisika ITS. Pada bulan Juli 2020 penulis telah menyelesaikan tugas akhir dengan judul PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA SISTEM HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) TANAMAN PAKCOY DENGAN KONTROL PID BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) METODE *BACK PROPAGATION*. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir maka dapat menghubungi penulis melalui email [michaelperwira05@gmail.com](mailto:michaelperwira05@gmail.com).