

**PERANCANGAN KENDALI NUTRISI PADA HIDROPONIK NFT (*NUTRIENT FILM  
TECHNIQUE*) DENGAN METODE PID**  
***DESIGN OF CONTROLLING NUTRIENT IN HYDROPONIC (NUTRIENT FILM  
TECHNIQUE) USING PID***

Muhammmad Ikhlas<sup>1</sup>, Dr. Ir. Sony Sumaryo. M.T.<sup>2</sup>, Estananto, M.Sc.<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>muhammadikhlas19.tk@gmail.com, <sup>2</sup>sony.sumaryo@yahoo.co.id, <sup>3</sup>estananto@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Ketersediaan tanah yang terbatas membuat lahan-lahan pertanian semakin sempit, terhimpit oleh penggunaan lahan untuk pemukiman, perdagangan dan industri, ini dapat dilihat dari pertumbuhan manusia yang masih belum teratasi. Hal ini merupakan permasalahan utama yang dapat menghambat kegiatan pertanian, terutama untuk tanaman hortikultura khususnya tanaman sayuran. Berkurangnya lahan tanam ini menyebabkan rumah tangga usaha pertanian di Indonesia pada tahun 2003-2013 mengalami penurunan dari 16.937.617 menjadi 10.602.147 menurut Badan Pusat Statistika [1].

Penambahan nutrisi untuk memenuhi unsur hara pada hidroponik NFT biasanya di lakukan secara manual dan pengecekan yang tidak menentu. Nilai *Electrical conductivity* (EC) yang menjadi satuan ukur nutrisi yang terkandung dalam air akan di ukuran dengan menggunakan sensor EC. Sistem akan mengatur waktu terbukanya *Solenoid Valve* yang mengaliri nutrisi berupa AB mix ataupun air ke bak penampungan pada Hidroponik NFT dengan menggunakan metode PID.

Hasil akhir dari perancangan sistem ini adalah nutrisi yang mengalir pada Hidroponik dapat dikontrol dengan mengukur nilai EC. Dengan menggunakan kandugan A&B mix yang bernilai 3 mS/cm. Selain itu, pengukuran yang dihasilkan dapat dipercaya 95% dengan berdasarkan hasil Uji-T dan Uji-F. Serta hasil pengaruh nilai *electrical conductivity* terhadap tanaman Pakcoy menghasilkan tanaman berbeda dari segi jumlah daun, panjang akar dan tinggi tanaman.

**Kata Kunci :** *Hidroponik NFT, Sensor EC meter, Solenoid valve, PID*

---

**Abstract**

Limited land space makes soils for farming became smaller, squeezed by land used for housing, trading and industry, it could be seen by the population growth that has not been taken care of. This has been the main problem that hamper farming activites, especially for horticulture plants specifically vegetables. the reduction of planting lands caused household farming bussinesses in Indonesia in the year of 2003-2013 declined from 16.937.617 to 10.602.147 according to Statistical Center Body [1].

The adding of nutrition on NFT hydroponic usually done manually with uncertain checking. *Electrical Conductivity* (EC) value is the used unit of measure that is contained in the water will be measured by EC sensor. system will control *Solenoid Valve* open time that flow AB mix nutrients or water into the NFT hydroponic bucket using PID method.

The final result of this system is the control of nutrients flow on the hydroponic by measuring the EC value. By using A&B mix with 3 mS/cm. after that, produced measurement is believed to reach 95% by using T-Test anad F-Test. Also the effect of *Electrical conductivity* towards Pakcoy plants produce different results viewed from the number of leaves, length of roots and length of plant.

**Keywords:** *Hydroponic NFT, EC meter sensor, Solenoid Valve, PID.*

---

## 1. Pendahuluan

Permintaan komoditas hortikultura terutama sayuran pada masa yang akan datang semakin meningkat, maka perlu dilakukan usaha peningkatan produksi, dilihat dari perkembangan jumlah penduduk dan penghasilan masyarakat, menunjukkan meningkatnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya gizi yang berasal dari sayuran dan buah-buahan, untuk menjaga kesehatan tubuh, kesegaran jasmani serta meningkatkan daya tahan terhadap penyakit. Usaha tani sayuran terutama sayuran petersai/sawi dalam negeri membuka peluang agribisnis baru dalam hortikultura karena menguntungkan. Data rumah tangga usaha hortikultur khususnya sayuran sawi/petersai menurut Badan Pusat Statistika pada tahun 2011-2016 mengalami peningkatan sebesar 9,2% [2]. Semakin banyaknya tanaman yang berproduksi, berkembangnya teknologi produksi yang diterapkan petani, semakin intensifnya bimbingan dan fasilitasi yang diberikan kepada petani dan pelaku usaha, semakin baiknya manajemen usaha yang diterapkan pelaku usaha, dan adanya penguatan kelembagaan agribisnis petani, dilain pihak, pengembangan komoditas sayuran secara kuantitas dan kualitas dihadapkan pada persoalan semakin sempitnya lahan pertanian yang subur, terutama di Pulau Jawa.

Berbeda dengan penanaman secara konvensional. Hidroponik memerlukan ketelatenan yang lebih tinggi. Perubahan media tanam berupa tanah yang telah memiliki unsur hara ke air menyebabkan perlunya nutrisi agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Hidroponik merupakan suatu sistem bercocok tanam dengan menggunakan air sebagai media tanamnya. Kualitas air yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman secara hidroponik mempunyai nilai EC tidak lebih dari 6.0 mS/cm [3]. Seperti yang telah dijelaskan di atas, air yang digunakan dalam hidroponik hendaknya diatur kadar EC-nya, dalam pengecekan nilai EC sekurang-kurangnya dilakukan sekali dalam sehari.

Dengan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Perancang Kendali Nutrisi Pada Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) Dengan Metode PID".

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Hidroponik NFT

Hidroponik dari Bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata. *Hydro* yang berarti air dan *ponous* yang berarti kerja [4]. Sering juga disebut dengan *soiless culture* atau penanaman tanpa menggunakan tanah. Sehingga dapat diartikan sebagai metode penanaman dengan menggunakan air yang mengandung nutrisi atau unsur hara sebagai media tanam tanpa menggunakan tanah.

### 2.2. Larutan Nutrisi dan Konduktivitas Listrik (EC)

Konsentrasi larutan nutrisi yang sesuai dengan tanaman sangat diperlukan untuk mencapai tingkat pertumbuhan dan produksi tanaman maksimal. Sistem hidroponik tertutup seperti NFT, larutan nutrisi disirkulasikan ke akar tanaman dan pada saat itulah terjadi penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman. Penyerapan nutrisi tanaman pada setiap sirkulasi akan mempengaruhi tingkat konsentrasi larutan nutrisi. Salah satu hara yang digunakan dalam hidroponik adalah AB *mix* (*fertimix*). AB *mix* dikemas dalam bentuk paket yang terbagi menjadi 2 jenis, yaitu A dan B dalam bentuk padat (kristal dan bubuk) [5].

Sebelum diaplikasikan ke tanaman, pupuk tersebut harus dicampurkan ke air dan diaplikasikan sebagai larutan nutrisi. Kandungan nutrisi AB *mix* terdapat pada tabel. Salah satu metode untuk mengukur konsentrasi larutan nutrisi adalah dengan mengukur konduktivitas elektrik (EC) [6]. Nilai EC menyatakan konsentrasi nutrisi atau nutrisi dalam air juga menyatakan kecocokan larutan nutrisi untuk tanaman. Unsur nutrisi yang terlarut dalam air berupa ion bermuatan positif (kation) dan ion bermuatan negatif (anion). Keberadaan ion-ion tersebut yang memungkinkan konduktivitas listrik dalam larutan nutrisi dapat terukur oleh sensor EC. Satuan EC yang digunakan adalah mili-Siemens per centimeter atau mS/cm. Kebutuhan EC setiap jenis dan umur tanaman berbeda-beda dan disesuaikan dengan fase pertumbuhannya [7].

### 2.3. Arduino Uno

Arduino Uno [8] adalah salah satu modul mikrokontroler berbasis ATmega328. Modul ini memiliki 14 *pin* digital *input/output* (Dimana 6 dapat digunakan sebagai *output Pulse Wide Modulation*), 6 *input* analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB (*Universal Serial Bus*), *jack* listrik, *header ICSP (In-Circuit Serial Programming)*, dan tombol *reset*.

ATmega 328 memiliki 32 KB (0,5 KB digunakan untuk bootloader). Ini juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM. Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada *pin* digital 0 (RX) dan 1 (TX).

### 2.4. Sensor Analog Electrical Conductivity (EC) meter

Sensor analog EC adalah alat ukur elektronik untuk mengukur nilai *electrical conductivity* pada larutan atau cairan. Pada tipe analog EC meter SKU: DFR0300 memiliki konduktivitas elektroda dengan jangkauan pembacaan sensor mulai 1 mS sampai 20 mS dengan nilai akurasi  $\leq \pm 10\%$  F.S. Ada dua jenis konduktivitas elektroda, elektroda mengkilap dan platina hitam elektroda. Platinum berlapis hitam bertujuan untuk meningkatkan luas efektif lemparan elektroda dan meringankan terpolarisasi. Jadi dalam pengukuran larutan konduktivitas yang besar, menggunakan elektroda platinum hitam lebih akurat

Menggunakan konduktivitas elektroda untuk jangka waktu tertentu atau cukup lama dapat mengakibatkan konstanta sel dapat berubah. Dalam pengukuran akurasi yang relatif tinggi, sebaiknya mengkalibrasi sel konstan secara berkala [9].

**2.5 Solenoid Valve**

*Solenoid Valve* merupakan alat yang sering digunakan untuk mengatur aliran air ataupun gas. *Solenoid Valve* adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida, yang mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC atau DC [10]. Ketika kumparan tersebut mendapatkan supply tegangan (AC dan DC) maka kumparan tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston (plunger) yang berada di dalamnya. Ketika piston tertarik ke atas maka fluida akan mengalir dari *inlet port* menuju *outlet port* [11].

**2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah modul untuk pengukuran jarak dengan menggunakan sonar (gelombang ultrasonik) yang mana jangkauan pengukurannya dari jarak 2cm sampai 400 cm. Sensor ultrasonik dapat bekerja di tegangan 5 V DC dengan arus 15 mA. Sensor Ultrasonik memancarkan gelombang yang berada di udara dengan kecepatan sekitar 340m/s, gelombang akan menyentuh benda dan memantul balik menuju sensor.

Sensor ini memiliki 4 pin yaitu VCC, ground, echo dan trigger pin. Pin trigger ini berfungsi untuk memancarkan sonar sedangkan Pin echo ini berfungsi untuk menangkap atau mendeteksi pantulan sonar. Sensor memerlukan sinyal logika 1 pada pin trig dengan durasi waktu 10 mikrodetik untuk mengirimkan 8 rentetan sinyal berfrekuensi 40 kHz kemudian pin echo akan berlogika 1 setelah 8 rentetan sinyal berfrekuensi 40 kHz dan akan otomatis saat sonar diterima.

**2.7 Kontrol PID**

Kontrol PID [12] merupakan kontroler proporsional ditambah integral ditambah derivatif (PID) adalah salah satu mekanisme umpan balik yang banyak digunakan dalam sistem pengaturan industri. Sebuah kontroler PID menghitung nilai kesalahan sebagai perbedaan antara variabel proses terukur dan *set point* yang diinginkan.

Hubungan sinyal eror dan sinyal kontrol pada kontroler tipe PID standar dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$u(t) = Kp [ e(t) + \frac{1}{\tau I} \int e(t)dt + \tau D \frac{d}{dt} e(t) ] \dots \dots \dots (2.1)$$

atau dalam bentuk fungsi alih:

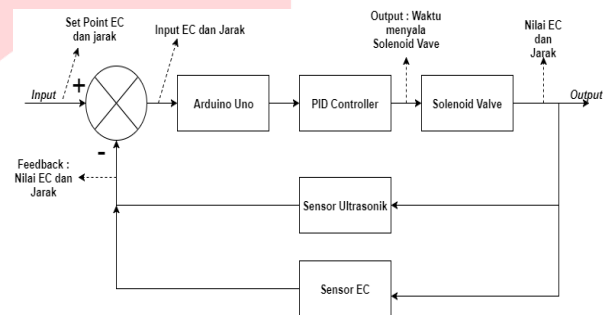
$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp(1 + \frac{1}{\tau I s} + \tau D s) \dots \dots \dots (2.2)$$

**3. Perancangan Sistem**

Pada bab ini akan membahas tentang perancangan pengontrolan nutrisi pada hidroponik dengan menggunakan teknik NFT (*Nutrient Film Technique*). Sistem ini memfokuskan mengontrol nilai dari *electrical conductivity* yang terkandung pada nutrisi hidroponik. Perancangan ini menggunakan sistem *close loop* dengan Sensor Ultrasonik dan Sensor Analog *Electrical Conductivity* sebagai *feedback* yang di letak pada wadah nutrisi pada hidroponik.

**3.1 Blok Diagram Sistem Kontrol**

Blok diagram sistem kontrol pada perancangan kendali nutrisi pada hidroponik ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Blok diagram sistem kontrol

**3.2 Skematik Alat**

*Pin* Arduino yang digunakan adalah *pin* Digital I/O sebanyak 12 *pin* dan satu *pin* analog *input*. Pada bagian Digital I/O *Pin* 2, 3, 4 disambungkan dengan modul relay sebagai *output* Arduino untuk mengaktifkan *Solenoid Valve*. *Pin* 5, 6, 7, 8 disambungkan dengan *pin* data pada lcd. *Pin* 9 disambungkan dengan *pin* E pada lcd. *Pin* 10 dan 11 disambungkan dengan *pin* RW dan RS pada lcd. *Pin* 12 dan 13 di sambungkan dengan *pin* trig dan echo sensor ultrasonik. Sementara pada bagian analog *input*, *pin* A0 disambungkan dengan *pin* data modul akuisisi sensor *Electrical Conductivity*.

**3.3 Perancangan Hidroponik**

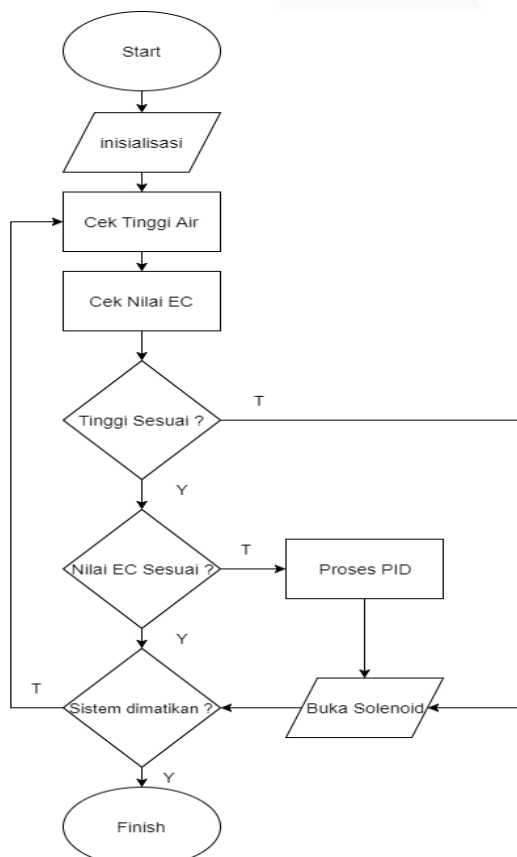
Sistem yang dirancang akan diimplementasikan langsung dalam hidroponik NFT. Detil yang digunakan pada Hidroponik NFT adalah: 1 set hidroponik NFT bentuk piramida, pompa listrik dengan kemampuan 1300 liter/jam, 1 buah greenhouse terbuat dari bambu dan plastik bening dengan ukuran 2 x 3 meter.



Gambar 3.2 Ilustrasi *greenhouse* pada hidroponik NFT

### 3.2. Perancangan Konsep Kerja Sistem

Sistem akan mengecek ketinggian air dan nilai EC yang terkandung dalam hidroponik. Kemudian hasil pembacaan akan disesuaikan dengan nilai yang sudah diberikan pada saat proses inialisasi. Jika nilai terbaca tidak sesuai dengan nilai yang diatur, maka sistem akan melakukan operasi PID untuk mengontrol nutrisi pada hidroponik. Hasil operasi PID akan dikirim ke aktuator sistem.



Gambar 3.3 *flowchart* kerja sistem

### 3.3 Proses Pemilihan parameter PID

Dalam pemilihan parameter PID perlu dilakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan nilai PID. Penentuan parameter dilakukan dengan memakai *hand tuning/trial and error*. Kelebihan dari metode ini tidak perlu memodelkan secara matematis dan mengidentifikasi plant, cukup hanya dengan melakukan beberapa percobaan dengan memberikan konstanta PID. Ada pun cara untuk melakukan metode ini

1. Langkah pertama yaitu berikan nilai konstanta proporsional terlebih dahulu, dan berikan nilai nol pada konstanta integratif dan derivatifnya.
2. Lalu tambahkan terus konstanta proporsional sampai keadaan stabil namun *Solenoid Valve* masih dalam keadaan osilasi yang berarti masih memiliki *overshoot* dan *undershoot*.
3. tambahkan konstanta *derivatif*, untuk meredam osilasi lalu amati keadaan sistem alat sampai stabil dan lebih responsif.
4. Jika *Solenoid Valve* sudah stabil, dan ingin membuktikan dengan cara mencoba menambahkan kontrol integratif tersebut, pastikan nilai yang diberikan sesuai, karena pemberian nilai integratif yang tidak sesuai akan mengakibatkan sistem *Solenoid Valve* tidak stabil
5. Verifikasi kembali sistem yang telah dibuat sampai mendapatkan hasil yang sesuai.

### 3.4 Pengujian Sensor Analog *Electrical Conductivity Meter*

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui seberapa baik atau layak dari sensor Analog EC meter. Pengujian ini menggunakan cara membandingkan nilai EC hasil pembacaan sensor EC digital yang dijual di pasaran dengan hasil pembacaan Nilai sensor Analog EC meter. Pada pengujian ini akan meliputi nilai dari EC sebesar 1 mS/cm sampai 4 mS/cm karena kebanyakan tumbuhan hanya membutuhkan nilai EC 1 mS/cm sampai 3 mS/cm saja.

Tabel 3.1 Data pengujian keakuratan Sensor Analog *Electrical Conductivity Meter*

No	Alat Ukur Primer (mS/cm)	Sensor EC (mS/cm)
1	1	1,02
2	1,13	1,09
3	1,25	1,27
4	1,32	1,35
5	1,41	1,45
6	1,44	1,46
7	1,38	1,42
8	1,51	1,54



9	1,47	1,52
10	1,62	1,66
11	1,69	1,72
12	1,72	1,76
13	1,88	1,93
14	1,92	1,95
15	2,12	2,3
16	2,34	2,34
17	2,56	2,56
18	2,44	2,48
19	2,47	2,5
20	2,61	2,67
21	2,85	2,88
22	2,97	2,99
23	3,02	3,2
24	3,15	3,19
25	3,22	3,22
26	3,34	3,38
27	3,55	3,55
28	3,46	3,49
29	3,64	3,67
30	3,75	3,77
31	3,82	3,85
32	3,91	3,92
33	4,02	4,05
34	4,15	4,17
35	4,22	4,25
36	4,15	4,24
37	4,19	4,23
38	4,25	4,22
39	4,32	4,34
40	4,36	4,37
41	4,41	4,41
42	4,54	4,56
43	4,5	4,55
44	4,61	4,63
45	4,44	4,46

Tabel 3.2 Hasil Uji F Antara Alat ukur Pengukuran Primer dengan Sensor EC

F-Test Two-Sample for Variances

	Alat Ukur Primer	Sensor EC Meter
Mean	2,936	2,968444444
Variance	1,395256364	1,388495253
Observations	45	45
df	44	44
F	1,00486938	
P(F<=f) one-tail	0,493609443	
F Critical one-tail	1,650934533	

Tabel 3.3 Hasil Uji T Antara Alat ukur Pengukuran Primer dengan Sensor EC

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	Alat Ukur Primer	Sensor EC Meter
Mean	2,936	2,968444444
Variance	1,395256364	1,388495253
Observations	45	45
Pooled Variance	1,391875808	
Hypothesized Mean Difference		0
df		88
t Stat	-0,130446178	
P(T<=t) one-tail	0,448255584	
t Critical one-tail	1,662354029	
P(T<=t) two-tail	0,896511168	
t Critical two-tail	1,987289865	

Dari pengujian seluruh nilai dapat dilihat bahwa kedua uji statistik menyatakan bahwa Hipotesis 0 dapat diterima. Dalam setiap pengujian digunakan  $\alpha = 0,05$ . Artinya kita dapat mempercayai 95% dari hasil pengujian terhadap dua kelompok data ini.

### 3.5 Pengujian Sensor Ultrasonik

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan pengukuran tinggi air secara manual menggunakan *tape measure* dengan pengukuran menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 hasil pengujian pada tabel 3.4

Tabel 3.4 Hasil pengujian sensor Ultrasonik

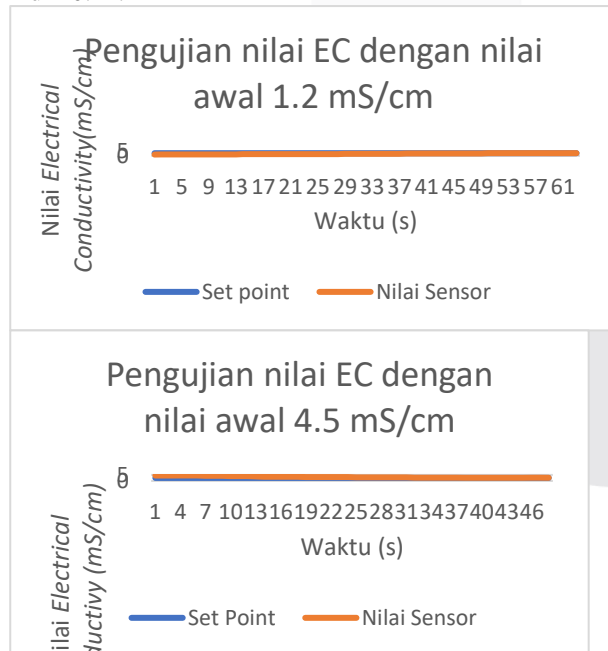
No	Tinggi (cm)	
	tape measure	Sensor Ultrasonik
1	8	8,11
2	9	9,11
3	10	10,09
4	15	15,38
5	17	17,48
6	18	18,29
7	20	19,74
8	22	22
9	24	23,44
10	26	25,99
11	27	27,18
12	30	30,19
13	33	33,1
14	35	35,2

15	36	36,06
16	39	39,15
17	40	39,97
18	41	41,5
19	42	41,91
20	44	44,25
21	46	46,65
22	48	48,01
23	49	49,2
24	50	50,2
25	52	51,8
26	55	54,86
27	57	56,15
28	60	58,57
29	63	62,8
30	65	64,9

Berdasarkan data pada Tabel. Dari penyajian data tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan antara hasil ukur sensor dengan hasil ukur manual hanya memiliki sedikit sekali perbedaan.

**3.6 Pengujian Logik PID**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membuktikan hasil *output* yang diberikan berdasarkan nilai PID yang telah dibuat yaitu  $K_p = 10$ ,  $K_i = 0.1$  dan  $K_d = 0.22$ .



Gambar 3.4 Hasil Pengujian Nilai EC dengan nilai awal 1.2 mS/cm dan 4.5 mS/cm

Pada percobaan ini dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian logik PID yang digunakan pada sistem telah sesuai dengan perancangan. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa Nilai EC telah sesuai dengan nilai *set point* yang diberikan tanpa adanya *overshoot*

namun tidak dapat mencapai *set point* hanya bisa sampai ke nilai 2,4 dan 2,6 mS/cm.

**3.7 Analisa Pengaruh Nilai EC Terhadap Tumbuhan Pakcoy**

Tumbuhan dengan penanaman secara hidroponik memiliki nilai EC yang berbeda-beda, nilai EC tersebut dapat berpengaruh pada daun, akar, dan tinggi tanaman. Pada penelitian ini penulis telah melakukan 5 kali percobaan secara paralel dengan memberikan nilai EC yang berbeda-beda pada tumbuhan Pakcoy. Nilai EC yang diberikan yaitu 1 mS/cm, 1,5 mS/cm, 2 mS/cm, 2,5 mS/cm dan 3 mS/cm. Hasil kesimpulan pada analisa dapat di lihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Rangkuman Analisa Pengaruh Nilai EC pada tanaman Pakcoy

No	Nilai EC (mS/cm)	Jumlah Daun	Panjang Akar (cm)	Diamater Daun (cm)	Tinggi Tanaman (cm)	Umur tanaman (hari)
1	1	12	1	4	14	30
2	1,5	16	12	7,5	15	30
3	2	16	12	9,5	20	30
4	2,5	17	2	10	15	30
5	3	15	23	8	15	30

Berdasarkan Tabel 3.5 penulis dapat menyimpulkan bahwa nilai EC yang paling bagus untuk tanaman Pakcoy adalah 2,5 mS/cm. Hal ini dibuktikan dari jumlah daun yang lebih banyak dan diameter daun yang paling lebar serta tinggi tanaman.

**4. Kesimpulan dan Saran**

**4.1 Kesimpulan**

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian dan analisis dari pengontrol nutrisi pada hidroponik NFT dengan fuzzy logic:

1. PID logik yang dirancang dengan nilai  $K_p = 10$ ,  $K_i = 0,1$  dan  $K_d = 0,22$  telah berhasil diimplementasikan pada sistem dan menghasilkan nilai sesuai dengan *set point* yang bernilai 2,5 mS/cm namun nilai masih dalam rentang 2,4 mS/cm sampai 2,6 mS/cm
2. Analog EC Meter yang digunakan dapat membaca nilai EC dengan baik dari rentang nilai 1 - 4. Hasil pengukuran alat ini 95% dapat dipercaya berdasarkan uji F dan Uji T yang telah dilakukan.
3. Sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mengukur tinggi air dengan baik pada nilai yang dijadikan *set point*.
4. Pengontrolan nilai EC memiliki berpengaruh terhadap tanaman Pakcoy terhadap jumlah daun, lebar daun dan tinggi tanaman. Hasil nilai EC yang paling bagus untuk tanaman Pakcoy adalah 2,5 mS/cm.

**4.2 Saran**

Pengembangan yang dapat dilakukan untuk mengembangkan tugas akhir ini adalah:

1. Penambahan sensor sebagai tambahan tolak ukur agar sistem dapat meningkatkan ketelitian pengontrolan.
2. Penambahan alat untuk membantu pencampuran nutrisi pada wadah hidroponik agar waktu pengontrolan lebih cepat dapat menggunakan pompa air.
3. Untuk melakukan perkembangan dan memperbaiki dalam pengontrolan nutrisi sebaiknya menggunakan metode yang lain seperti *Fuzzy Logic* dan *Neuron Network*.

[11] "www.insinyoer.com" (2015). Prinsip Kerja Solenoid Valve  
<http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-solenoid-Valve/>, diakses pada tanggal 17 Desember 2016.

[12] Ang, K. a. (2015). PID Control System Analysis, Design,. IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, 559 - 570.

### Daftar Pustaka

- [1] "www.bps.go.id"  
<https://st2013.bps.go.id/dev2/index.php>, diakses pada tanggal 10 oktober 2017
- [2] "www.bps.go.id"  
<https://www.bps.go.id/site/resultTab>, diakses pada tanggal 10 oktober 2017
- [3] Suryani, Reno. (2015). Hidroponik Budi Daya Tanaman Tanpa Tanah Mudah, Bersih, dan Menyenangkan. Yogyakarta: ARCitra.
- [4] Widayati, Sri. (2010). Pengertian dan Penjelasan Tanaman Hidroponik. <http://www.g-excess.com/pengertian-dan-penjelasan-tanaman-hidroponik.html>, diakses pada tanggal 20 Mei 2015.
- [5] Mairusmianti. (2011). Pengaruh konsentrasi pupuk akar dan pupuk daun terhadap pertumbuhan dan produksi bayam (*Amaranthus hybridus*) dengan metode Nutrient Film Technique (NFT) [skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [6] Roberto K. (2003). How To Hydroponic. New York (US): Futuregarden Inc. Ed-ke 4.
- [7] Sutiyo Y. (2008). Hidroponik ala Yos. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- [8] "www.arduino.cc", Arduino / Genuino UNO. <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, diakses pada tanggal 10 Oktober 2017.
- [9] DFrobot. (2017, 5 3). Analog EC Meter SKU:DFR0300. Retrieved from Use The EC Meter:  
<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [10] indonesia, k. (2017, 3 6). Solenoid Valve pneumatic itu apasih. Retrieved from Kitoma Indonesia: <http://www.kitomaindonesia.com>