

PENGARUH KONTROL NUTRISI DENGAN MENGGUNAKAN *PROPORTIONAL INTEGRAL ZIEGLER NICHOLS* TERHADAP PRODUKSI SELADA DENGAN TEKNIK HIDROPONIK NFT

THE IMPACT OF NUTRITION CONTROL USING PROPORTIONAL INTEGRAL ZIEGLER NICHOLS ON LETTUCE PRODUCTION USING NFT HYDROPONIC TECHNIQUE

Nurul Insyani¹, M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si.², Ahmad Qurthobi, M.T.³

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

¹nurulinsyani9@gmail.com ²Jakasantang@gmail.com ³qurthobi@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri yang semakin maju banyak yang menggeser lahan pertanian, terlebih di daerah sekitar perkotaan. Salah satu metode yang cocok untuk keadaan tersebut adalah Hidroponik dimana merupakan metode bercocok tanam dengan menggunakan air sebagai medianya. Kebutuhan air dan nutrisi merupakan hal yang paling utama untuk sistem hidroponik. Dengan menggunakan Alat ukur *Total Dissolved Solid (TDS)* dapat mengukur jumlah padatan-padatan yang terlarut dalam air. Pengukuran nutrisi hidroponik adalah suatu hal yang mutlak dan sifatnya sangat penting. Salah satu yang sering dibudidayakan pada sistem hidroponik adalah Selada (*Lactuca Sativa*) yang menggunakan teknik hidroponik *Nutrient Film Technique (NFT)* dan kontroler PI yang dapat meminimalkan error steady state dan mempercepat respon untuk mencapai keadaan yang stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem kontrol pada hidroponik NFT tanaman selada dengan menggunakan *Proportional Integral Derivative Ziegler Nichols*. Masukan nilai PI untuk sistem dengan menggunakan pengontrolan yaitu $K_p = 2.89$, $K_i = 0.06$ dan $K_d = 0$ dengan mengatur set point sebesar 840 PPM dan menghasilkan nilai error sebesar 14,47%. Pada penelitian ini dibuat dua buah sistem hidroponik, yaitu sistem yang menggunakan pengontrolan PI dan sistem tanpa pengontrolan. Hasil monitoring setiap hari pada tanaman selada tanpa menggunakan pengontrolan PI yaitu rata-rata penambahan lebar daun sebesar 0.0915 cm, panjang daun 0.2025 cm, jumlah daun 0.198 cm, dan warna daun 0.0362 cm, dengan hasil panen selama 40 hari menghasilkan rata-rata panjang akar 8,64 cm, menghasilkan rata-rata jumlah daun sebanyak 11,27 dan mempunyai bobot rata-rata sebesar 31,18 gram. Sedangkan hasil monitoring setiap hari dengan menggunakan pengontrolan PI pada tanaman selada yaitu rata-rata lebar daun sebesar 0.0961 cm, panjang daun sebesar 0.1957 cm, jumlah daun sebesar 0.182 cm dan warna daun sebesar 0.0015, dengan hasil panen selama 37 hari menghasilkan nilai rata-rata Panjang akar sebesar 6,83 cm, Jumlah daun sebanyak 11 dan bobot basah total sebesar 22,71 gram.

Kata kunci: Hidroponik, Kontrol PI, Tanaman Selada.

Abstract

The growth of the industry that more advanced, replaces the agricultural land, and more in urban areas. There is one method that suits the condition is Hydroponic, which one of the planting methods using water as a media. The needs of water and nutrition are the importing things for the hydroponic system. Using the measurement tools, *Total Dissolved Solid (TDS)* that measure the number of solid that dissolved in water. The measurement of hydroponic nutrition is an absolute thing and very important. One that is often cultivated on a hydroponic system is lettuce (*Lactuca Sativa*) that using a hydroponic technique *Nutrient Film Technique (NFT)* and PI control that minimizes steady-state error and faster response to reach a steady-state. This research aims for knowing the control system on a hydroponic NFT on planting lettuce using *Proportional Integral Derivative Ziegler Nichols*. The input of PI value for a system using control is $K_p = 2.89$, $K_i = 0.06$ and $K_d = 0$ with setpoint is 840 PPM and obtain error value as 14,47%. In this research, there are two hydroponic systems, that are a system using PI control and without control. The result of monitoring in every day on lettuce without PI control is increasing the average of leaf width is 0.0915 cm, leaf length is 0.2025 cm, the number of leaves is 0.198 cm, and leaf color is 0.0362 cm, with the day of harvest during 40 days, produce an average of root length is 8,64 cm, average number of the leaves is 11,27 and average weight is 31,18 g. While the result of everyday monitoring using PI control on lettuce plant is, average of leaf width is 0.0961 cm, leaf length is 0.1957 cm, number of the leaves is 0.182 cm and leaf color is 0.0015, with the result of harvest during 37 days produce average root length is 6.83 cm, number of leaf is 11 and wet weight total is 22.71 g.

Keywords: Hydroponics, PID Control, Lettuce Plants *pellets*.

1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan industri semakin maju dengan pesat. Perkembangan tersebut banyak yang menggeser lahan pertanian, terlebih di daerah sekitar perkotaan. Akibatnya, lahan pertanian semakin sempit. Di sisi lain, kebutuhan akan hasil pertanian semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Salah satu jalan keluar yang dapat ditempuh adalah dengan meningkatkan produktivitas tanaman. Dapat dilakukan dengan cara Hidroponik. Hidroponik adalah metode bercocok tanam dengan menggunakan air sebagai medianya. Dengan demikian, pada tanaman hidroponik keberadaan tanah sebenarnya tidak menjadi hal yang utama melainkan yang menjadi sumber makanan bagi tanaman yaitu air yang ditambahkan nutrisi[1].

Dengan menggunakan alat ukur *Total Dissolved Solid* (TDS) dapat mengukur kepekatan larutan nutrisi hidroponik atau dengan kata lain konsentrasi larutan nutrisi[3]. Pengukuran nutrisi hidroponik adalah suatu hal yang mutlak dan sifatnya sangat penting. Konsentrasi ion di dalam larutan berbanding lurus dengan daya hantar listriknya. Semakin banyak ion mineral yang terlarut, maka akan semakin besar kemampuan larutan tersebut untuk menghantarkan listrik. Salah satu yang sering dibudidayakan pada sistem hidroponik adalah Selada (*Lactuca Sativa*). Untuk pembudidayaan tanaman Selada pada metode hidroponik, yang menggunakan teknik hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) .Sistem ini dapat terus menerus mengalirkan nutrisi yang terlarut dalam air sehingga tidak memerlukan timer untuk pompanya[4]. Dengan menggunakan kontroler PID dapat meminimalkan error steady state dan mempercepat respon untuk mencapai keadaan yang stabil selain itu juga mampu memberikan aksi kepada *Control Valve* berdasarkan besar error yang diperoleh. Selain itu, untuk memaksimalkan pemanfaatan nutrisi parameter lain yang harus diperhatikan adalah pengontrolan volume larutan nutrisi sisa[5]. Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan sistem kontrol PID yang ditala dengan logika fuzzy untuk mengontrol kadar pH dan EC dari larutan nutrisi pada hidroponik NFT untuk Butterhead lettuce. Hasil pengujian menunjukkan bahwa larutan nutrisi yang terkontrol ini memberikan hasil tanaman, jumlah daun, kandungan nitrogen dan kandungan massa yang lebih baik dibanding dengan sistem hidroponik dengan larutan yang sama tetapi tanpa pengontrolan pH dan EC[6].

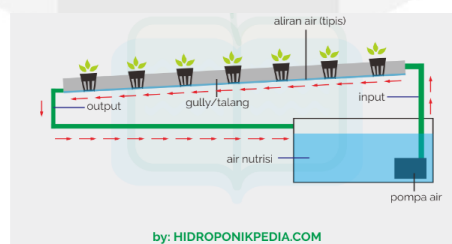
Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dibuat sistem kontrol TDS pada sistem hidroponik NFT dengan metode *Proportional Integral* (PI) yang cocok untuk respon yang lambat dan mampu memecahkan masalah-masalah yang tidak dapat dipecahkan dengan metode komputasi konvensional dan dapat digunakan dengan mudah oleh petani hidroponik. Pada penelitian ini yang posisi pengontrolan diletakkan pada ruang terbuka agar pertumbuhannya bisa mendapatkan sinar matahari dan dapat menghasilkan produksi tanaman yang baik dan sempurna.

2. Dasar Teori

2.1 Hidroponik

Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman dengan memanfaatkan air dan tidak menggunakan tanah (humus) sebagai media tanam atau *soilles*[7]. NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan metode budidaya tanaman dimana akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi sehingga memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi dan oksigen[10]. Pada penulisan proposal ini juga akan menerapkan sistem NFT ini pada tanaman selada. Dalam teknik NFT ada dua hal yang harus diperhatikan agar penyerapan nutrisi dan oksigen untuk tanaman berlimpah, yaitu:

1. Kemiringan talang tempat mengalirnya larutan nutrisi ke bawah harus benar-benar seragam[12].
2. Kecepatan aliran yang masuk tidak boleh terlalu cepat, disesuaikan dengan kemiringan talang[12].



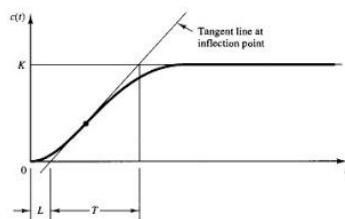
Gambar 1. Skema Sederhana Sistem Hidroponik NFT [5]

Pengukuran nutrisi hidroponik adalah suatu hal yang mutlak dan sifatnya sangat penting. Total Dissolved Solids atau disingkat TDS. Arti dari TDS adalah “benda padat yang terlarut” yaitu semua

mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Termasuk semua yang terlarut diluar molekul air murni (H₂O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion didalam air. TDS terukur dalam satuan Parts per Million (ppm) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air. [13].

2.2 Proportional Integral Derivative (PID)

Pengontrol PID adalah pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada Control Valve berdasarkan besar error yang diperoleh. Control valve akan menjadi aktuator yang mengatur aliran fluida dalam proses industri yang terjadi Level air yang diinginkan disebut dengan Set Point. Error adalah perbedaan dari Set Point dengan level air aktual. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant[15]. PID merupakan sistem yang saling melengkapi dimana P nya sendiri dapat memperbaiki respon transien seperti rise time, dan settling time dimana memiliki error steady state. I disini berperan untuk menghilangkan error steady state dari P, sedangkan D akan memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi sehingga bisa memperbesar pemberian nilai Kp. Adapun metode yang digunakan dalam pengontrolan PID tersebut yaitu dengan menggunakan Kontrol PID Ziegler Nichols.[16]. Metode ini merupakan metoda tuning PID controller untuk menentukan nilai proportional gain Kp, integral time Ti, dan derivative time Td berdasarkan karakteristik respon transient dari sebuah plant atau sistem. Metode ini akan memberikan nilai overshoot sebesar 25% pada step response.[16].Nilai PID diperoleh dari hasil percobaan dengan masukan unit-step, hasilnya nanti akan terbentuk kurva berbentuk huruf S. Jika kurva ini tidak terbentuk maka metoda ini tidak bisa diterapkan. Kurva bentuk S memiliki karakteristik dengan 2 buah konstanta, yaitu waktu tunda L dan time constant T. Berikut pendekatan fungsi transfer dalam first order dan penentuan parameter PID.



Gambar 2. Penentuan parameter L dan T

Tabel 1. Penentuan parameter PID

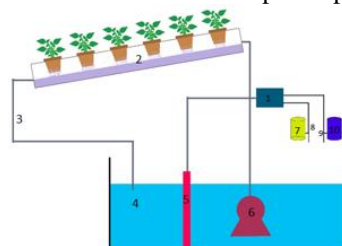
Type of Controller	Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0.5L

2.3 Selada

Selada (*Lactuca sativa* L) merupakan salah satu komoditi hortikultura yang memiliki prospek dan nilai komersial yang cukup baik[18]. Tanaman selada membutuhkan lingkungan tempat tumbuh yang beriklimdingin dan sejuk, yakni pada suhu udara antara 15-20°C. Di daerahyang suhu udaranya tinggi (panas), tanaman selada tipe kubis (berkrop) akan gagal membentuk krop. Persyaratan iklim lainnya adalah faktor curah hujan.Tanaman selada tidak ataukurang tahan terhadap hujan lebat. Oleh karena itu, penanaman seladadianjurkan pada akhir musim hujan[19].

3. Metodologi Penelitian

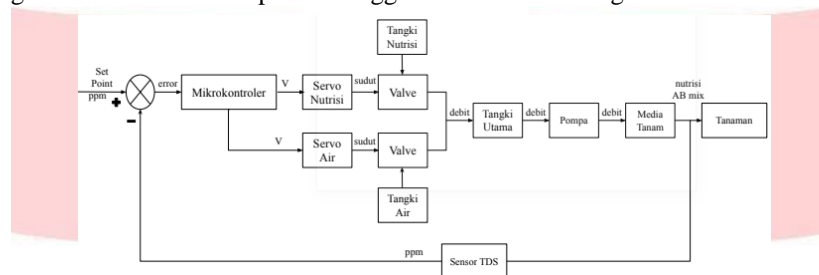
Pada penulisan tugas akhir ini, sistem hidroponik yang digunakan yaitu *Nutrient Film Technique* (NFT) seperti pada gambar 4. Dimana akan dibuat dua buah sistem yang berbeda yaitu sistem dengan pengontrolan dan sistem tanpa pengontrolan. Pada tiap sistem terdapat sebuah penampung dengan ukuran 30liter, dari bak penampungan akan di pompa ke talang hidroponik yang didesain miring 15 derajat dan sudah terdapat tanaman selada yang dipasang pada netpot dengan jumlah 12 tanaman pada masing-masing sistem dan akan diletakkan pada lubang-lubang talang dengan jarak 20 cm. Setelah melalui talang hidroponik nutrisi tersebut kembali ke bak penampungan.



Gambar 3. Rancangan Kompor

Pada bak penampung terdapat sensor TDS yang akan mengontrol tingkat kepekatan nutrisi terhadap tanaman selada secara otomatis dengan mengirimkan datanya ke controller, dimana tingkat kepekatan nutrisi pada tanaman selada yaitu 560-840 ppm.

Saat kondisi kepekatan pada bak penampung tidak sesuai dengan set point, maka controller akan memerintahkan motor servo yang dikopel pada valve nutrisi dan valve air untuk akan membuka atau menutup. Jika tingkat kepekatan kurang dari set point maka servo valve pada bak air terbuka. Nilai kepekatan yang akan dibaca oleh sensor yang terpasang pada bak penampungan akan menurun. Proses penaikan kepekatan nutrisi akan berdasarkan pada bukaan valve nutrisi yang bergantung pada durasi lamanya valve terbuka. Durasi ini dikontrol oleh PI yang sudah tertanam di dalam controller. Adapun diagram blok sistem hidroponik menggunakan control sebagai berikut



Gambar 4. Diagram Blok Hidroponik NFT menggunakan kontrol

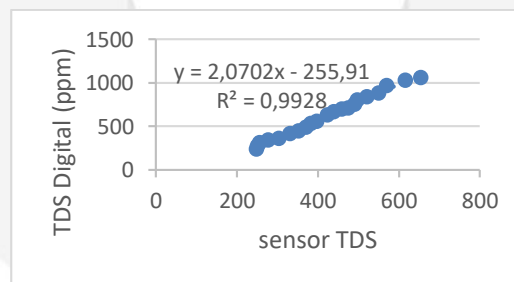
Berdasarkan pada diagram blok di atas, set point merupakan nilai Parts per Million (ppm) yang digunakan berdasarkan jenis tumbuhan yang akan ditanam. Tujuan sistem ini untuk menstabilkan nilai TDS pada wadah nutrisi hidroponik agar tetap di rentang tersebut.

Sistem kendali PI ini digunakan untuk mengatur berapa besaran putaran pada valve dan seberapa lama pembukaan servo agar dapat mengembalikan nilai Parts per Million (ppm) seperti set point yang telah di atur sejak awal.

3.1 Pembahasan

3.1.1 Hasil Kalibrasi

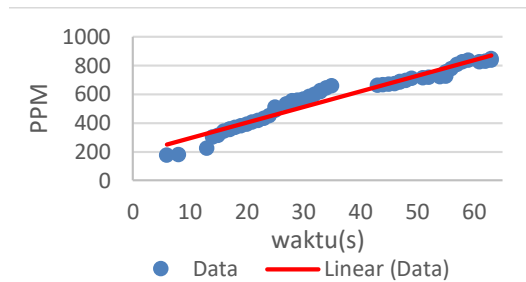
Pada tugas akhir ini dilakukan beberapa kali proses kalibrasi yang bertujuan untuk mengetahui seberapa baik atau layak sensor dan servo yang digunakan. Pada proses kalibrasi sensor tersebut menggunakan cara perbandingan nilai TDS hasil pembacaan sensor TDS digital yang di jual dipasaran dengan pembacaan nilai sensor analog TDS meter. Gambar 5 menunjukkan hasil kalibrasi sensor. Dari proses kalibrasi teramati bahwa sensor mendekati linier sehingga untuk memodelkan nilai sensor analog TDS terhadap sensor TDS digital yang terbaca digunakan metode pendekatan regresi linear.



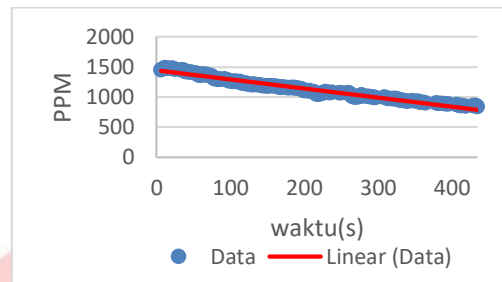
Gambar 5. Kalibrasi Sensor TDS

Pada kalibrasi servo dilakukan 2 proses karakterisasi yaitu karakterisasi aktuator naik dan karakterisasi aktuator turun, dimana aktuator naik adalah aktuator yang digunakan untuk menaikkan kepekatan nutrisi. Pada tugas akhir ini digunakan satu buah valvel servo yang berfungsi untuk mengalirkan nutrisi. Tingkat kepekatan nutrisi pada penampung tidak langsung seketika naik dengan cepat sehingga jika sudut pada servo di atur cukup besar maka akan berkemungkinan besar terjadi overshoot. Untuk menanggapi hal tersebut, maka sudut pada servo di atur sedemikian sehingga menghasilkan bukaan servo yang cukup kecil. Dengan bukaan servo yang cukup kecil diharapkan proses pencampuran terjadi secara perlahan sehingga kemungkinan terjadinya overshoot tinggi dapat dihindari. Sedangkan pada actuator turun adalah aktuator yang ketika diaktifkan akan menurunkan tingkat kepekatan nutrisi pada bak penampung. Aktuator ini di perlukan ketika tingkat kepekatan nuturi pada bak penampung lebih tinggi dari set point yang telah di tentukan sebelumnya. Pada sistem

hidroponik, cara untuk menurunkan tingkat kepekatan nutrisi yaitu dengan menambahkan air pada bak penampung sehingga tingkat kepekatan nutrisinya menurun atau sesuai dengan set point. Berikut gambar menunjukkan hasil dari aktuator naik dan aktuator turun.



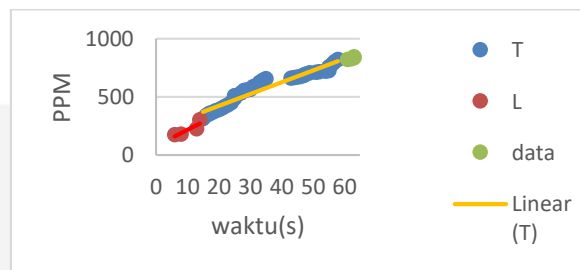
Gambar 6. Karakterisasi aktuator naik



Gambar 7. Karakterisasi aktuator naik

3.1.2 Desain Sistem Kontrol PI

Pada desain sistem kontrol PI ini menggunakan metode *Ziegler-Nichols* tipe 1 dimana biasanya digunakan untuk sistem yang responnya lambat. Dalam metode ini digunakan sistem *open loop*. Masukan diberi *input step* sehingga respon *open loop* terbentuk seperti pada kurva S. Dari respon *open loop* yang dihasilkan, parameter-parameter *Ziegler-Nichols* tipe 1 (L dan T) dapat ditentukan. Proses desain menentukan parameter L dan T ditunjukkan pada gambar Gambar berikut ini.



Gambar 8. Proses Desain Penentuan Parameter L dan T

Parameter L yang didapatkan adalah 14 dan parameter T adalah 45. Setelah paramtere L dan T didapatkan, nilai-nilai K_p , T_i dan T_d bisa dicari dengan menggunakan rumus-rumus parameter PI untuk metode ZN tipe 1. Setelah mendapatkan nilai K_p , T_i , dan T_d selanjutnya dapat menghitung nilai K_p , K_i , dan K_d untuk menjalankan kontrol PI pada sistem hidroponik. Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan PID.

Tabel 2. Hasil perhitungan K_p , T_i , T_d

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L} = 3.21$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L} = 2.89$	$\frac{L}{0.3} = 46.6$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L} = 3.85$	$2L = 28$	$0.5L = 7$

Tabel 3. Hasil perhitungan K_p , K_i , K_d

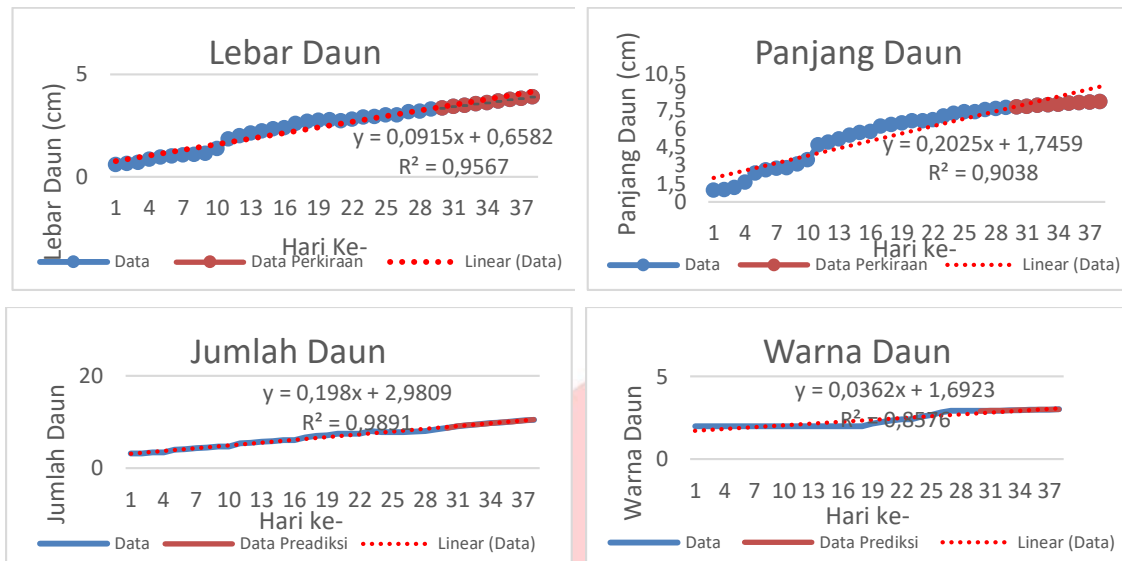
Type of Controller	K_p	K_i ($\frac{K_p}{T_i}$)	K_d ($K_p \times T_d$)
P	3.21	0	0
PI	2.89	0.06	0
PID	3.85	0.137	26.95

3.1.3 Hasil

Pada tugas akhir ini terdapat dua buah sistem yang berbeda yaitu sistem dengan pengontrolan dan sistem tanpa pengontrolan, yang bertujuan untuk membandingkan hasil pertumbuhan tanaman setiap harinya dan hasil panen akhir pada kedua sistem hidroponik tersebut.

3.1.3.1. Sistem Tanpa Kontrol

Pada sistem ini terdapat parameter yang telah dimonitoring setiap hari yaitu lebar daun, panjang daun, jumlah daun, dan warna daun. Gambar 4.5 menunjukkan hasil monitoring selama 38 hari.



Gambar 9. Hasil pengambilan data setiap hari tanpa menggunakan kontrol

Hasil monitoring pada sistem hidroponik NFT tanpa menggunakan kontrol tersebut menghasilkan rata-rata penambahan lebar daun sebesar 0.0915 cm, panjang daun 0.2025 cm, jumlah daun 0.198 cm, dan warna daun 0.0362 cm setiap harinya. Untuk lebar daun dan panjang daun diukur menggunakan penggaris, sedangkan pengukuran pada warna daun menggunakan Bagan Warna Daun (BWD). Masa panen dilakukan di hari ke 40 dimana tanaman selada tersebut dinyatakan siap panen. Berikut table yang menunjukkan hasil panen.

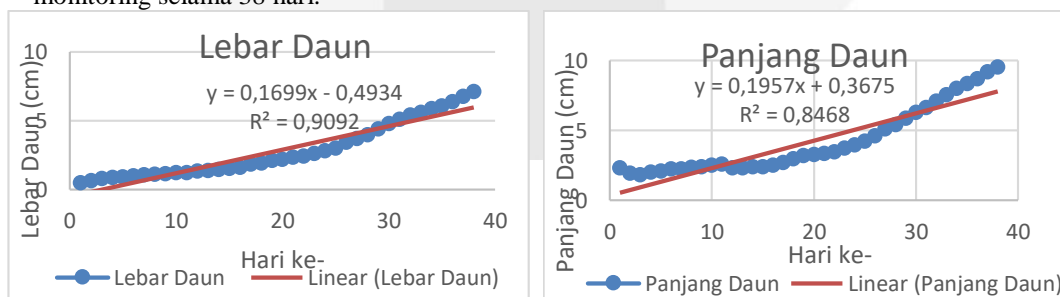
Tabel 4. Hasil Panen Selada Tanpa Menggunakan Kontrol

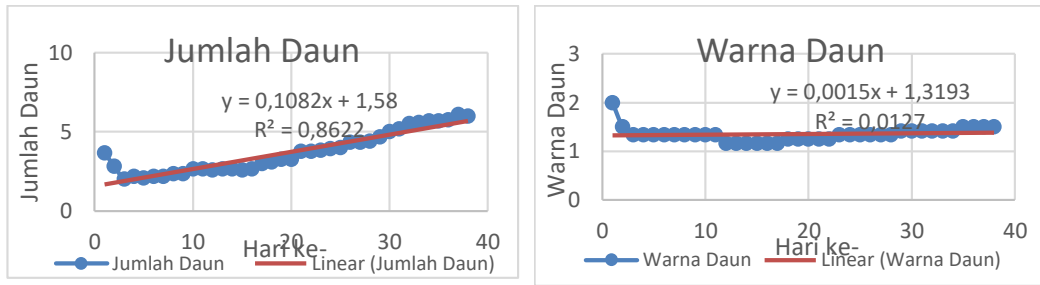
Parameter yang diukur	Tanaman												Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Panjang Akar (cm)	9	8	9	11	13	8	7	-	10	7	6	7	8.64
Jumlah Daun	12	11	12	11	11	11	10	-	11	10	12	13	11.27
Bobot Basah Total (gram)	27	32	35	35	32	25	31	-	35	25	29	37	31.18

Pada hasil panen tersebut dapat dinyatakan bahwa rata-rata panjang akar tanaman selada menghasilkan 8.64 cm, menghasilkan rata-rata jumlah daun sebanyak 11,27 dan mempunyai bobot rata-rata sebesar 31,18 gram. Pada tanaman ke 8 terjadi pembusukan dan mengakibatkan tanaman mati di hari ke 34.

3.1.3.2. Sistem Menggunakan Kontrol

Parameter yang telah dimonitoring setiap hari dengan menggunakan sistem kontrol yaitu lebar daun, panjang daun, jumlah daun, dan warna daun. Gambar berikut menunjukkan hasil monitoring selama 38 hari.





Gambar 10 Hasil pengambilan data setiap hari dengan menggunakan kontrol

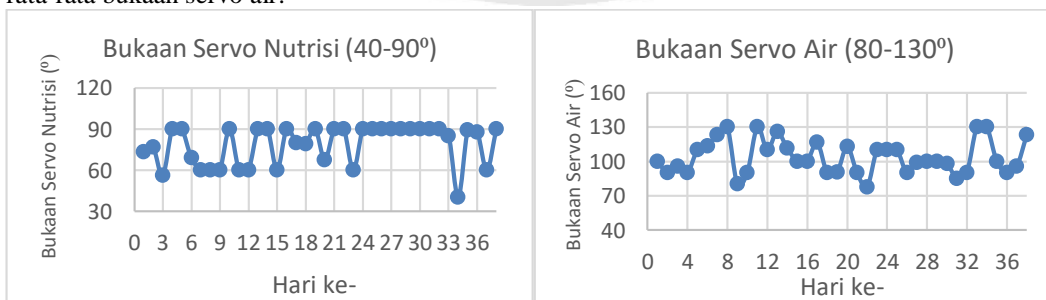
Untuk lebar daun menghasilkan penambahan nilai rata-rata yang cukup baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak menggunakan kontrol. Hal itu ditunjukkan pada hasil monitoring tersebut yang menghasilkan penambahan nilai rata-rata lebar daun sebesar 0.0961cm, pajang daun sebesar 0.1957 cm, jumlah daun sebesar 0.182cm dan warna daun sebesar 0.0015 disetiap harinya. Pada proses pengukuran setiap hari terdapat beberapa tanaman yang mati pada hari kedua dan seterusnya dikarenakan cuaca yang kurang menentu dan kurang baik untuk pertumbuhan tanaman selada. Setelah melakukan pengukuran tanaman selada selama 38 hari selanjutnya dilakukan masa panen. Masa panen juga dilakukan di hari ke 38 dikarenakan terjadi cuaca ekstrim yang mengakibatkan sistem pada tanaman hidroponik hancur dan tidak bisa melanjutkan pengukuran. Adapun parameter yang dianalisis saat masa panen adalah Panjang Akar, jumlah daun, dan bobot basah total.

Tabel 5. Hasil Panen Selada dengan menggunakan control

Parameter yang diukur	Tanaman												Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Panjang Akar (cm)	8	-	8.5	-	6.3	-	-	7.3	10	-	5.3	2	6.83
Jumlah Daun	13	-	12	-	12	-	-	13	11	-	10	6	11
Bobot Basah Total (gram)	24	-	25	-	29	-	-	30	28	-	13	10	22.71

Pada hasil panen tersebut menghasilkan nilai rata-rata Panjang akar sebesar 6,83 cm, Jumlah daun sebanyak 11 dan bobot basah total sebesar 22,71 gram. Nilai tersebut menunjukkan hasil panen tanaman selada dengan menggunakan sistem kontrol kurang baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan sistem kontrol, dikarenakan masa panen yang dilakukan terlalu cepat dan kondisi lingkungan yang berbeda dengan sistem hidroponik tanpa menggunakan kontrol. Pada masa tanam hingga masa panen di lakukan pada tanggal 11 November 2019 sampai dengan 18 Desember 2019 dan pada masa itu terjadi musim hujan. Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya kriteria iklim yang cocok untuk pertumbuhan tanaman selada yaitu tanaman tersebut peka terhadap hujan, kelembapan tinggi, dan air yang menggenang. Kondisi tersebut menyebabkan tanaman mudah terkena penyakit dan itu yang menyebabkan pertumbuhan tanaman yang kurang baik.

Pada tugas akhir ini juga menghasilkan rata-rata bukaan servo air dan nutrisi yang berfungsi untuk mengalirkan air atau nutrisi sehingga bisa menaik atau menurunkan konsentrasi kandungan nutrisi hidroponik. Sesuai dengan hasil karakterisasi servo pada bukaan servo nutrisi dimulai dari 40 derajat hingga 90 derajat, sedangkan bukaan pada servo air dimulai dari 80 derajat hingga 130 derajat. Berikut Gambar 11 menunjukkan hasil rata-rata bukaan servo nutrisi dan hasil rata-rata bukaan servo air.



Gambar 11. Rata-rata bukaan servo air dan nutrisi

Sering kali terjadi kekosongan pada tabung nutrisi dan tabung air pada sistem pengontrolan hidroponik dikarenakan adanya kelalaian pengguna yang tidak melakukan pengisian pada kedua tabung tersebut. Seperti pada hari ke 24-25, 27-30, 32-33 terjadi kekosongan pada tabung sehingga tidak melakukan pengisian atau penambahan nutrisi dikarenakan servo tidak mengalirkan larutan nutrisi, hal itu juga terjadi pada tabung air pada hari ke 34 terjadi kekosongan dan tidak dapat melakukan penambahan air jika konsentrasi nutrisi lebih dari set-point.

4. Simpulan dan Saran

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

1. Kontrol PID dengan nilai $K_p= 2.89$, $K_i=0.06$ dan $K_d= 0$ telah berhasil diimplementasikan pada sistem hidroponik NFT dan menghasilkan nilai sesuai dengan *set point* yang bernilai 840 ppm namun nilai masih dalam rentang 838 ppm sampai 843 ppm.
 2. Sistem kontrol PID yang digunakan memiliki nilai error pada pembacaan PPM dengan rata-rata sebesar 14,47%.
 3. Pertumbuhan tanaman selada Hidroponik NFT tanpa menggunakan kontrol menunjukkan hasil yang optimal dan memiliki kualitas tanaman yang bagus.
 4. Pertumbuhan tanaman pengontrolan nilai TDS dengan menggunakan PI pada sistem Hidroponik NFT menunjukkan hasil yang tidak optimal dikarenakan terjadinya perubahan cuaca yang ekstrem.
- Adapun beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:
1. Penambahan sensor ultrasonik agar level air pada bak penampung tidak meluap.
 2. Mengganti ukuran bak penampung air menjadi lebih besar agar tidak terlalu sering melakukan pengisian ulang.
 3. Sebaiknya bisa menempatkan sistem pada kondisi yang tidak terpengaruh oleh cuaca buruk.
 4. Untuk melakukan perkembangan dan memperbaiki dalam pengontrolan nutrisi sebaiknya menggunakan metode yang lain seperti *Fuzzy Logic* dan *Neuron Network*.

Daftar Pustaka

- [1] Daquagrotechno. (2016, Sept. 16). Mengapa Harus Hidroponik?. [online].
- [2] azzamy. (2016, february. 5). Tentang TDS Meter, EC Meter dan PH Meter. Available: <https://mitalom.com/tentang-tds-meter-ec-meter-dan-ph-meter/>
- [3] WN, Bayu. (2017, Oct. 19). Inilah Kelebihan dan Kekurangan Sistem Hidroponik NFT. Hidroponikpedia: Yogyakarta. [online]. Available: <http://hidroponikpedia.com/tentang-kami/>
- [4] Beni Akbar, Faizal et al. "Pengontrolan Nutrisi pada Sistem Tomat Hidroponik Menggunakan Kontroler PID". EECIS Vol. 10, No. 1, Bulan Juni 2016
- [5] Joeliyanto, E et al. "Pengembangan Sistem Kontrol Pid Dengan Penalaan Berbasis Logika Fuzzy Untuk Pengontrolan Ph Dan Ec Pada Hidroponik Nft Lettuce". SIK'2003. Bandung. Juli 2003.
- [6] Khair, Abu Aisyah. Pengertian, Jeni dan Keuntungan Menanam Tanaman Hidroponik. [online]. Available: <https://berkahkhair.com/tanaman-hidroponik/>
- [7] Chadirin, Yudi. Pelatihan Aplikasi Teknologi Hidroponik Untuk Pengembangan Agribisnis Perkotaan. Pusat Pengkajian Dan Penerapan Ilmu Teknik Untuk Pertanian Tropika (CREATA) Lembaga Penelitian- Institut Pertanian Bogor. Bogor (2001).
- [8] Prabowo, Randhy Novianto. Perancangan Kontrol Kadar Keasaman Menggunakan Hybrid Fuzzy Pid Pada Sistem Hidroponik Untuk Pertumbuhan Tomat. Telkom University. Bandung. 2017.
- [9] Pertiwi, Asa Mulia. (2017, 21 Agustus). Alat Pengukur Total Dissolved Solid (Tds) Larutan Berbasis Mikrokontroler Atmega16. Diperoleh 21 oktober 2019, dari <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/13904>
- [10] azzamy. (2016, 5 february). Tentang TDS Meter, EC Meter dan PH Meter. Diperoleh 21 oktober 2019, dari <https://mitalom.com/tentang-tds-meter-ec-meter-dan-ph-meter/>
- [11] Ekapermanaputra. (2013, November. 21). PID (Proportional-Integral Derivative) Controller. [online]. Available: <https://putraekapermana.wordpress.com/2013/11/21/pid/>
- [12] Nazaruddin., 2003. Budidaya dan Pengaturan Panen Sayuran Dataran Rendah. Penebar Swadaya, Jakarta.
- [13] Ram8519, Brigadier., 2019. Syarat Tumbuh Tanaman Selada 1 Iklim A Tanaman. Available: <https://www.coursehero.com/file/p8mgjs/B-Syarat-Tumbuh-Tanaman-Selada-1-Iklim-a-Tanaman-selada-membutuhkan-lingkungan/>

