

Pengembangan Sistem Otomatisasi pH Larutan Nutrisi pada Hidroponik Sistem DFT (*Deep Flow Technique*) Berbasis IOT

The Development of an Automated pH Nutrient Solutions System for Hydroponic using IoT in Deep Flow Technique (DFT) Environments

Renny Eka Putri*, Afifah Khainur, Andasuryani

Jurusan Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas,
Jalan Limau Manis-Padang 25163, Sumatra Barat, Indonesia

*Penulis korespondensi: Renny Eka Putri, Email: rennyekaputri@ae.unand.ac.id

Submisi: 17 Desember 2021; Revisi: 13 Mei 2022, 9 September 2022, 16 Oktober 2022;
Diterima: 4 November 2022

ABSTRAK

Hidroponik merupakan teknik budidaya di bidang pertanian yang sesuai dengan keadaan saat ini, terutama di Indonesia dimana lahan pertanian semakin menyusut akibat ekspansi industri. Teknik budidaya ini menggunakan air sebagai media tanam dan efektif pada lahan terbatas. Meskipun hidroponik meminimalkan perawatan yang dibutuhkan tanaman, pemantauan rutin terhadap larutan nutrisi tetap penting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian larutan nutrisi hidroponik DFT berbasis Internet of Things (IoT) pada kangkung. Sistem kendali yang digunakan adalah sensor pH sebagai pendeteksi nilai pH larutan, Arduino Uno sebagai mikrokontroler, modul ESP 8266 sebagai modul wifi, dan aplikasi Blynk sebagai platform IoT dan kontrol PID. Hasil kalibrasi sensor pH dengan membandingkan nilai sensor pH dengan pH meter pada larutan buffer memberikan nilai R^2 sebesar 0,9997, sedangkan nilai sensor pH selama 18 hari memberikan nilai R^2 sebesar 0,9908 dengan hasil error sebesar 0,274%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor pH bekerja dengan baik dan akurat. Pengontrol PID sistem ini adalah $K_p=2.1$; $K_i = 0,05$; dan $K_d = 0,03$. Pemeriksaan kondisi pabrik di 60 tanaman (30 kangkung dengan sistem kendali dan 30 kangkung tanpa sistem kendali). Pengamatan pada 18 hari setelah tanam (HSS) menunjukkan bahwa kubis dengan sistem kontrol memiliki tinggi batang 40,50 cm dan 18 helai daun serta hasil 1,064 kg, sedangkan kangkung tanpa sistem kontrol memiliki tinggi batang 35,66 cm dan 16 helai daun. Berdasarkan hasil penelitian, sistem pengendalian yang diterapkan pada tanaman kangkung hidroponik memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kangkung dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Kata kunci: Hidroponik DFT; *internet of things*; kontrol PID; kangkung

ABSTRACT

Hydroponic is a contemporary agricultural advancement suitable for the recent context, particularly in Indonesia where agricultural land is progressively diminishing due to industrial expansion. This cultivation technique uses water as a growth medium and can effectively operate on limited land. While hydroponic minimizes plant maintenance, regular monitoring of nutrient solutions remains essential. This study aims to create an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for pH levels in hydroponic deep flow technique (DFT)

cultivation of kale. The implemented control system includes a pH sensor to detect solutions pH, an Arduino Uno as a microcontroller, an ESP 8266 module for wifi connectivity, the Blynk App as an IoT platform, and the PID control, which acts as an error suppressor within system. The pH sensor calibration involves comparing its readings with a pH meter using buffer solutions, resulting in an R2 value of 0.9997. Furthermore, a pH sensor accuracy assessment spanning 18 days yielded an average R2 value of 0.9908, accompanied by a mere 0.274% error. The results of this study confirm the proficient and accurate functioning of the pH sensor, and, the PID control parameters are established as $K_p = 2.1$, $K_i = 0.05$, as well as $K_d = 0.03$. The evaluation of the plant condition used a sample of 60 kale (30 integrated with control system and 30 without). Over an 18-day observation period post-seeding (HSS), kale plants with control system exhibited a stem height of 40.50 cm, accompanied by 18 leaves and a yield of 1.064 kg. Meanwhile, kale plants without control system reached a stem height of 35.66 cm, with 16 leaves and a yield of 0.814 kg. The study conclusively shows that the applied control system substantially enhances the growth and development of kale plants in hydroponic cultivation, offering a marked advantage over the non-controlled counterparts.

Keywords: DFT hydroponics; internet of things; PID control; Spinach

PENDAHULUAN

Hidroponik merupakan salah satu metode dalam budidaya pertanian yang pada prosesnya tidak menggunakan media tanah, namun menggunakan media tanam air untuk melangsungkan aktivitas pertanian. Kelebihan dari melakukan budidaya hidroponik yaitu tidak membutuhkan banyak perawatan, akan tetapi harus dilakukan pengecekan larutan nutrisi pada media tanam secara berkala. Nutrisi yang diberikan ke tanaman memiliki pengaruh terhadap derajat keasaman (pH) air, hal ini dikarenakan pH air memiliki pengaruh terhadap kelarutan unsur hara tanaman sehingga dapat mengganggu kesuburan pada proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Fuad & Zuhrie, 2018; Marisa dkk., 2021; Mahardika, 2021; dan Eoh dkk., 2019). Derajat keasaman (pH) larutan nutrisi yang berada pada tandon hidroponik dapat dengan mudah mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena adanya serapan akar tanaman yang tidak seimbang pada anion dan kationnya. Pengendalian tingkat keasaman pada larutan nutrisi dapat diatur dengan larutan penurun atau penambah pH.

Deep Flow Technique (DFT) merupakan suatu sistem budidaya hidroponik dimana pada prosesnya menggunakan lapisan larutan nutrisi dengan kedalaman 2-5 cm yang berguna sebagai tempat meletakkan akar tanaman (Supriadi, 2021). Tanaman kangkung adalah salah satu tanaman yang biasa digunakan dalam budidaya hidroponik dengan sistem DFT, hal ini dikarenakan tanaman yang menggunakan sistem tersebut adalah tanaman yang memiliki umur panen yang cepat. Sulistyoko dkk., (2019) melakukan penelitian membuat alat pengendalian pH dengan menggunakan kontrol PID yang berfungsi dengan baik, namun tidak disambungkan pada *platform IoT*. PID merupakan singkatan dari *Proportional Integral Derivative*, yaitu

kontrol yang berfungsi untuk meminimalkan *error* pada sistem. *IoT (Internet of Things)* merupakan sistem sensor atau gabungan dari beberapa sensor, komputasi dan perangkat digital yang tersambung satu sama lain dan berkomunikasi (Gupta & Johari, 2019; Setiawati & Harsono, 2020). Buana dkk., (2019) membuat alat untuk melakukan pemantauan pH larutan nutrisi hidroponik menggunakan sistem NFT (*Nutrient Film Technique*) dengan menggunakan data secara *online* berbasis *cloud* yang digunakan sebagai *platform IoT*. Ayudiyana & Asrizal (2019) melakukan rancang bangun pengendalian pada pH dengan menggunakan *platform IoT ThinkSpeak* sebagai *open source* yang menampilkan data yang dibaca sensor pH.

Berdasarkan hal tersebut, sehingga dilakukan suatu penelitian budidaya hidroponik dengan sistem DFT yaitu membuat alat pemantauan sekaligus pengendalian pH secara otomatis pada larutan nutrisi hidroponik yang tersambung dengan *platform IoT* yaitu *Blynk App*. *Blynk* ialah salah satu *dashboard* digital dalam membuat *interface* grafis untuk alat tertentu yang berbasis *IoT* (Yuliza & Pangaribuan, 2016). Pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan *Module ESP8266* sebagai modul *wifi*. Proses pengendalian pH menggunakan sensor pH yang diletakkan di wadah larutan nutrisi sebagai data *input*. Kemudian Arduino menentukan perintah selanjutnya. Apabila nilai pH besar dari nilai *setpoint*, maka pompa akan mengalirkan larutan pH *down* (larutan asam) akan menyala dan sebaliknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian pada pH larutan nutrisi menggunakan budidaya hidroponik sistem DFT dengan berbasis *Internet of Things (IoT)* pada tanaman kangkung. Sistem yang dibuat diharapkan nutrisi tanaman dapat terpenuhi dan tanaman dapat tumbuh sempurna, sehingga hasil dapat maksimal.

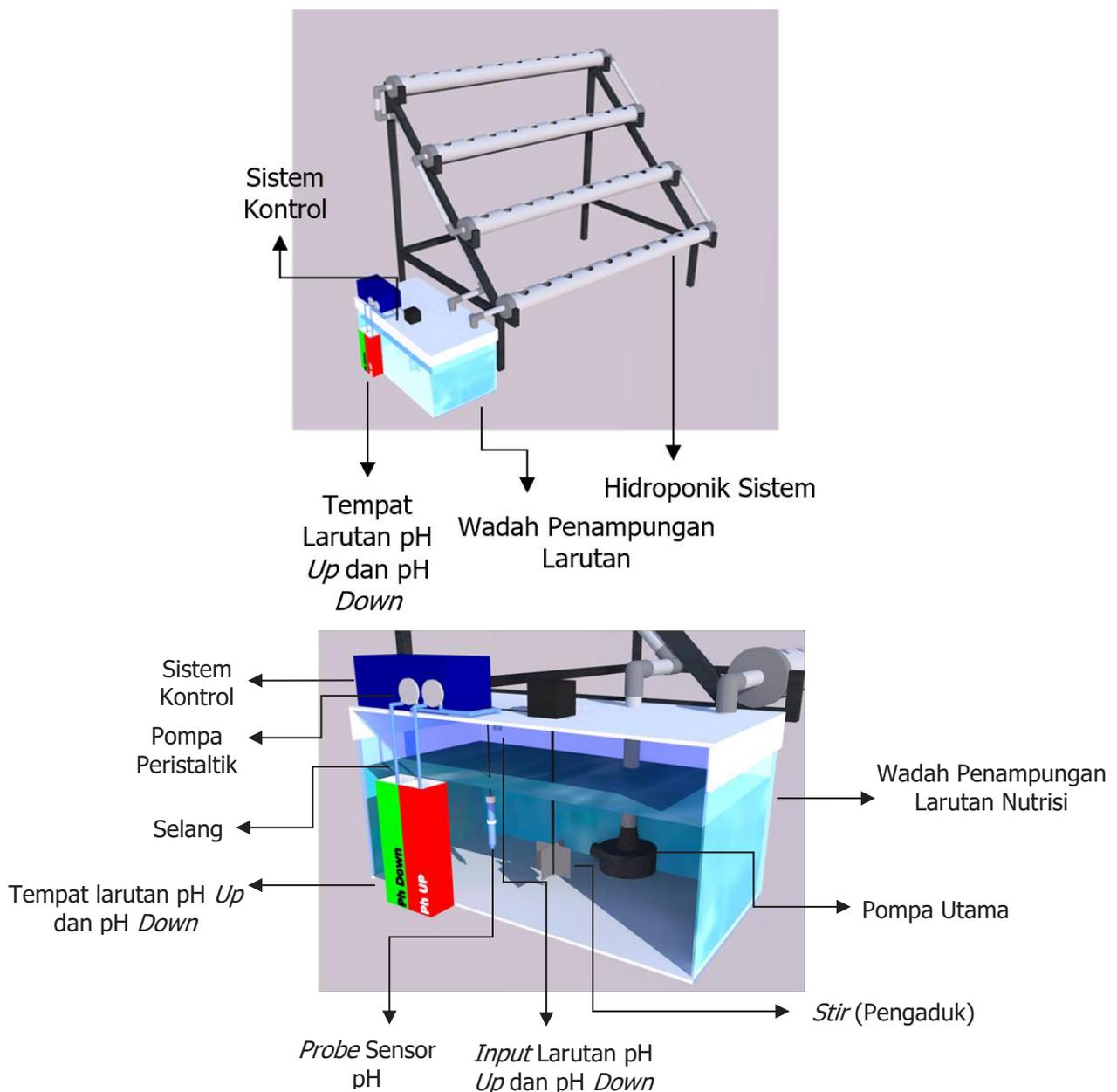
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut, yaitu: 1) merancang melakukan perancangan instalasi budidaya tanaman kangkung secara hidroponik sistem DFT yang dilengkapi sistem pemantau dan pengendali pH larutan nutrisi, 2) melakukan pembuatan dan pengujian sistem kontrol pemantauan dan pengendalian pH larutan nutrisi hidroponik dengan menggunakan sensor pH dan Arduino Uno dikontrol dengan kendali PID, 3) menghubungkan sistem pengendali dan pemantau pH larutan nutrisi menggunakan *Module*

ESP8266 ke *Blynk App* sebagai *platform* IoT yang digunakan, 4) mengamati hasil kerja dari sistem kontrol pengendali dan pemantau pH larutan nutrisi berbasis IoT, 5) menganalisis hasil kinerja sistem pemantau dan pengendali pH larutan nutrisi tanaman kangkung.

Rancangan Instalasi Hidroponik Sistem DFT

Rancangan pembuatan mekanik hidroponik sistem DFT dibuat dengan merangkai pipa PVC diameter 2,5 inci sebanyak 40 lubang netpot tanaman dengan diameter 5 cm dengan jarak 7,5 cm. Peletakkan pipa dirancang cenderung datar sesuai dengan prinsip



Gambar 1. Rancangan instalasi dan skema peletakan sistem kontrol

hidroponik sistem DFT. Pompa utama diletakkan di wadah penampungan larutan nutrisi hidroponik. Wadah penampungan larutan nutrisi dibuat berbentuk balok dengan ukuran 60 x 30 x30 cm dengan kapasitas penampungan ±54 L. Rancangan instalasi keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

Rancangan pada wadah penampungan larutan nutrisi meliputi pembuatan aliran selang yang mengalirkan larutan pH Up dan pH Down, peletakan sensor pH serta stir (pengaduk). Penempatan posisi probe sensor pH dan stir diletakkan ditengah wadah penampungan larutan dan berada diantara masukan larutan pH Up dan pH Down. Skema peletakan sistem otomasi pH dapat dilihat pada Gambar 1.

Rancangan Sistem Kontrol Pengendali dan Pemantau pH Larutan Nutrisi Hidroponik

Perancangan perangkat keras untuk sistem kontrol ini yaitu, Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang mengontrol dan mengolah data dari sensor pH. Sensor pH digunakan sebagai komponen yang mendeteksi derajat pH pada larutan nutrisi. Untuk mengalirkan larutan pH Up dan pH Down maka digunakan komponen pompa peristaltik. Dalam menggerakkan pompa peristaltik, pengaduk (stir) dan pompa utama pada wadah penampungan larutan nutrisi maka dibutuhkan driver relay sebagai motor penggerakannya. Sistem kontrol dibuat berdasarkan mekanisme yang telah ditentukan dalam diagram alir sistem kontrol yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Perancangan perangkat lunak menggunakan aplikasi Arduino IDE. Agar pembacaan sensor dan pengontrolan pH berjalan sesuai perintah diperlukan setpoint yang ditentukan, yaitu dalam rentang 5,5 – 6,5 sesuai dengan pH standar tanaman kangkung (Rahayu, 2018).

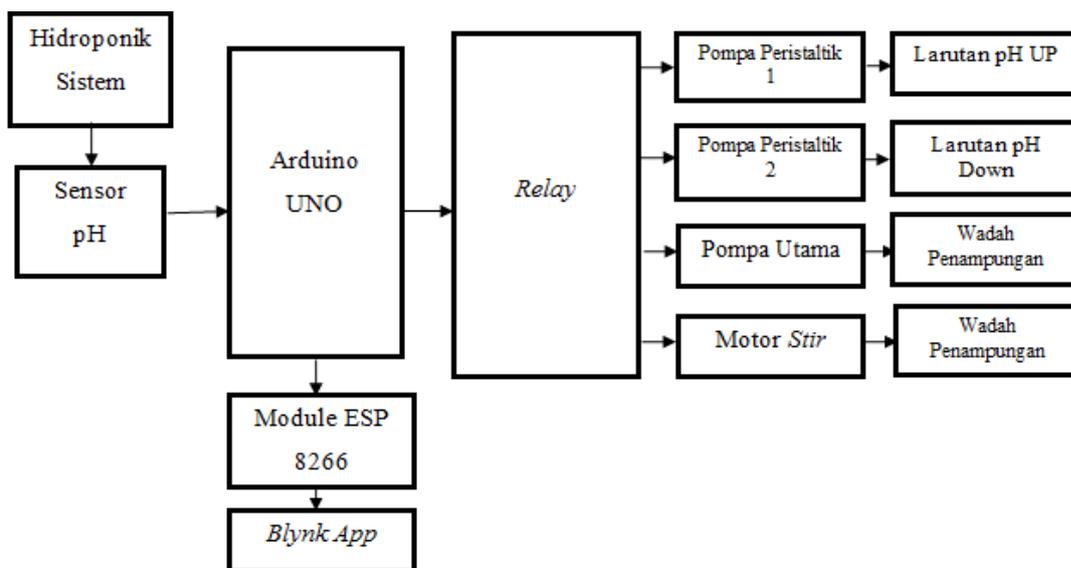
Kalibrasi Sensor pH

Kalibrasi sensor dilakukan bertujuan agar pembacaan sensor akurat dan meminimalisir error. Pengkalibrasian dilakukan dengan pengetesan pembacaan sensor menggunakan larutan buffer pH 4,01; 6,86; dan 9,18 yang dijadikan standard untuk kalibrasi sensor pH. Prinsip kerja dari sensor pH yaitu terletak pada probe sensor yang berkontak langsung dengan fluida. Probe sensor berupa glass electrode (elektroda kaca) yang di ujungnya terdapat bulb kaca yang dapat bertukar ion positif (H^+) dengan larutan terukur karena pada bulb sensor terdapat silinder kaca nonkonduktor yang berisi HCl ($0,1 \text{ mol/dm}^3$) dan terdapat kawat berbahan perak sehingga membentuk senyawa AgCl yang memiliki nilai potensial yang stabil sehingga dapat terukur jumlah ion H_3O^+ pada larutan yang dicari nilai pHnya. Hasil yang diperoleh berupa nilai analog dari sensor pH. Nilai tersebut akan dikonversi dan menjadi parameter pH, dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2) (Ulalopi dkk., 2019).

$$adcph = \text{analogRead}(A0) \tag{1}$$

$$\text{voltage} = \text{adcPH} * 5/1023 \tag{2}$$

Dengan keterangan Adcph: nilai analog yang bisa membaca angka belakang koma; analogRead (A0): pembacaan nilai analog sensor pH (0-1023); nilai voltage: nilai untuk menampilkan tegangan, dimana nilai tegangan diperoleh dari persamaan dengan memasukkan nilai analog (adcph); dan 5/1023: tegangan 5 volt yang mewakili 1023 dari total nilai analog.



Gambar 2. Diagram blok sistem kontrol

Kalibrasi Sensor pH Untuk Menentukan Jumlah Larutan yang Diinput

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan sinyal *input* berupa data pH dari larutan yang divariasikan nilai pHnya. Digunakan *setpoint* 5,5 – 6,5 (Rahayu, 2018) untuk mendapatkan jumlah larutan dan total waktu yang dibutuhkan pada proses pencampuran larutan yang masuk hingga mencapai *setpoint*. Jumlah volume larutan yang dibutuhkan untuk mengubah 1 nilai pH serta waktu yang dibutuhkan untuk mengubahnya dengan menggunakan Persamaan (3) dan (4).

$$\text{Volume larutan yang dibutuhkan} = \frac{\text{Volume Larutan yang diinput (L)}}{\text{Selisih Nilai pH tercatat}} \quad (3)$$

$$\text{Waktu yang dibutuhkan} = \frac{\text{Waktu tercatat (s)}}{\text{Selisih Nilai pH tercatat}} \quad (4)$$

Pengujian Kendali PID

Pengujian kendali PID dilakukan bertujuan untuk melihat kemampuan sistem kontrol berfungsi dengan baik sehingga lebih efektif dalam pengendalian pH larutan nutrisi. Kendali PID diuji ditetapkan berdasarkan nilai *tuning* (K_p , K_i , dan K_d) dengan menentukan nilai *setpoint*. Pengurangan dari *setpoint* dengan kadar pH aktual akan menjadi nilai *error* yang dimasukkan pada rumus K_p , K_i dan K_d agar diperoleh nilai PID yang diproses pada arduino dan akan memberi perintah berupa tegangan masukan ke *relay* untuk menentukan aktivasi salah satu pompa peristaltik yang dibutuhkan untuk mengendalikan nilai pH agar kembali ke *setpoint*.

Koneksi ke Blynk App

Sensor yang telah terkalibrasi dihubungkan ke *Blynk App* sebagai *platform* IoT-nya. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada *interface* aplikasi dan data akan tersimpan pada *Blynk Libraries*. Pada *interface* aplikasi petani hidroponik dapat mengetahui kadar pH pada larutan nutrisi yang ada di wadah penampungan. Penghubungan *Blynk App* dengan sensor dilakukan dengan kode *auth token* yang diperoleh saat pertama login pada *Blynk App* diinputkan ke pemrograman mikrokontroler.

Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) pembacaan sensor pH, 2) Aktivasi pompa peristaltik, 3) Uji sistem kendali pH dengan kontrol PID, 4) Pengamatan tanaman. Pengambilan data dilakukan setiap jam dimulai dari pukul 09.00 WIB disaat satu jam setelah sistem diaktifkan hingga pukul 18.00 WIB. Untuk pertumbuhan tanaman, pengamatan

dilakukan dalam 3 hari sekali dalam rentang waktu 18 hari setelah semai (HSS) setiap jam 09.00 pagi, dengan melihat perbandingan perkembangan jumlah daun dan pertambahan tinggi batang kangkung.

Pembacaan Sensor pH

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sensor berjalan dengan baik atau tidak. Sensor pH dapat bekerja pada suhu 0-60°C dan pada tegangan 5V dengan respon kurang dari 1 *second*. Pengujian dilakukan dengan membuat perbandingan antara nilai pH yang ditampilkan pada aplikasi dan nilai pH yang diukur menggunakan alat ukur pH meter. Dari data yang diperoleh akan diketahui nilai *error* sensor dengan Persamaan (5) (Al Tahtawi & Kurniawan, 2020).

$$\% \text{ error} = \frac{|\text{nilai terbaca} - \text{nilai pembanding}|}{\text{nilai pembanding}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Dimana nilai terbaca: nilai yang ditampilkan pada aplikasi; nilai pembanding: nilai yang terbaca dari alat ukur pH meter.

Hasil Kendali pH Kontrol PID

Pengujian kadar pH dengan kontrol PID didasarkan pada nilai K_p , K_i , dan K_d (nilai *tuning*) dengan menetapkan *setpoint*. Dengan penjumlahan parameter PID dapat digunakan sebagai parameter pembanding terhadap parameter proses.

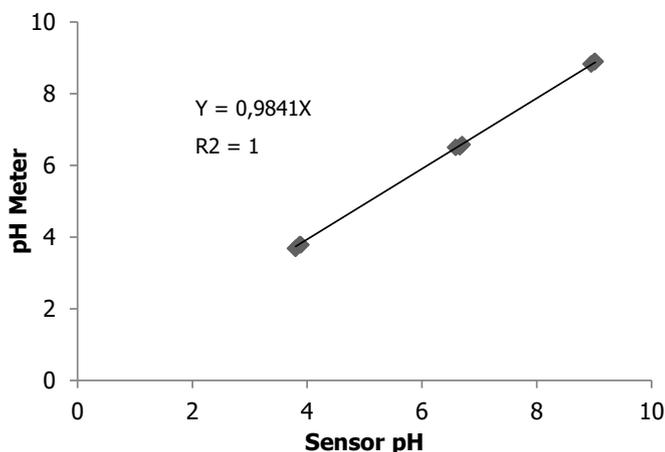
Pengamatan terhadap Respon Tanaman

Pengamatan tanaman dilakukan dengan mengukur tinggi batang dan menghitung jumlah daun dalam sekali tiga hari selama 18 hari setelah tanam (HST) dimulai setelah 10 hari sesudah semai (HSS) serta jumlah berat hasil panen. Pengamatan yang dilakukan dibagi menjadi 2, yaitu dengan menggunakan kontrol pH dan tanpa kontrol pH. Ini bertujuan agar dapat mengetahui perbedaan yang terjadi pada tanaman dengan perbedaan perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sensor pH dengan alat ukur pH meter dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor dari sensor pH dengan pH meter. Data hasil *output* yang diperoleh dapat dilihat grafiknya pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang didapatkan dari kalibrasi sensor pH dengan menggunakan larutan *Buffer* 4,01; 6,86; dan 9,18 diperoleh nilai $R^2 = 0,9997$. Nilai R^2 tersebut berarti bahwa pembacaan sensor pH adalah akurat karena nilai R^2 mendekati 1 dan dapat dikatakan bahwa sensor pH berjalan dengan baik



Gambar 3. Grafik perbandingan sensor pH dan pH meter

dan akurat. Waktu paling lama yang dibutuhkan untuk kembali ke *setpoint* adalah dari nilai pH 9,96 menjadi pH 6,35 dengan 9 ml larutan pH *Down* dalam waktu 11 s dan waktu tercepat terjadi pada percobaan pH 5,33 menjadi pH 5,60 dengan 1 ml larutan pH *Down* dalam waktu 1 s. Dari hasil pengujian dapat dilihat juga bahwa untuk mengendalikan 1 nilai pH dibutuhkan larutan pH *Up* atau pH *Down* sebanyak 0,0027 L dan waktu 3,39 s. Dapat disimpulkan bahwa untuk mengubah 1 nilai pH hanya membutuhkan sedikit larutan pH *Up* atau larutan pH *Down* serta membutuhkan waktu yang cepat (Tabel 1).

Dari pengamatan yang dilakukan dapat dikatakan bahwa dalam mengendalikan nilai pH larutan nutrisi berlangsung secara efektif. Hal ini terjadi karena

pengendalian pH membutuhkan waktu yang sebentar dan jumlah larutan pengendali pH yang digunakan hanya sedikit, tergantung pada nilai pH yang terbaca dari rentang *setpoint*. Semakin dekat nilai pH yang terbaca oleh sensor dari rentang *setpoint* maka semakin sedikit larutan pH *Up* atau pH *Down* yang dibutuhkan untuk mengembalikan pH larutan ke *setpoint* dan semakin sebentar juga waktu yang diperlukan. Nilai pH yang terbaca oleh sensor dari rentang *setpoint* yang semakin jauh maka lebih banyak larutan pH *Up* atau pH *Down* yang dibutuhkan untuk mengembalikan pH larutan ke *setpoint* dan waktu yang diperlukan juga semakin lama.

Hasil Analisis Kendali PID

Nilai *tunning* yang digunakan pada penelitian ini yaitu $K_p = 2,1$; $K_i = 0,05$; dan $K_d = 0,03$. Nilai tersebut digunakan karena merupakan nilai set *tunning* terbaik dalam percobaan. Hasil percobaan kendali PID dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengujian dengan kontrol PID pada nilai pH terbaca diperoleh mendekati dan stabil pada *setpoint* yang ditentukan. Waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* yang berkisar 1,5 – 3 s. Uji perubahan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 terlihat respon kenaikan pH dari 4,84 menuju *setpoint* 5,50. Ditunjukkan dengan terjadi *overshoot* sehingga pH meningkat menjadi 5,80 dan terjadi sedikit *overdown* pada pH 5,30, setelah itu sebelum nilai pH stabil pada *setpoint* terjadi sedikit *overshoot* pada pH 5,60 yang dikarenakan pompa terlalu cepat mengalirkan larutan pH *Up* dan pH *Down* ke wadah

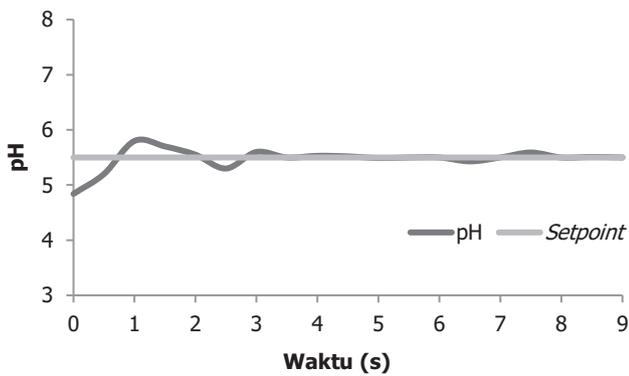
Tabel 1. Data hasil pengujian jumlah larutan dan total waktu yang dibutuhkan

Volume (L)	pH awal	pH akhir	Selisih pH	Volume larutan yang masuk (L)	Waktu (s)	Volume (L) / pH	Waktu (s) / pH	Larutan yang diinput
10	2,31	5,58	3,27	0,010	10	0,0031	3,06	
10	3,16	5,68	2,52	0,004	6	0,0016	2,38	
10	4,36	5,53	1,17	0,003	3	0,0026	2,56	pH Up
10	4,55	5,81	1,26	0,003	4	0,0024	3,17	
10	5,33	5,60	0,27	0,001	1	0,0037	3,70	
10	6,76	6,40	0,36	0,001	2	0,0028	5,56	
10	7,11	6,23	0,88	0,002	2	0,0023	2,27	
10	7,83	6,00	1,83	0,005	8	0,0027	4,37	pH Down
10	8,05	6,44	1,61	0,005	6	0,0031	3,73	
10	9,96	6,35	3,61	0,009	11	0,0025	3,05	
Rata-rata						0,0027	3,39	

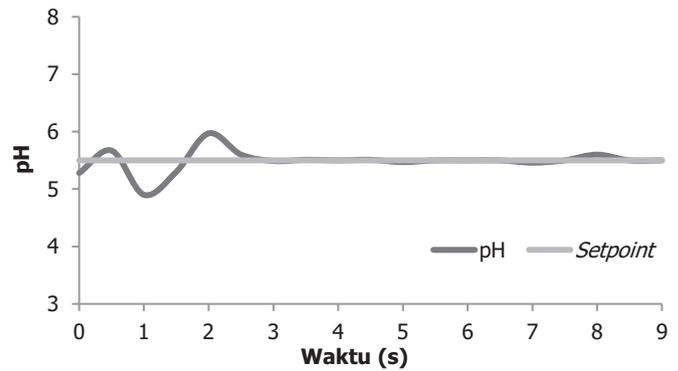
Setpoint nilai pH 5,5 – 6,5

Tabel 2. Pengujian kadar pH dengan kendali PID

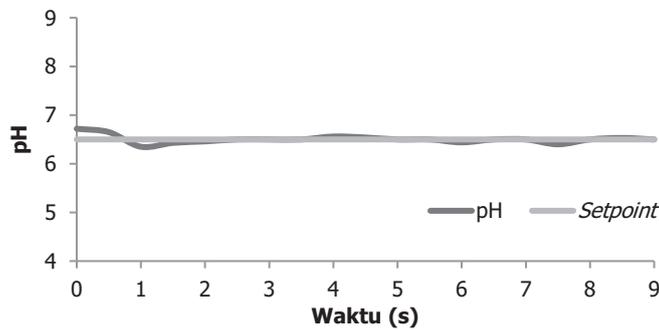
pH awal	pH <i>setpoint</i>	Pengujian ke	Nilai pH	<i>Rise time</i>
4,84	5,50	1	5,54	3 s
		2	5,50	3,5 s
		3	5,47	2,5 s
5,28	5,50	1	5,48	2 s
		2	5,49	2,5 s
		3	5,49	2 s
6,72	6,50	1	6,50	2 s
		2	6,51	1,5 s
		3	6,46	2 s



(A)



(B)

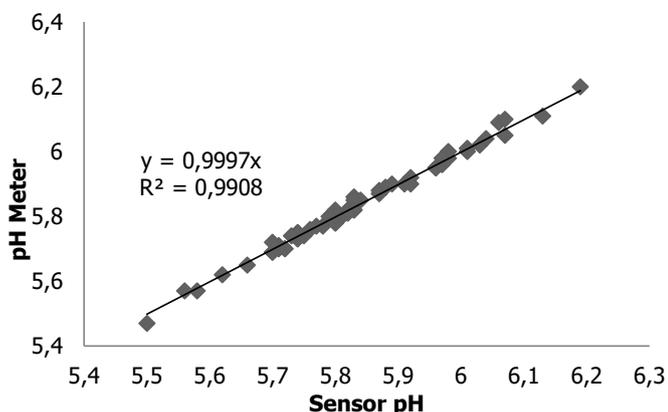


(C)

Gambar 4. Grafik PID a) Nilai pH 4,84 menuju pH 5,50, b) Grafik PID Nilai pH 5,28 menuju pH 5,50 dan c) PID Nilai pH 6,27 menuju 6,50

air, dan nilai pH stabil pada *setpoint* pada detik ke 3,5 s. Terjadi *overshoot* sehingga pH meningkat menjadi 5,67 dan terjadi *overdown* pada pH 4,90, setelah itu sebelum nilai pH stabil pada *setpoint* terjadi lagi *overshoot* pada pH 5,97 yang dikarenakan pompa terlalu cepat mengalirkan larutan pH Up dan pH Down ke wadah air,

dan nilai pH stabil pada *setpoint* pada detik ke 2,5 s. Terjadi sekali *overdown*, dimana nilai pH menjadi 6,35 dan kembali ke *setpoint* pada detik ke 2 s. Kontrol *Proportional* menghasilkan keluaran yang sebanding dengan kesalahan. Jika nilai k_p kecil maka akan mampu mengoreksi kesalahan yang kecil dan respon sistem



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai pH pada Hari ke 3, 6, 9, 12, 15, dan 18

akan melambat, namun jika nilai k_p dinaikkan maka akan menghasilkan nilai berlebih atau *overshoot*. Kontrol *Integral* berguna untuk memperlambat sistem dengan aksi ketika kesalahan bernilai 0. Nilai k_i yang besar mampu menghilangkan kesalahan yang terjadi. Kontrol *Derivative* memiliki sifat *corrective* dan meningkatkan stabilitas sistem yang jika terjadi perubahan mendadak dari nilai *input* akan menyebabkan perubahan yang cepat dan besar pada nilai keluaran. Sehingga kombinasi parameter $P + I + D$ sebagai parameter proses akan menghasilkan nilai parameter PID yang akan semakin mendekati 0 apabila nilai pH semakin mendekati *setpoint* dan nilainya akan semakin besar ketika nilai pH terbaca semakin jauh dari *setpoint*, dimana sistem mampu menaikkan nilai pH ketika berada dibawah *setpoint* dan sebaliknya. Proses kendali nilai pH berhenti ketika nilai pH berada pada *setpoint*.

Gambar 5 menunjukkan nilai R^2 yang diperoleh yaitu 0,9997. Dari nilai tersebut dapat dikatakan bahwa hasil perbandingan pembacaan pH meter dan sensor pH adalah akurat dan sensor pH dapat bekerja dengan

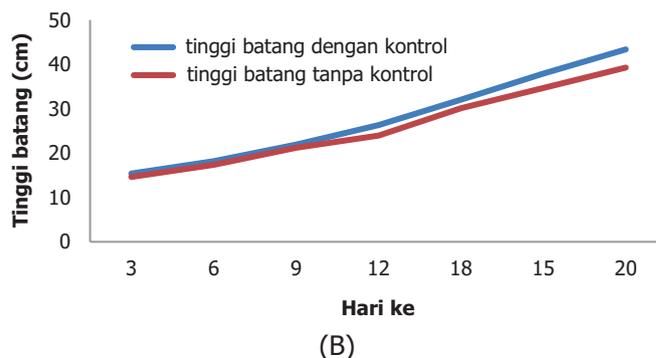
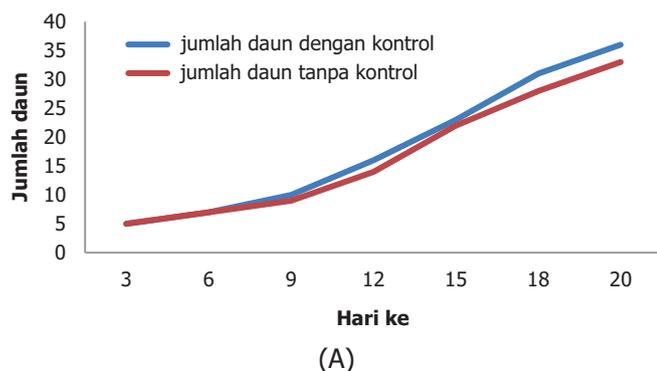
baik, karena R^2 nya mendekati 1. Ini berarti bahwa sensor pH masih bekerja dengan baik dan akurat sesuai pemrograman yang diperintahkan setelah pengamatan 18 hari. Nilai selisih perbandingan antara sensor pH dan pH meter yang diperoleh yang bernilai kecil juga menunjukkan bahwa sensor pH bekerja dengan baik, tetapi tetap masih terdapat nilai *error* sebesar 0,274%.

Dari pengamatan sistem kontrol secara keseluruhan didapatkan bahwa selama proses pertumbuhan terjadi perubahan pH pada media tanam *hydroponic*. Perubahan nilai pH terjadi akibat daya serap akar yang tidak seimbang antara anion dan kationnya. pH larutan hidroponik juga dipengaruhi oleh proses fotosintesis, respirasi, bakteri dan media tanam. Sistem kontrol yang dikembangkan dapat membantu untuk menjaga kondisi pH dalam interval yang dibutuhkan untuk pertumbuhan.

Pengamatan Tanaman

Pengamatan dilakukan dalam 3 hari sekali dalam rentang waktu 18 hari setelah semai (HSS) setiap jam 09.00 pagi, dengan melihat perbandingan perkembangan jumlah daun dan pertambahan tinggi batang kangkung, dan pengamatan terakhir yaitu membandingkan hasil jumlah panen dari kedua pengamatan tanaman kangkung. Hasil perbandingan rata-rata perkembangan jumlah daun tanaman kangkung dalam kontrol pH dan tanpa kontrol pH dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengamatan perkembangan jumlah daun dan pertumbuhan tinggi batang dibutuhkan untuk melihat bagaimana perbandingan perkembangan tanaman yang ditanam dengan kontrol pH dan tanpa kontrol pH. Pada tanaman yang dikontrol pH diperoleh rata-rata jumlah pertumbuhan daun pada hari ke-18 yaitu 18 helai daun, dan tanaman tanpa kontrol pH memiliki rata-rata jumlah daun 16 helai daun. Dari hasil pengamatan yang diperoleh dapat dilihat bahwa tanaman yang dikontrol nilai pHnya memiliki perkembangan lebih unggul 2 helai daun daripada tanaman tanpa kontrol. Untuk hasil



Gambar 6. Grafik hasil pengamatan a) jumlah daun dan b) tinggi batang

perbandingan rata-rata penambahan tinggi tanaman kangkung dalam kontrol pH dan yang tidak dikontrol pHnya dapat dilihat pada Gambar 6. Pentingnya unsur pH pada tanaman hidroponik yaitu tanaman tidak mampu menyerap nutrisi dari larutan apabila pH larutan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan. Hal ini dapat dilihat dengan perbandingan jumlah daun sistem kontrol lebih banyak dibandingkan dengan tanpa kontrol. Disamping itu, tanaman akan layu karena nutrisi makro dan mikro tidak masuk akibat dari pH tanaman mengalami peningkatan atau penurunan (Karoba & Nurjasmi, 2015).

Pengamatan pertumbuhan tinggi tanaman diperoleh rata-rata jumlah tinggi tanaman dengan kontrol pH pada hari ke-18 yaitu 40,2 cm, dan tanaman tanpa kontrol pH memiliki rata-rata tinggi 35,66 cm. Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa selisih rata-rata pertumbuhan tinggi batang tanaman kedua pengamatan adalah 4,54 cm. Dimana tanaman dengan kontrol memiliki pertumbuhan tinggi batang lebih baik daripada tanaman tanpa kontrol. Pengamatan jumlah hasil panen tanaman kangkung pada hari ke-18 yaitu tanaman dengan kontrol menghasilkan kangkung dengan massa 1,064 kg, dan tanaman tanpa kontrol menghasilkan tanaman kangkung dengan massa 0,814 kg. PH air pada tanaman hidroponik ditemukan tidak stabil, sehingga mempengaruhi terhadap pertumbuhan tanaman (jumlah daun dan tinggi batang). Berdasarkan data penelitian pengontrolan pH dapat memperlihatkan performa tanaman yang lebih bagus dibandingkan tanaman kontrol. Jika tidak dilakukan pengontrolan pH, maka pertumbuhan tanaman akan memburuk dan kualitas tanaman menjadi tidak bagus, dimana tanaman menjadi kerdil dan jumlah daun yang dihasilkan sedikit. Dari hasil seluruh pengamatan dapat dilihat bahwa penanaman kangkung dengan sistem kontrol dapat membuat hasil tanam memiliki perkembangan yang lebih baik dan lebih unggul daripada tanaman tanpa kontrol. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem kontrol yang diaplikasikan pada tanaman kangkung tidak menghambat tumbuh kembang tanaman.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu sistem otomatisasi pH larutan nutrisi untuk tanaman hidroponik dengan menggunakan sistem DFT berbasis IoT dimana sistem ini dapat bekerja dengan baik yaitu mengendalikan nilai pH larutan berdasarkan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Sehingga dapat memberikan pengaruh yang baik dan tidak mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman kangkung. Pada uji kalibrasi sensor yang digunakan pada penelitian ini mendapatkan

nilai R^2 mendekati 1, hal ini berarti sensor dapat bekerja secara baik dan akurat. *Monitoring* hasil pembacaan sensor pH pada penelitian ini dapat dilakukan secara *online* dan dari jarak jauh menggunakan *smartphone* dan diakses oleh *user*. Hasil pembacaan dapat diakses melalui *platform IoT* yaitu *Blynk App* dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan dengan nilai pH 5,5-6,5. Nilai *setpoint* tersebut merupakan nilai pH optimum yang dibutuhkan tanaman kangkung dalam proses pertumbuhan dan perkembangan, agar tanaman kangkung yang dihasilkan bermutu dan berkualitas. Hal ini dikarenakan pada proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman kangkung pHnya selalu dikendalikan dengan baik oleh sensor secara otomatis.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik atau kepentingan dengan pihak lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Tahtawi, A. R., & Kurniawan, R. (2020). Kendali pH untuk sistem IoT Hidroponik deep flow technique berbasis fuzzy logic controller. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 8(4). <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13822>
- Eoh, M. G. N., Andjarwirawan, J., & Lim, R. (2019). Sistem kontrol dan monitoring pH air serta kepekatan nutrisi pada budidaya hidroponik jenis sayur dengan teknik deep flow technique. *Jurnal Infra*, 7(2), 101–106.
- Fuad, A. N., & Zuhrie, M. S. (2018). Rancang bangun sistem monitoring dan pengontrolan pH nutrisi pada hidroponik sistem nutrient film technique (NFT) menggunakan pengendali PID berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2).
- Gupta, A. K. & Johari, R. (2019). IOT based Control System. 4th Int. Conf. Internet of Things Smart Innov, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IoT-SIU.2019.8777342>
- Karoba, F. & Nurjasmi, R. (2015). Pengaruh perbedaan pH terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae*) sistem hidroponik NFT (Nutrient Film Technique). *Jurnal Ilmiah Respati*, 6(2). <https://doi.org/10.52643/jir.v6i2.222>
- Marisa, M., Carudin, C. & Ramdani, R. (2021). Otomatisasi sistem pengendalian dan pemantauan kadar nutrisi air menggunakan teknologi NodeMCU ESP8266 pada tanaman hidroponik. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), 127–134. <https://doi.org/10.54914/jtt.v7i2.430>
- Rahayu, K. (2008). *Perancangan Aplikasi Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Defisiensi Nutrisi Tanaman pada Hidroponik Pertanian Berbasis Web*.

- Rahayu, W. R. K. (2018). Perancangan Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Tanaman Pada Hidroponik Pertanian Berbasis WEB. *Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang*.
- Setiawati, I. & Harsono, B. (2020). Sistem hidroponik berbasis internet of things. *DIELEKTRIKA*, 7(2), 82–87.
- Sulistyo, N. T. C., Erwanto, D., & Rosanti, A. D. (2019). Alat pengendali derajat pH pada sistem hidroponik tanaman pakcoy berbasis arduino uno menggunakan metode PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(1). <http://dx.doi.org/10.24269/mtkind.v13i1.1359>
- Supriadi, D. (2021). Rancang Bangun alat pengatur nutrisi hydroponic deep flow technique (DFT) Berbasis internet of things (IoT). *Jurnal TEDC*, 15(2), 180–188.
- Ulalopi, Z., Luthfiah, S., & Ariswati, H. G. (2019). Rancang bangun alat pH meter dilengkapi dengan kalibrasi otomatis. *In Prosiding Seminar Nasional Kesehatan Poltekkes Kemenkes Surabaya*, 152–156.
- Yuliza, Y., & Pangaribuan, H. (2016). Rancang Bangun Kompor Listrik Digital Iot. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(3), 187–192. <https://doi.org/10.22441/jte.v7i3.897>