

Pengendalian Kadar Ph Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berbasis Iot pada Hidroponik DBS Semi Otomatis dengan Platform Telegram

Budi Yasri¹, Suprijanto², Nisrina Nur Husna³, Sabilla Rosadi⁴

^{1,3,4}Akademi Metrologi dan Instrumentasi

²Institut Teknologi Bandung

Email : budiyasri@yahoo.com¹, supri8@gmail.com², nisrinan0202199@gmail.com³, asrosadi8@gmail.com⁴

Abstrak

Dutch Bucket System adalah teknik bercocok tanam hidroponik yang ditekankan pada sirkulasi dan efisiensi penggunaan air dimana air merupakan faktor penting dalam penyaluran nutrisi untuk tanaman agar dapat berkembang. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman terutama pH air. Pada tanaman tomat pH air yang disarankan agar nutrisi dapat terserap dengan efisien adalah rentang 5.5 – 7. Maka dibuat prototipe pengendalian pH untuk mengontrol dan mengendalikan nilai pH agar sesuai. Pengontrolan ini berbasis IoT melalui telegram sehingga dapat dilakukan *monitoring* dan pengendalian melalui *smartphone*. Hasil kalibrasi dari prototipe ini ialah memiliki akurasi sebesar 97.34%, presisi sebesar 96.37% dengan nilai histerisis gabungan sebesar 0.09 dan memiliki linearitas yang cukup baik yaitu untuk pengukuran naik $R^2 = 0.9978$ dan untuk pengukuran turun $R^2 = 0.9985$. Pengujian dilakukan pada instalasi milik sendiri dan rentang pH masih dalam rentang normal. Hasil pembacaan dan proses pengendalian pH berhasil dilakukan melalui telegram.

Kata Kunci: *Dutch Bucket System, pH, Internets of Things (IoT), Telegram.*

Abstract

The Dutch Bucket System is a hydroponic farming technique that emphasizes circulation and efficient use of water where water is an important factor in the distribution of nutrients for plants to thrive. Many factors can affect plant growth, especially water pH. In tomato plants, the recommended water pH so that nutrients can be absorbed efficiently is in the range of 5.5 – 7. So a prototype of pH control is made to control and control the pH value so that it is suitable. This control is based on IoT via telegram so that monitoring and control can be carried out via a smartphone. The calibration result of this prototype is that it has an accuracy of 97.34%, a precision of 96.37% with a combined hysteresis value of 0.09 and has a fairly good linearity, namely for measurements up $R^2 = 0.9978$ and for down measurements $R^2 = 0.9985$. Tests were carried out on own installations and the pH range was still within the normal range. The results of readings and the process of controlling pH were successfully carried out via telegram.

Keywords: *Dutch Bucket System, pH, Internets of Things(IoT), Telegram.*

PENDAHULUAN

Kualitas tanah yang semakin menurun di kota membuat para pecinta tanaman untuk mencari media lain dalam bercocok tanam, yaitu dengan media air(hidroponik). Hidroponik merupakan budidaya tanaman dengan menggunakan larutan air dan nutrisi terlarut. Ada beberapa metode hidroponik, salah satunya yaitu *Dutch Bucket System*.

Secara umum pengertian *Dutch Bucket System* (Sistem DB) adalah teknik bercocok tanam hidroponik yang ditekankan pada sirkulasi dan efisiensi penggunaan air. Pada teknik hidroponik sistem DB ini air nutrisi dialirkan dari tandon nutrisi ke media tanam secara terus menerus dan sebagian air nutrisi tersebut kembali ke tandon. Air nutrisi tersebut dialirkan secara periodik selama waktu tertentu dan diatur sesuai dengan keinginan. Cara kerja sistem DB mirip dengan *NFT System*, hanya saja instalasinya yang berbeda. Media yang digunakan dalam sistem DB ini yaitu dengan hidrotan.

Hidrotan dikenal luas sebagai media tanaman yang cukup bagus. Selain bisa dipakai berulang-ulang, daya serap nutrisi juga cukup baik. Sehingga tanaman akan memperoleh nutrisi yang optimal. Kelebihan hidroponik sistem DB dengan media hidrotan ini adalah mudah dirangkai dan tidak membutuhkan banyak bahan dan cukup sederhana. Karena bentuknya yang sederhana dan tidak terlalu besar, maka secara otomatis sistem dutch bucket ini cukup hemat tempat dan mudah dipindah-pindah. Jadi sistem hidroponik ini sangat cocok untuk lingkungan rumah yang tidak memiliki banyak ruang seperti di kpr atau rumah-rumah kecil di perkotaan. Sistem seperti ini menggunakan pompa nutrisi, sehingga kita tidak perlu secara manual mengaduk air nutrisi di dalam bak. Kita hanya perlu menambahkan larutan nutrisi secara berkala saja selain itu, sistem ini juga memiliki kelemahan yaitu menggunakan media hidrotan sehingga tergolong agak mahal, ukurannya kecil sehingga hanya cocok untuk beberapa tanaman saja, dan karena sistem ini menggunakan pompa nutrisi sehingga cukup menguras listrik rumah.

Agar tanaman tetap mendapatkan nutrisi yang baik dari air, maka perlu diatur tingkat keasaman(pH) air. Kadar pH yang kurang juga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu tanaman menjadi tidak mampu menyerap nutrisi yang dibutuhkan (Kustanti, 2014). Berdasarkan literatur, secara umum tanaman dapat menyerap nutrisi pada tingkat pH netral (Alfiah & Cordova, 2015) yaitu rentang 5,5 sampai dengan 7. Maka, jika pH air melebihi atau kurang dari pH normal perlu ditambah cairan asam atau basa atau bisa juga dengan cairan penyangga.

Perkembangan teknologi dan informasi memberikan banyak dampak positif bagi seluruh aspek kehidupan, terutama pada sektor pertanian. Untuk itu, agar mempermudah dalam kontrol pH pada tanaman dengan sistem hidroponik DB maka digunakan kontrol pH tanaman semi-otomatis dengan basis IoT dengan platform telegram. IoT adalah konsep yang menghubungkan semua perangkat ke internet dan memungkinkan perangkat IoT berkomunikasi satu sama lain melalui internet, sehingga pemilik dapat melakukan monitoring dimanapun dan kapanpun melalui *mobile phone* yang terhubung dengan internet (Rafi Al Tahtawi et al., 2018). IoT bertanggung jawab atas permintaan informasi dan / atau menjalankan perintah dari jarak jauh melalui perangkat keras dengan berbagai fitur dan tujuan.(Hidayat & Mardiyantoro, 2020).

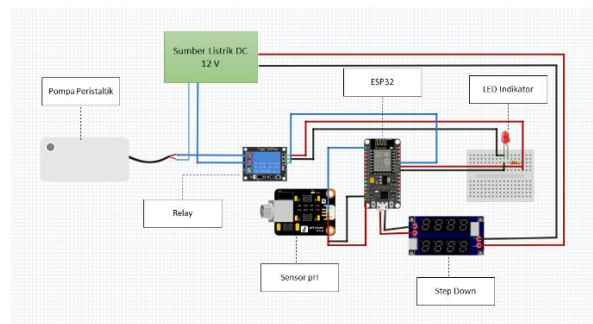
Platform yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *platform* telegram. Telegram adalah layanan perpesanan populer berdasarkan platform sumber terbuka yang ditemukan oleh Rusia Pavel Durov pada 2013. *Platform* ini berbasis *cloud* dan menggunakan sistem enkripsi ujung ke ujung, pesan penghancuran diri, dan infrastruktur struktur multi-data. Fasilitas yang disediakan adalah notifikasi otomatis dengan memanfaatkan Aplikasi *Open Programming Interface* (API) melalui *bot* untuk mengirimkan pesan otomatis. Telegram tersedia di ponsel dan *desktop*. Di perangkat seluler, ini tersedia di ponsel iOS, Android, dan Windows. Sementara di *desktop*, ini tersedia di Windows, Linux, dan MacOS dan browser web.(Telegram, 2020). Mikrokontroler yang digunakan yaitu mikrokontroler ESP32. *Internet of Things* dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler yang efektif digunakan, karena sudah tertanam fitur *Wi-fi* sehingga efisien apabila diteruskan pada *bot* aplikasi Telegram dibandingkan dengan mikrokontroler Arduino yang harus menambahkan *Ethernet Shield* sebagai fitur internet (Megawati et al., 2020). Sehingga dengan dibuatnya alat ini akan mempermudah dalam mengontrol tingkat keasaman (pH) pada tanaman dan dapat mengontrol dari

kejauhan berbasis IoT dengan menggunakan *platform* telegram yaitu dengan syarat memiliki jaringan *Wi-fi* yang sama.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 hingga Agustus 2021 di Bandung, Jawa Barat. Jenis data yang akan didapatkan pada penelitian ini yaitu data kuantitatif dimana data yang didapatkan berupa angka atau bilangan yang mana data akan diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil dan kesimpulannya. Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu teknik observasi atau eksperimen berupa pengamatan atau pengambilan data secara langsung dengan cara melakukan kegiatan pengukuran yang mana data yang didapatkan dicatat pada lembar kerja untuk diolah.

Rangkaian prototipe terdiri dari beberapa komponen yaitu terdapat adaptor sebagai power supply dari prototipe ini dengan tegangan 12 volt dan arus 1 ampere, lalu menggunakan ESP32 sebagai mikrokontrolernya sekaligus modul Wi-fi untuk berkomunikasi dengan Telegram, mikrokontroler tersambung dengan probe sensor pH, LED sebagai indikator dan sensornya serta relay yang tersambung dengan pompa peristaltik. Skema rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 1 Skema Rangkaian Prototipe

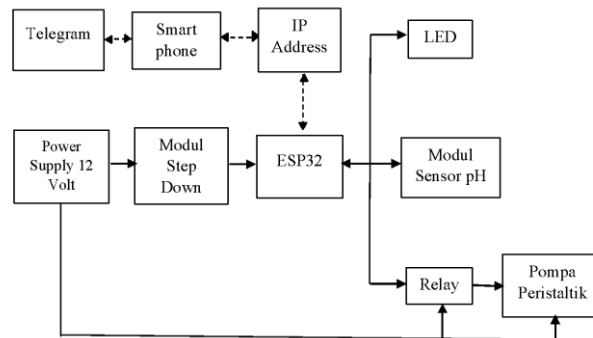
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada rangkaian di atas merupakan skema dari rangkaian elektronik prototipe. Sumber listrik yang digunakan adalah sebesar 12 volt, disini sumber tegangan dihasilkan dari adapter 12 V dan arus 1 A. Adapter akan merubah tegangan AC dari jala-jala listrik menjadi DC, di mana semua komponen dalam prototipe ini membutuhkan listrik DC agar dapat bekerja. Tegangan yang dialirkan oleh adapter diparalelkan untuk menyuplai listrik menuju ESP32 dan pompa peristaltik, dikarenakan pompa peristaltik membutuhkan tegangan sebesar 12V dengan daya 5 Watt untuk dapat bekerja sehingga adapter 12 volt dipilih sebagai sumber listrik dari prototipe ini. Disisi lain ESP32 memiliki tegangan kerja di rentang 3.3 volt hingga 5 volt sehingga membutuhkan modul step down untuk menurunkan tegangan agar ESP32 dapat bekerja sesuai tegangan input yang disarankan, jenis modul step down yang digunakan adalah jenis LM2539, di mana dapat menurunkan nilai tegangan DC. Lalu modul pH disambungkan dengan modul ESP32, di mana terdapat 3 pin, pin untuk Vin, ground dan pin analog pada ESP32 karena pembacaan dari sensor ini adalah pembacaan sinyal analog. Untuk rangkaian pengontrol terdapat relay dan pompa peristaltik, yang nantinya akan disambungkan juga dengan sumber listrik 12 volt agar pompa dapat bekerja dengan baik. Terakhir terdapat lampu LED, lampu ini berfungsi sebagai indikator, dikarenakan rangkaian disimpan di dalam rangka prototipe yang

berbahan akrilik.

Gambar 2. Diagram Blok Rangkaian Prototipe

Sumber: Dokumentasi pribadi



Modul ESP32 memiliki modul wifi yang memungkinkannya untuk dapat bertukar informasi dengan menggunakan internet. ESP32 akan berkomunikasi dengan Telegram untuk mengirim data dan menerima sinyal perintah. ESP32 akan mengakses IP Address, IP address yang diakses adalah IP Address yang juga digunakan Telegram, sehingga IP Address harus sama agar ESP32 dan Telegram dapat berkomunikasi di mana ESP32 dapat untuk melakukan perintah sesuai dengan apa yang diberikan Telegram. Mengirim sinyal ke bot Telegram yang sudah dibuat begitu juga sebaliknya, Telegram dapat mengirim perintah atau sinyal pada ESP32.

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Bahasa C, C++. Algoritma memberikan inisialisasi program berupa meletakkan beberapa variabel yang digunakan pada program tersebut. Lalu, sensor pH akan membaca sinyal analog yang dihasilkan dari larutan kalibrasi, nilai analog ini tentu akan berbeda-beda pada setiap larutan. Yang dideteksi oleh sensor pH adalah jumlah ion-ion hidrogen yang ada pada suatu nilai pH. Nilai analog yang terdeteksi kemudian akan mengalami penguatan sinyal oleh modul atau probe pH, setelah dikuatkan maka nilai analog tersebut akan dialirkan menuju ESP32.

Setelah dapat membaca nilai analog maka akan dikonversi terlebih dahulu ke dalam nilai tegangan dan akhirnya dikonversi ke dalam nilai pH. Nilai akan dikirimkan ke Telegram melalui Wi-fi yang terdapat pada modul ESP32, ESP32 akan menyambung ke IP Address yang sebelumnya sudah diinisialisasi pada program, IP Address yang diakses sama dengan IP Address yang digunakan smartphone untuk terkoneksi internet, ini bisa dilakukan dengan menghubungkan smartphone dan ESP32 ke Wi-fi yang sama atau dapat juga dengan cara mengaktifkan hotspot seluler pada smartphone yang didalamnya terinstal aplikasi Telegram dan memiliki bot Telegram untuk menerima pesan hasil dari pembacaan nilai pH. Sesudah tersambung pada IP Address yang sama maka ESP32 dan smartphone yang sudah terinstal Telegram dapat berkomunikasi.

ESP32 akan mengirim pesan sesuai perintah yang ada pada program. Jika pH berada pada nilai kurang dari 5.5 dan lebih dari 7 maka ESP32 akan mengirim nilai pH dan keterangan 'Nyalakan Pompa', jika ada pada rentang normal yakni pH ada diantara 5.5 dan 7 maka ESP32 akan mengirimkan nilai pH dan keterangan 'pH Normal'. Jika sudah diterima, maka dapat terlihat dalam ruang chat bot Telegram. Apabila hendak menyalakan pompa, maka dapat mengakses menu dengan mengetik '/start' lalu kirim, Telegram akan memberikan menu pilihan seperti gambar 3.12. Untuk menyalakan pompa dapat dengan cara mengetik '/pompa on', untuk mematikan pompa dapat dengan mengetik '/pompa off', dan '/status' untuk mengetahui status pompa nyala atau mati.

Setelah perintah tersebut dikirim maka Telegram akan mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk melakukan hal yang sesuai dengan perintah dari Telegram tersebut apakah pompa akan dihidupkan atau dimatikan. ESP32 akan mematikan dan menyalakan pompa melalui relay yang dapat memutus

dan menyambungkan arus listrik apabila mendapat perintah. Akan terdapat delay beberapa detik sampai pompa menyala.

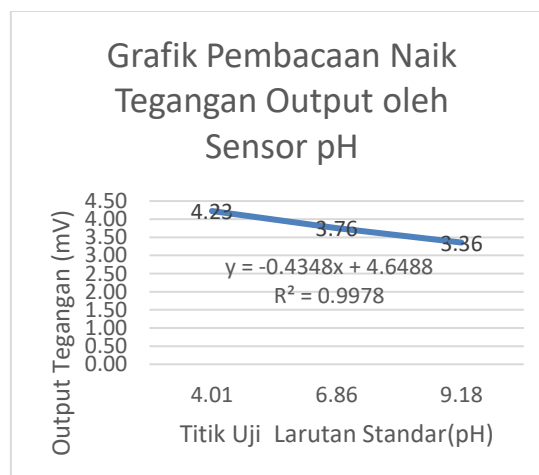
PEMBAHASAN

Pengujian prototipe pengendalian pH diawali dengan membaca nilai keluaran tegangan dari pembacaan pada masing-masing titik uji. Nilai tegangan didapat dari pembacaan nilai analog kemudian dibagi dengan karakteristik pembacaan sinyal dari ESP32 yaitu nilai Analog Digital Converter dari ESP32 dan dibagi dengan nilai supply tegangan ESP32 (4059 / 3,3). Nilai tegangan diambil sebanyak 20 data, hingga akhirnya akan dihitung rata-rata dari pembacaan tersebut. Berikut merupakan tabel rata-rata tegangan output hasil pembacaan prototipe.

Tabel 1. Pengukuran Output Tegangan Sensor pH

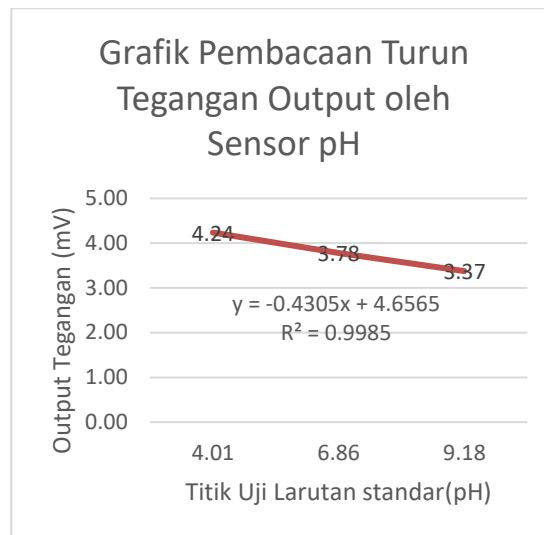
Titik Uji (pH)	n	Output Tegangan	
		Naik (mV)	Turun (mV)
9,18	30	3,36	3,37
6,82		3,76	3,78
4,01		4,23	4,24

Sesudah mendapatkan rata-rata nilai tegangan maka akan didapat nilai kalibrasi. Nilai kalibrasi ini dapat berupa persamaan atau hanya sebuah angka, nilai persamaan akan didapat jika melakukan perhitungan menggunakan persamaan regresi dan nilai kalibrasi yang berbentuk angka akan didapat dengan menghitung menggunakan rumus perhitungan kalibrasi, hingga didapat nilai kalibrasi sebesar 0,177. Nilai tersebut nantinya dimasukkan ke dalam program untuk mengolah nilai sinyal analog menjadi nilai pH. Berikut disajikan grafik pembacaan output tegangan saat pembacaan naik dan pembacaan turun.



Gambar 3 Grafik Pembacaan Naik Tegangan Output Sensor pH

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 4 Grafik Pembacaan Turun Tegangan Output Sensor pH

Sumber : Dokumentasi pribadi

Hasil dari pembacaan tegangan menunjukkan bahwa tegangan berbanding terbalik dengan penunjukan pH, di mana semakin besar pH maka akan semakin kecil tegangan yang dibaca. Dari kedua grafik tersebut juga didapat persamaan regresi yang digunakan untuk merumuskan hubungan antara input pH dan output tegangan, di mana saat pengukuran naik nilai regresi yang didapat adalah $R^2 = 0,9978$ dan saat pengukuran turun memiliki nilai regresi sebesar $R^2 = 0,9985$. Seperti yang sudah diketahui jika nilai regresi semakin mendekati nilai 1 maka semakin bagus linearitas pembacaan suatu alat.

Setelah perhitungan tersebut berhasil maka akan didapat pembacaan nilai pH. Pengujian dilakukan pada 3 titik uji, yaitu pH 4,01, 6,86 dan 9,18. Titik uji tersebut berasal dari serbuk kalibrasi pH yang biasa digunakan untuk petani hidroponik dalam mengkalibrasi sensor pH yang digunakan untuk mengontrol pH pada cairan tandon nutrisi hidroponik dengan cara melarutkan serbuk pH tersebut pada 250 ml air suling (aquades) pada suhu ruangan 25°C. Pada masing-masing titik uji diambil 30 data yang nantinya akan diolah untuk melihat karakteristik pengukuran dari prototipe tersebut yaitu diantaranya bias, nilai error, akurasi, presisi dan hysteresis. Data diambil dengan 2 arah berlawanan yaitu pengambilan data naik dan turun. Nilai-nilai tersebut telah disajikan pada tabel dan untuk data histerisis di mana tabel tersebut menghitung data gabungan dari hasil pengukuran 2 arah.

Tabel 2 Pengukuran pH Naik

Pengukuran Naik							
Titik Uji (pH)	Rata-rata Pembacaan pH	Standar Deviasi	Bias	Error (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)	Sensitivitas
9,18	9,08	0,06	0,10	0,03	98,27	97,97	0,98
6,86	6,89	0,05	0,07	0,03	98,23	97,88	1,01
4,01	3,89	0,09	0,12		94,92	93,41	0,97
Rata-rata			0,10	0,09	97,14	96,42	0,98

Lalu Untuk pengukuran pH turun didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 3 Pengukuran pH Turun

Pengukuran Turun							
Titik Uji (pH)	Rata-rata pembacaan pH	Standar Deviasi	Bias	Error (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)	Sensitivitas
9,18	9,12	0,05	0,06	0,02	98,84	98,46	0,99
6,86	6,87	0,09	0,05	0,04	98,07	96,23	1,00
4,01	3,91	0,07	0,10	0,08	95,71	94,28	0,98
Rata-rata			0,07	0,05	97,54	96,32	0,99

Tabel 4 Perhitungan Pengukuran pH Gabungan

Perhitungan Gabungan		
Titik Uji (pH)	Error (%)	Histerisis (%)
9,18	0,03	0,12
6,82	0,04	0,08
4,01	0,09	0,06
Rata-rata	0,05	0,09

Dalam perhitungan pengukuran prototipe akan didapat beberapa karakteristik pengukuran dari prototipe ini. Dilihat pada 2 tabel di atas yaitu tabel 3.2 dan 3.3, kedua pengukuran tersebut memiliki nilai bias yang kecil yaitu sebesar 0,10 pada pengukuran naik dan 0,07 pada pengukuran turun, hal ini menunjukkan bahwa selisih antara nilai benar atau titik uji dengan nilai rata-rata dari pembacaan memiliki nilai yang kecil, dapat terlihat dalam standar deviasi pun penyimpangan tidak terlalu besar bahkan di bawah 0,1. Bias juga dapat digunakan untuk melihat apakah alat membaca lebih kecil atau lebih besar. Dari kedua tabel di atas dapat dilihat bahwa saat diuji pada larutan pH 6,89, prototipe membaca lebih besar dibandingkan dengan standarnya namun pada larutan 4,01 dan 9,18 pembacaannya lebih rendah.

Nilai error yang dihasilkan dari pengujian memiliki nilai yang rendah juga. Dapat dilihat melalui tabel 4.4, nilai error dalam pengukuran naik memiliki nilai paling rendah sebesar 0,03% dan error terbesar sebesar 0,09%. Sementara pada pengukuran turun yang ada pada tabel 4.3 memiliki nilai error terkecil sebesar 0,02% dan error terbesar sebesar 0,08%, dalam data pengukuran naik ataupun turun memiliki nilai error keseluruhan sebesar 0,05 %, jika dilihat dari semua data. Error ini dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu error sistematik yang terdapat pada komponen atau prototipe sehingga error tersebut merupakan error yang sulit untuk dikontrol oleh penulis, sudah dilakukan upaya untuk memperbaiki pembacaan melalui perubahan beberapa program yang dibuat dengan cara menyesuaikan pembacaannya, namun tetap saja error masih tetap ada hanya saja nilai errornya tidak terlalu besar.

Selain itu selama penulis melakukan proyek ini, penulis menemukan beberapa faktor lain yang berhubungan dengan komponen yang digunakan seperti adanya kerusakan pada kabel jumper yang tidak stabil sehingga menyebabkan terjadinya gangguan pada pengkabelan antar komponen. Lalu, penggunaan kabel USB yang tidak sesuai dan komponen lainnya yang dapat mengganggu pengiriman sinyal sehingga nilai dari sinyal yang diolah berubah-ubah. Pembacaannya dari prototipe ini tidak stabil dan cenderung berubah-ubah, namun perubahannya tidak terlalu besar dan nilainya tidak terlalu menyimpang, seperti yang dapat pada nilai deviasi pada tabel 3.2 dan tabel 3.3. Lalu error dari faktor lingkungan atau ruang lingkup selama pengujian seperti suhu dan kondisi larutan yang diuji. Larutan

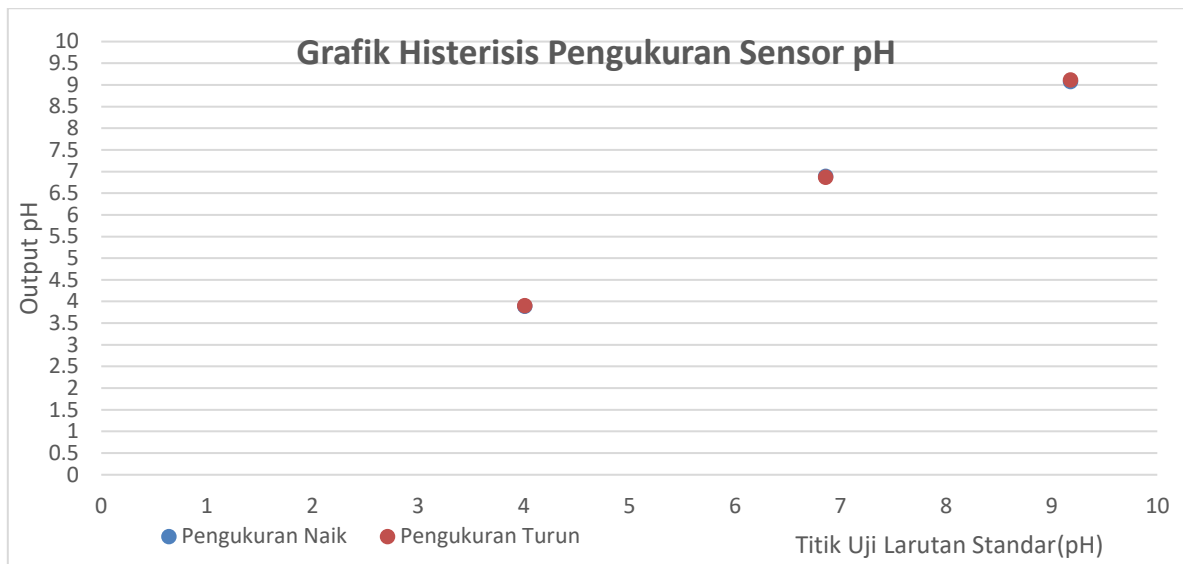
berasal dari serbuk kalibrasi pH sehingga perlu dilarutkan terlebih dahulu, sehingga ada kemungkinan pengendapan pada larutan yang menyebabkan nilai dari standar pH yang diinginkan tidak sesuai atau tidak sangat akurat. Namun, penulis tetap menggunakan beberapa alat pembanding untuk melihat nilai larutan seperti pH meter dan kertas lakmus.

Lalu terdapat nilai akurasi dalam karakteristik pengukuran, akurasi merupakan seberapa dekat prototipe ini membaca nilai pembacaan pH sesuai dengan nilai benarnya atau nilai standarnya. Dari tabel 3.2 pengukuran naik memiliki nilai akurasi rata-rata sebesar 97,14%. Pada tabel 3.3 pengukuran turun memiliki nilai akurasi sebesar 97,54% dan jika digabungkan maka akan memiliki nilai akurasi sebesar 97,34%. Nilai akurasi yang dihasilkan tersebut memiliki nilai yang baik. Dari angka-angka yang dihasilkan tersebut dapat disimpulkan bahwa prototipe memiliki tingkat akurasi yang baik karena tingkat akurasinya mendekati 100%.

Karakteristik pengukuran selanjutnya adalah presisi, nilai presisi dapat menunjukkan konsistensi hasil pengukuran saat dilakukan pengulangan. Nilai presisi ini didapat dengan menghitungnya menggunakan rumus yang terdapat pada bab sebelumnya. Pada tabel 3.2 nilai presisi untuk pengukuran naik yang terendah adalah 93,41% pada titik 4,01 dan nilai presisi terbesar ada pada titik 9,18 yaitu 97,99%. Pada pengukuran naik nilai presisi memiliki nilai rata-rata sebesar 96,42%. Pada tabel 3.3 yang menunjukkan pengukuran turun memiliki nilai presisi terendah yang sama yaitu pada titik 4,01 dengan nilai 94,28% dan untuk nilai presisi terbesar ada pada titik 9,18 yaitu 98,46% serta memiliki nilai presisi rata-rata sebesar 96,32%. Jika nilai presisi naik dan turun digabungkan maka akan didapat nilai presisi gabungan sebesar 96,37%. Dapat dilihat nilai kepresisian dari hasil pengukuran prototipe ini memiliki nilai kepresisian yang baik, hal ini disebabkan standar deviasi yang dihasilkan pada masing-masing pengukuran pun memiliki nilai yang rendah, karena seperti yang sudah diketahui bahwa standar deviasi merupakan nilai yang dapat melihat seberapa jauh penyimpangan sebuah pengukuran.

Untuk sensitivitas, baik pengukuran naik ataupun turun memiliki nilai yang mendekati 1 di mana semakin mendekati 1 maka sensitivitas suatu alat semakin bagus, untuk pengukuran naik memiliki nilai sensitivitas sebesar 0,98 dan untuk pengukuran turun memiliki sensitivitas 0,99 dan jika digabungkan maka memiliki nilai sebesar 0,98 untuk nilai sensitivitas prototipe.

Karakteristik pengukuran yang terakhir merupakan histerisis, histerisis adalah perbedaan atau penyimpangan yang timbul sewaktu dilakukan pengukuran secara berkesinambungan dari dua arah yang berlawanan. Berdasarkan tabel 3.4 nilai histerisis yang didapat untuk titik uji 9,18 sebesar 0,12%, titik uji 6,86 sebesar 0,08% dan untuk titik uji 4,01 memiliki nilai sebesar 0,06%. Berdasarkan teori semakin kecil nilai histerisis maka pembacaan suatu alat semakin bagus karena penyimpangan dan perbedaan pembacaan pada pengukuran naik dan turun tidak memiliki penyimpangan yang besar. Dalam grafik 3.3 juga terlihat perbedaan pengukurannya sangat kecil karena hampir tidak terlihat penyimpangan antara 2 data tersebut bahkan garisnya terkesan sangat sejajar.



Gambar 3. Grafik Histerisis Pengukuran Sensor pH

Sumber : Dokumentasi pribadi

Data diambil selama 7 hari untuk melihat apakah prototipe masih berjalan lancar dalam rentang waktu tersebut, apakah penunjukannya masih sesuai dan tidak terjadi gap yang besar. Data yang diambil merupakan rata-rata hasil pembacaan dari prototipe dan pH meter yang diambil sebanyak 40 data setiap pagi dan sore. Di mana data yang diambil adalah pada rentang pukul 08.00 WIB hingga pukul 10.00 WIB dan untuk sore hari diambil pada rentang waktu pukul 16.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB, untuk data yang lengkap dapat dilihat pada lampiran.

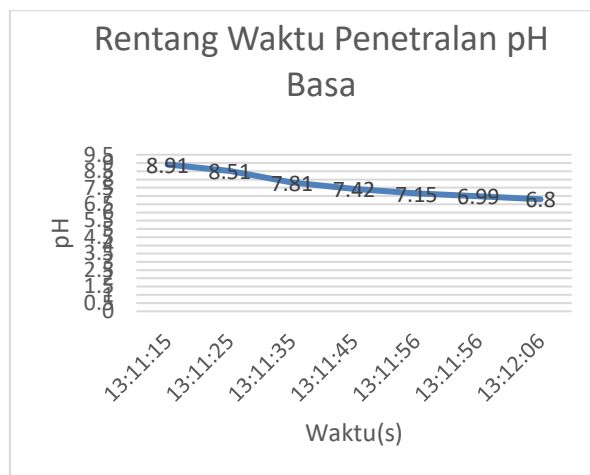
Tabel 5 Pengukuran pH Pada Tandon Nutrisi Hidroponik DBS

Hari	Pagi		Sore	
	Prototipe	pH Meter	Prototipe	pH Meter
1	6,63	6,78	6,55	6,70
2	6,60	6,68	6,34	6,65
3	6,20	6,23	6,30	6,12
4	6,23	6,42	6,12	6,42
5	5,96	6,38	6,08	6,34
6	6,03	6,30	6,08	6,30
7	6,07	6,22	5,96	6,22

Dari data yang sudah terkumpul di atas dapat dilihat bahwa nilai dari pembacaan prototipe dan pH meter sebagai pembandingan, tidak memiliki penyimpangan yang jauh berbeda sehingga dapat dipastikan bahwa prototipe tidak mengalami kerusakan dan berjalan normal sesuai dengan yang diharapkan setelah peng-upload-an program, karena tidak jarang beberapa hari setelah dilakukan peng-upload-an program terjadi adanya malfunction karena beberapa faktor terutama adanya kerusakan komponen yang digunakan. Pada hasil pembacaan ada kalanya pH melebihi rentang dari pembacaan normal, namun pembacaan itu hanya efek dari kepresisian dan keakuratan prototipe yang tidak sempurna sehingga ada kalanya pembacaan melebihi rentang namun kembali normal, sehingga penyimpangan kecil tersebut tidak terlalu dihiraukan. Nilai pH yang terbaca masih terdapat pada rentang normal sehingga tidak perlu adanya tindakan untuk menyalakan pompa peristaltik untuk menetralkan cairan nutrisi,

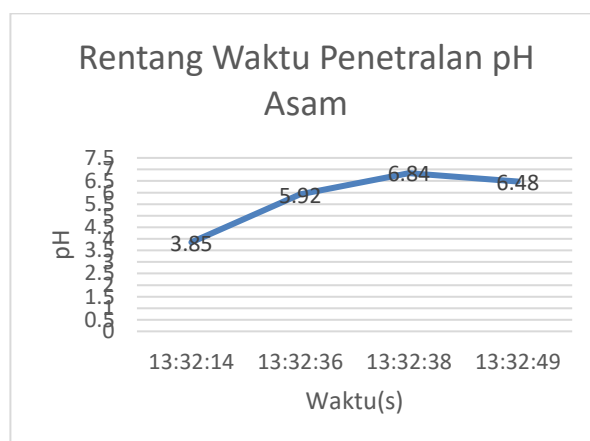
Di luar dari pembacaan data di atas, selama melakukan penelitian penulis juga menemukan beberapa kendala yang sulit untuk ditangani terutama kendala yang berasal dari alat itu sendiri.

Selama penelitian penulis menemukan bahwa terjadi delay saat mengirimkan perintah untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa, padahal dalam program penulis sudah menghilangkan faktor yang berhubungan dengan waktu delay pengiriman.



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 4 Grafik Rentang Waktu Penetralkan pH Basa



Gambar 5 Grafik Rentang Waktu Penetralkan pH Asam

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Seperti yang ditunjukkan oleh grafik kendala tersebut tidak menghalangi kerja dari prototipe karena cairan yang digunakan untuk menetralkan pH kembali ke rentang normal menggunakan cairan pH yang memiliki nilai 6,86 yaitu cairan buffer kalibrasi yang digunakan untuk mengkalibrasi prototipe sehingga apabila pompa mengalami delay saat dimatikan maka pH dalam tandon tidak akan naik di luar rentang yang diinginkan. Nilai pH menunjukkan rentang normal selama pengambilan data prototipe, sehingga untuk melihat respon perubahan pH saat pompa dinyalakan maka penulis melakukannya di luar tandon nutrisi dengan cara menguji cairan yang memiliki pH asam dan pH basa lalu nantinya akan dinetralkan oleh cairan buffer yang digunakan pada prototipe ini. Data pada grafik diambil pada saat pembacaan pertama setelah pompa dinyalakan dan data sesaat sudah mencapai pH normal dan pompa dimatikan. Pada percobaan yang ditunjukkan oleh tabel di atas untuk penetralkan dari pH asam pada gambar 4.6 dibutuhkan waktu 25 detik untuk menaikkan pH dari 3,85 menuju pH 6,48 dan untuk pH basa pada gambar 4.5 dibutuhkan waktu selama 51 detik untuk menurunkan pH dari 8,91 ke pH 6,80. Waktu penetralkan akan bergantung pada tinggi rendahnya nilai pH pada tandon

nutrisi. Terdapat perbedaan waktu dari penetralan pH asam dan basa, ini diakibatkan karena saat pengujian dilakukan pada wadah yang berbeda dengan volume media yang berbeda juga. Di mana volume yang diuji saat pengambilan data ini sangat jauh berbeda dengan cairan yang ada pada tandon nutrisi.

Selain itu terdapat juga delay pada pompa, yaitu saat operator meminta untuk mematikan atau menghidupkan pompa maka pompa tidak akan hidup atau mati beriringan dengan perintah pada Telegram. Pompa dikendalikan oleh relay di mana relay mendapat perintah dari ESP32 yang tersambung dengan Telegram. Selama penelitian, penulis sudah mengecek program pada bagian delay, bahkan untuk mengurangi delay penulis sudah menghapus perintah delay pada program namun tetap saja masih terdapat delay, tidak ada perubahan dari sebelumnya. Berdasarkan pengalaman yang dilakukan oleh penulis saat membandingkan kecepatan komunikasi antara Telegram dan WhatsApp, diketahui memang Telegram lebih lambat dalam berkomunikasi dan tak jarang notifikasi pada Telegram tidak muncul. Sedangkan, WhatsApp memiliki waktu yang cepat untuk berkomunikasi. Dari hasil tersebut dapat juga diketahui bahwa Telegram memiliki kekurangan dalam hal komunikasi, yaitu lebih lambat.

SIMPULAN

Dari hasil selama melakukan pengerjaan proyek akhir dapat disimpulkan bahwa :

1. Prototipe Pengendalian Kadar pH Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berbasis IoT pada Hidroponik DBS Semi Otomatis dengan Platform Telegram memiliki hasil kalibrasi dengan nilai error keseluruhan sebesar 0.05 %, nilai presisi sebesar 96.37%, nilai akurasi sebesar 97.34% dan nilai histerisis sebesar 0.09%. Pada pengukuran naik prototipe memiliki nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9978$ dan saat pengukuran turun memiliki nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9985$.
2. Berdasarkan penelitian dan pengerjaan selama proyek, Prototipe Pengendalian Kadar pH Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berbasis IoT pada Hidroponik DBS Semi Otomatis dengan Platform Telegram berhasil terhubung dengan internet dan dapat mengirim data hasil pembacaan pH ke bot Telegram yang sudah dibuat, serta dapat melakukan pengontrolan pH dengan memberikan perintah hidup atau mati pada pompa cairan *buffer*, di mana rentang waktu penetralan menyesuaikan dengan besarnya perubahan pH dari rentang normal. Untuk penetralan dari pH asam dibutuhkan waktu 25 detik untuk menaikkan pH dari 3,85 menuju pH 6,48 dan untuk pH basa dibutuhkan waktu selama 51 detik untuk menurunkan pH dari 8,91 ke pH 6,80.
3. Banyak faktor yang mempengaruhi kerja dari Prototipe Pengendalian Kadar pH Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berbasis IoT pada Hidroponik DBS Semi Otomatis dengan Platform Telegram yaitu faktor sistematis pada alat atau komponen yang digunakan dan faktor ruang lingkup pengujian, seperti larutan pengujian dan kondisi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertanam, D. (n.d.). *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik* |.
- Hidayat, M., & Mardiyantoro, N. (2020). SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN PH AIR BERBASIS IoT. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 7(1), 65–70.
- Kustanti, I. (2014). Pengendalian Kadar Keasaman (pH) Pada Sistem Hidroponik Stroberi Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(1), 1–6.
- Megawati, D., Masykuroh, K., & Kurnianto, D. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring PH dan Suhu Air pada Akuaponik Berbasis Internet of Thing (IoT). *TELKA - Telekomunikasi Elektronika Komputasi Dan Kontrol*, 6(2), 124–137. <https://doi.org/10.15575/telka.v6n2.124-137>
- Pengendalian Kadar Keasaman (pH) Hydroponic Dutch Bucket System Pada Tomat Cherry. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 1–6.
- Rafi Al Tahtawi, A., Andika Andik, E., & Nurfauzan Harjanto, W. (2018). Desain Awal Pengembangan

Sistem Kontrol Irigasi Otomatis Berbasis Node Nirkabel dan Internet-of-Things. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 10(2), 121. <https://doi.org/10.5614/joki.2018.10.2.5>