

RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROLAN PH LARUTAN UNTUK BUDIDAYA TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS

Vines Ayudyana¹⁾, Asrizal²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang
vinesayudyana18@gmail.com, asrizal@fmipa.unp.ac.id

ABSTRACT

Hydroponic plant cultivation is a method of agriculture for saving land. Hydroponic plants have special needs that have to be monitored every day. One of the special needs that is not considered in hydroponic plants is the pH level in the nutrient solution. The pH value needed for each plant is different. The importance of the pH value is controlled because pH is a factor in the ability of plants to absorb nutrients in solution. The solution to this problem is to design a pH control system for hydroponic plants based internet of things. The control system has the aim to stabilize the pH level of nutrients automatically and the measurement can be monitored remotely. This type of research is engineering research. The procedures of engineering research were explaining the ideas that were made, designing the conceptual control system, explaining the arrangement functions, designing in detail, making a prototype, and testing the prototype. Data collection techniques are done directly and indirectly. Direct measurement was related to measuring the output voltage and pH of an acid or base solution. Indirectly measurement related to determining the accuracy and precision of the instrument controlling the pH of the solution. Data analysis technique was used tables and data plots in graphical form. Based on data analysis there are five research results. First, performance specifications consisting of a pH sensor and its converter, automatic valves and electronic circuits namely NodeMCU and relays. Second, the addition of acid solution decreases the pH value and the output voltage. Third, the addition of a base solution increases the pH value and the output voltage. Fourth, the accuracy and precision in laboratory scale test of the pH control system are in the 99.80% and 99.90% for acid solutions while in the basic solutions 98.26% and 98.34%. Fifth, in the field test results that the control instrument has high accuracy with a pH stability that is 6.016 until 6.982.

Keywords : *Solution pH , Hydroponic, Internet of things, Smart farming*



his is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited . ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Pertanian memiliki peranan penting dalam kelangsungan hidup manusia. Pertanian merupakan salah satu metoda untuk mencukupi kebutuhan pangan. Seiring bertambah penduduk, lahan untuk pertanian semakin berkurang dan mengakibatkan produktivitas pertanian menjadi menurun. Pembudidayaan pertanian yang meminimalkan lahan sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pangan.

Pada era modern ini, pertanian sudah mulai menggunakan teknologi untuk meningkatkan produktivitas dan membantu petani dalam pertanian. Beberapa petani menggunakan alat elektronik untuk mengawasi dan mengontrol lahan pertanian. Pengawasan dan pengontrolan yang dilakukan seperti sistem pemberian air secara otomatis, melakukan pemantauan keadaan air, mengukur kelembaban dan unsur hara tanah serta pengawasan cuaca. Teknologi ini ada yang memanfaatkan jejaring sensor yang terhubung dengan internet yang disebut dengan nama *Internet of Things*. Sistem pertanian yang dijalankan berfokus pada mendapatkan data menganalisis hasil data. Sistem pertanian ini disebut juga dengan sistem pertanian cerdas atau *Smart Farming*^[1]. Pentingnya

teknologi dalam pertanian karena ada beberapa kelemahan dari pengukuran yang digunakan secara manual yaitu ketelitian alat, kelalaian petugas dan tidak kontinu^[2].

Budidaya tanaman hidroponik merupakan metoda pertanian yang dikembangkan tidak memerlukan tanah sebagai sumber nutrisinya. Bahan dasar yang digunakan pada tanaman hidroponik ini adalah air. Pada tanaman hidroponik ada beberapa faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti kadar nutrisi larutan, pH larutan dan konduktivitas listrik larutan. faktor-faktor tersebut memiliki kadar yang tersendiri pada setiap tanaman. Nilai pH larutan yang merupakan salah satu unsur utama, memiliki peran yang wajib dalam menentukan kemampuan penyerapan unsur hara nutrisi oleh tanaman. Perubahan tingkat pH berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis karena tanaman karena CO₂ mudah larut dalam air dan menurunkan pH^[3].

Instrumen pengukuran dan pengontrolan pH dapat menjaga kestabilan pH larutan nutrisi. Instrumen bekerja dengan mengukur dan menanggapi. Apabila nilai pH yang diharapkan tidak sesuai maka sistem kontrol pada instrumen akan bekerja seperti membuka salah satu katub berisi larutan asam mau-

pun basa dan menutup dengan otomatis jika pH larutan nutrisi kembali stabil.

Budidaya tanaman hidroponik memiliki kriteria nilai pH yang berbeda-beda. Biasanya tanaman yang dibudidayakan memiliki tingkat kebutuhan nilai pH sendiri untuk penyerapan unsur hara yang terkandung oleh larutan nutrisi. Nilai pH yang dibutuhkan untuk berbagai tanaman hidroponik terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pH dari Berbagai Jenis Tanaman

No	Tanaman	pH
1	Bayam	6,0 – 7,0
2	Kangkung	5,5 – 6,5
3	Selada	6,0 – 7,0
4	Brokoli	6,0 – 6,8
5	Kubis	6,5 – 7,0

Berdasarkan Tabel 1 dapat dipaparkan bahwa setiap tanaman hidroponik memiliki nilai pH sendiri untuk penyerapan unsur hara. Bayam dan Selada memiliki kebutuhan kadar pH yang sama. Pada tanaman Bayam dan Kangkung memiliki perbedaan pH yang dibutuhkan maka larutan nutrisi tidak dapat dicampur, supaya masing-masing tanaman dapat menyerap unsur hara dengan baik. Kadar pH yang berubah harus dikontrol sesuai dengan yang dibutuhkan. Larutan yang digunakan untuk pengontrolan pH larutan nutrisi ada dua jenis yaitu pH *up* dan pH *down*. Larutan untuk menaikkan pH mengandung 10% KOH dan larutan untuk menurunkan pH mengandung H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 sebanyak 10%.

Instrumen dibidang pertanian memiliki keunggulan-keunggulan yang memiliki daya saing. Contoh dari keunggulan instrumen dibidang pertanian yaitu seperti mudah digunakan, tidak beresiko besar jika digunakan dan tentunya membantu dalam kegiatan pertanian. Instrumen dibidang pertanian merupakan alat, metode yang digunakan dalam memproses masukkan pertanian sehingga menghasilkan hasil pertanian berdaya guna dan berhasil guna baik^[4].

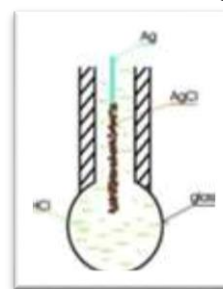
Hubungan dari komponen-komponen pembentukan sistem yang memberikan respon sesuai dengan yang diinginkan merupakan pengertian dari sistem kontrol. Blok yang berisi input, proses dan output terbentuk dari komponen sistem kontrol^[5]. Sistem pengontrolan memiliki tujuan yakni mematikan dan menghidupkan peralatan elektronika secara otomatis^[6]. Berdasarkan cara kerjanya, sistem kontrol dapat dibedakan atas sistem kontrol loop tertutup dan sistem kontrol loop terbuka. Sistem kontrol loop tertutup merupakan sistem kontrol yang memiliki umpan balik, yang sinyal keluarannya berpengaruh langsung terhadap hasil pengontrolan. Sistem kontrol loop terbuka, aksi kontrol tidak dipengaruhi oleh hasil output^[7]. Di sini sistem pengukuran yang dilakukan adalah kadar pH dalam larutan nutrisi hidroponik dan yang dikontrol adalah buka tutup katup selenoid dan waktunya.

Potensial Hidrogen (pH) merupakan penjelasan dari kologaritma aksi ion hidrogen dalam zat terlarut.

Nilai pH merupakan suatu kadar asam atau basa yang terdapat di dalam suatu larutan. Skala pH yakni bukan skala mutlak. Ia bersifat relative, nilainya ditentukan dari larutan standar berdasarkan persekutuan internasional. Rentang nilai pH yaitu 1 – 14, apabila pH kurang dari 7 larutan bersifat asam, pH lebih besar dari 7 larutan bersifat basa dan pH sama dengan 7 maka larutan bersifat netral^[8].

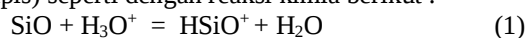
Pada tanaman hidroponik, pH memiliki dampak yang sangat kuat. Pengaruh pentingnya pH pada tanaman hidroponik yaitu pertama, tanaman tidak mampu menyerap nutrisi dari larutan apabila pH larutan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan. Kedua, tanaman akan layu karena nutrisi makro dan mikro tidak masuk. Ketiga, $\text{pH} > 7,5$ akan mengurangi ketersediaan zat besi, magnesium, tembaga dan boron sedangkan $\text{pH} < 6$ berdampak pada menurunnya daya larut terhadap asam pospat, kalsium, magnesium dan pH 3 – 5 di atas suhu 26^o menyebabkan pertumbuhan dan penyebaran penyakit disebabkan oleh jamur.

Alat untuk mengukur tingkat sifat asam maupun sifat basa larutan disebut dengan pH meter^[9]. Alat ukur pH memiliki prinsip kerja yaitu mengukur ataupun membaca banyaknya ion H_3O^+ yang terdapat dalam larutan melalui elektroda kaca sensor. Ujung elektroda kaca merupakan lapisan kaca berbentuk bulat dengan ketebalan 0,1 mm. Bulatan kaca ini dihubungkan dengan kaca yang bersifat non-konduktor. Di dalam kaca terdapat larutan HCl senilai 0,1 mol/dm³. Di dalam kaca tersebut juga terdapat kawat elektroda dari bahan perak. Akibat terendamnya kawat dalam larutan HCl maka pada permukaan kawat tercipta senyawa AgCl. Banyaknya larutan HCl yang konstan pada elektroda kaca menghasilkan beda potensial elektroda Ag/AgCl stabil.



Gambar 1. Skema Sistem Elektroda Kaca

Pada Gambar 1 terdapat bulatan kaca pada skema elektroda kaca yang memiliki tempat pertukaran ion H^+ dengan larutan yang diukur. Kaca terdiri dari silikon dioksida dan beberapa logam alkali yang terikat. Pada saat bulatan kaca tersentuh air, Silikon Oksida akan bersenyawa menghasilkan HSiO^+ (lapisan tipis) seperti dengan reaksi kimia berikut :



Inti pengukuran atau pembacaan jumlah ion H_3O^+ terjadi karena pertukaran ion hidronium (H^+) pada bulatan kaca yang bersentuhan dengan larutan yang diukur. Keseimbangan terjadi antara senyawa pada bulatan kaca elektroda dengan senyawa pada

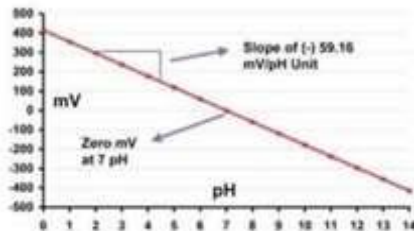
larutan terukur. Kesetimbangan tersebut menghasilkan beda potensial. Beda potensial yang dihasilkan oleh kesetimbangan antara bulantan kaca dengan larutan tersebut terdapat pada persamaan berikut:

$$E_{\text{dinding kaca}} = \left| \frac{RT}{2,303 F \log a(H_3O^+)} \right| \quad (2)$$

Pada persamaan 2 ini, nilai 2,303 merupakan nilai perubahan antara logaritma alami dengan yang umum, dan $a(H_3O^+)$ adalah aksi hidronium (nilainya rendah apabila konsentrasinya juga rendah). Perhitungan nilai aktivitas hidronium memiliki jarak yang sangat jauh yakni antara 10 hingga 10^{-15} mol/dm³. Hasil dari ringkasan persamaan 2 melahirkan persamaan 3 sebagai berikut:

$$pH = -\log a(H_3O^+) \quad (3)$$

Tanda negatif tidak berlaku pada larutan yang bersifat asam dan basa pekat. Tanda negatif merupakan tanda yang suatu nilai pH dari berbagai larutan^[10].



Gambar 2. Pengaruh pH dengan Beda Potensial

Pada Gambar 2 nilai beda potensial dari pH 0 sampai 14 menghasilkan interval tiap pHnya lebih kurang 59,16 mV. Pada saat pH adalah keadaan netral yaitu 7 tidak ada terdapat beda potensial pada dinding kaca atau nilai yang dihasilkan senilai 0 mV. Pada saat nilai pH bersifat asam yaitu <7 sampai 0 nilai beda potensial meningkat dengan tanda bersifat positif. Sementara itu, pada keadaan basa nilai beda potensial meningkat ke arah negatif sehingga menghasilkan garis kurva yang linier^[11].

Elektroda tidak dapat diproduksi dengan karakteristik yang persis sama. Derajat pH, produsen yang berbeda dan sensitivitas menghasilkan elektroda dengan nilai nominal yang berbeda. Kalibrasi akan menyesuaikan pH meter dengan karakteristik elektroda yang digunakan. Proses kalibrasi umumnya dilakukan dengan mengukur dalam dua larutan buffer berbeda. Ini memungkinkan penentuan pH° dan kemiringan (sensitivitas).



Gambar 3. Pengaruh pH dengan Beda Potensial

Berdasarkan Gambar 3 dapat diuraikan bahwa pengkalibrasian menggunakan buffer A merupakan larutan asam dengan pH 4,01, buffer B merupakan larutan netral dengan pH 7 dan larutan pada pH 1 merupakan larutan dengan pH rentang antara 4,01 dan 7. Pengkalibrasian harus dalam waktu yang sama dan suhu larutan yang sama. Perbandingan beda potensial yang dihasilkan antara buffer asam dan netral yaitu larutan asam memiliki beda potensial lebih tinggi daripada larutan netral. Hal ini juga terbukti bahwa pada Gambar 3 data beda potensial larutan asam lebih tinggi dari pada larutan basa. Pada pH 1 merupakan pembuktian hasil kalibrasi pengukuran dilakukan pada suhu yang sama^[12].

Internet of Things (IoT) ialah sebuah ide atau konsep yang memiliki tujuan yaitu meningkatkan guna koneksi internet secara *realtime*. Manfaat dari IoT dapat diaplikasikan seperti *data sharing*, *remote control* dan sebagainya. IoT menjadikan penghubung antara dunia nyata dan dunia informasi menjadi salah satu tantangan utamanya^[13].

Keutamaan penggunaan IoT dibidang pertanian adalah sebagai pengawasan jarak jauh sehingga memudahkan petani melakukan pengecekan. Tindakan yang dilakukan untuk pengontrolan juga lebih mudah karena dilakukan secara otomatis. Data hasil pengukuran dapat dicek di mana saja.

ThingSpeak adalah *open source* dari *Internet of Things*. Fungsi dari *ThingSpeak* untuk menyimpan dan mengambil data menggunakan HTTP melalui internet. Beberapa fitur *Thingspeak* diantaranya: mengumpulkan data saluran pribadi, membagikan data lewat saluran publik, memproses dan memvisualisasi data melalui matlab, dll. Pada instrumen pH data yang ditampilkan pada *ThingSpeak* nilai pH secara *realtime*. Tampilan laman *ThingSpeak* dapat diperhatikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Laman *ThingSpeak*

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa laman *ThingSpeak* yang memberikan terusan ke berbagai perangkat dan layanan web. Tugas *ThingSpeak* yaitu mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualisasikan dan bertindak atas data dari suatu perangkat keras. NodeMCU merupakan salah satu perangkat yang bisa mengirim data ke *ThingSpeak* yang dapat dianalisis^[14].

Sensor pH adalah alat ukur yang mengkonversi besaran kimia menjadi arus listrik. Alat ukur pada derajat keasaman suatu cairan yang menggunakan penginderaan pengukur sebagai komponen utamanya disebut sensor pH. Sensor pH yang digunakan yaitu sensor pH Meter Analog Kit dengan cara pengukurannya yaitu menaruh ujung sensor ke larutan yang diukur^[15]. Sensor pH dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sensor pH

Pada ujung sensor pH terdapat bulatan sebagai pertukaran ion antara larutan yang diukur dengan larutan yang diketahui. Dalam pengukuran tingkatan pH digunakan modul atau konverter sensor pH yang berisi rangkaian pengolahan sinyal. Rangkaian pengolahan sinyal dalam konverter dapat memperkuat sinyal dari sensor pH berupa beda potensial orde mV. Sinyal yang diperkuat dikonversi menjadi tegangan analog yang dapat dibaca oleh NodeMCU^[16].

NodeMCU merupakan sebuah tempat sumber terbuka untuk IoT yang menggunakan bahasa pemrograman sehingga dapat membuat hasil IoT. NodeMCU ESP8266 banyak digunakan pada pengaplikasian IoT NodeMCU ESP8266 dapat diperhatikan pada Gambar 6.



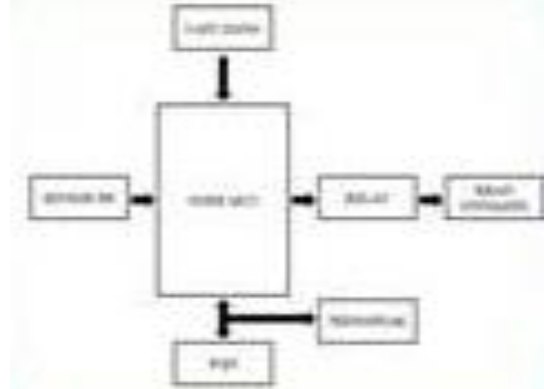
Gambar 6. NodeMCU ESP8266

Pada Gambar 6 dapat dideskripsikan bahwa NodeMCU ini yang berupa sebuah modul WIFI. Pengaplikasian IoT bersumber dari sistem pengontrolan dan membaca sensor berbentuk webserver yang tersimpan pada memori NodeMCU. Apabila ada data yang terbaca oleh NodeMCU maka data akan dikirim memakai WIFI^[17].

METODE PENELITIAN

Berdasarkan masalah yang diuraikan penelitian termasuk ke dalam penelitian rekayasa. Penelitian rekayasa merupakan kegiatan perancangan yang tidak kontinu, sehingga di dalamnya muncul ide-ide baru. Hasil penelitian rekayasa ini bisa berupa proses maupun produk. Prosedur dalam penelitian ini yaitu menjelaskan ide-ide dan kejelasan tugas, merancang

konseptual sistem pengontrolan, menjelaskan fungsi-fungsi susunan rancangan, merancang secara detail dan keseluruhan, membuat prototipe dan menguji prototipe. Hasil akhir yang didapatkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk memperbaiki cara atau kegiatan desain itu sendiri^[18]. Adapun dari prosedur penelitian ini, susunan, geometri dan fungsi dari instrumen dapat diperhatikan pada Gambar 7.



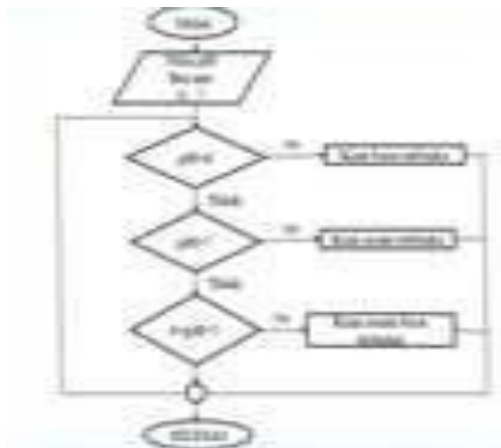
Gambar 7. Susunan Sistem Pengontrolan pH larutan

Susunan dari sistem pengontrolan pH larutan terdiri dari beberapa komponen elektronika, yaitu catu daya, sensor pH, modul relay 5V, katub selenoid listrik DC 12V NC dan NodeMCU. Adapun *Thing Speak* merupakan *open source* untuk menampilkan data pH. Rancangan detail dari sistem pengontrolan ada dalam skala laboratorium dan skala lapangan. Rancangan detail dalam skala lapangan atau secara keseluruhan dapat diperhatikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rancangan Uji Skala Lapangan

Pada Gambar 8 terdapat rancangan pengontrolan pH pada tanaman hidroponik. Rancangan ini terdiri dari catu daya, sensor pH, kotak yang berisi rangkaian, katub solenoid, 2 buah selang sepanjang 50 cm serta tabung berisi larutan asam dan basa. Pipa dari bak nutrisi menaikkan larutan nutrisi ke tanaman hidroponik menggunakan pompa. Larutan nutrisi dari pipa tertinggi akan mengalirkan larutan nutrisi ke pipa terendah sampai larutan nutrisi kembali dalam bak nutrisi. Rancangan perangkat lunak pada sistem pengontrolan pH ini berupa diagram alir. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Pengontrolan pH Larutan

Diagram Alir pada Gambar 9 dapat diuraikan inti program dari sistem pengontrolan pH. Nilai pH yang dibutuhkan yang sudah diprogram yaitu 6 – 7, kemu dian sensor mengukur kadar pH dari larutan yang telah ada pada bak nutrisi. Nilai pH pada bak nutrisi apabila lebih kecil dari yang dibutuhkan maka katub pada tabung larutan basa terbuka otomatis, dan begitu sebaliknya. Nilai pH yang terukur pada bak nutrisi apabila sesuai dengan yang dibutuhkan maka katub selenoid larutan asam dan larutan basa tertutup.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini terdapat spesifikasi performansi. Spesifikasi performansi dari instrumen pengontrolan pH larutan ini meliputi uraian rinci dari komponen-komponen pembentuk sistem. Instrumen sistem pengontrolan pH terdapat pada Gambar 10.



Gambar 10. Instrumen Sistem Pengontrolan pH Larutan Hidroponik

Pada Gambar 10 terdapat beberapa bagian inti yaitu sensor pH pada tepi ember, rangkaian elektronik pada kotak dan katub selenoid. Sensor pH yang berada pada tepi ember akan bersentuhan dengan larutan nutrisi hidroponik. Rangkaian pengolah sinyal dan komponen lainnya pada kotak rangkaian memberi perintah pada relay untuk hidup atau mati dan menampilkan hasil pengukuran sensor. Katub selenoid akan hidup dan mati sesuai dengan

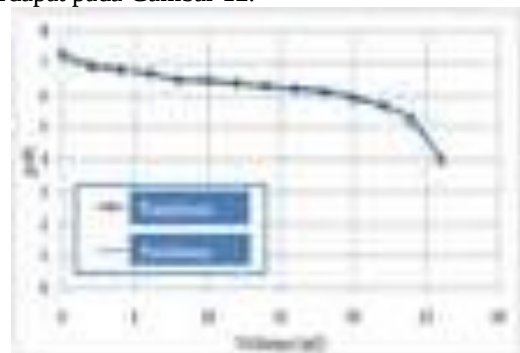
arus yang mengalir pada relay. Rangkaian elektronik pada instrumen dirakit dan dimasukkan ke dalam kotak pada Gambar 11.



Gambar 11. Kotak Rangkaian

Kotak rangkaian yang sesuai dengan namanya, berfungsi sebagai tempat penyimpanan rangkaian. Adapun isi rangkaian di dalamnya yaitu modul pengolah sinyal sensor pH, NodeMCU, 2 buah relay dan 2 katub selenoid. NodeMCU berfungsi sebagai mengirim data ke *ThingSpeak*, mengontrol relay, masukkan data analog sensor. Relay berfungsi sebagai menghubungkan dan memutuskan arus pada katub yang diperintah oleh NodeMCU. Tombol power berfungsi menghubungkan dan memutus arus catudaya pada nodeMCU. Reset berfungsi sebagai menyegarkan kembali program yang ada pada NodeMCU tanpa harus mengupload ulang.

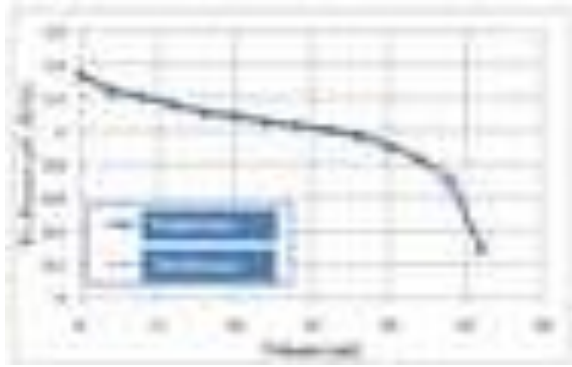
Pengaruh penambahan larutan asam terhadap pH dan tegangan keluaran menghasilkan grafik yang berbeda. Hasil plot data yang dihasilkan dari masing-masing pengukuran dari berbagai jenis larutan menghasilkan bentuk grafik yang berbeda-beda. Pengaruh nilai pH yang diukur dengan pH meter dengan penambahan larutan asam atau pH down terdapat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh Larutan Asam dan pH

Nilai pH menurun seiring penambahan larutan asam pada larutan yang diukur. Penambahan larutan asam setiap pengukuran yaitu sebanyak 2 ml ke dalam 3 Liter air. Grafik Menghasilkan persamaan polinomial orde 4.

Nilai 7,2099 yang merupakan konstanta dari persamaan tersebut. Konstanta ini menunjukkan hubungan antara pH meter dengan penambahan larutan asam. Adapun pengaruh hasil penambahan larutan asam terhadap tegangan keluaran sensor dapat diperhatikan pada Gambar 13.

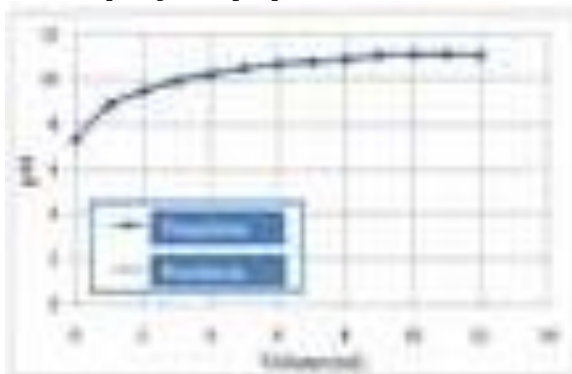


Gambar 13. Pengaruh Larutan Asam terhadap Vo Sensor pH

Berdasarkan Gambar 13 bahwa setiap penambahan larutan asam terhadap tegangan yang dihasilkan menurun. Artinya, penambahan larutan asam berbanding terbalik dengan tegangan keluaran yang dihasilkan. Hasil plot dari hubungan tegangan keluaran dengan penambahan larutan asam menghasilkan persamaan polinomial orde empat.

Pada persamaan 12 yaitu persamaan polinomial orde 4 menghasilkan nilai konstanta yaitu 1,311. Pengukuran dilakukan sebanyak 13 kali penambahan larutan asam. Penambahan mencapai 26 ml dengan penambahan tiap 2 ml.

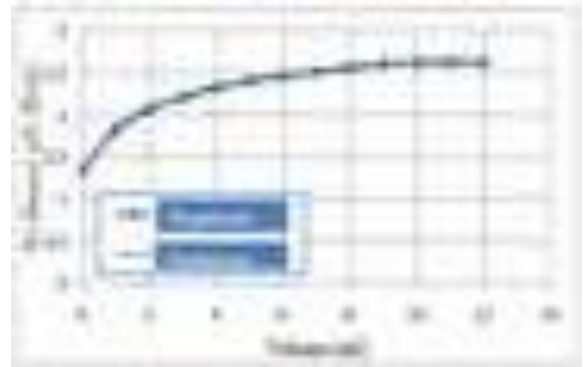
Pada penambahan larutan basa terdapat karakteristik yang berbeda, hasil yang berbeda didapatkan dari nilai pH yang dihasilkan dengan tegangan keluaran yang dihasilkan sensor. Pengaruh nilai pH yang diukur dengan pH meter dengan penambahan larutan basa atau pH up terdapat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengaruh Larutan Basa dan pH

Nilai pH meningkat seiring penambahan larutan basa. pada larutan yang diukur Penambahan larutan basa tiap 1 ml ke dalam 3 Liter air. Grafik Menghasilkan persamaan polinomial orde 4.

Nilai 7,4097 merupakan konstanta yang berarti hubungan antara pH meter dengan penambahan larutan basa tiap 1 ml. pada saat penambahan larutan basa 0 ml pH yang terukur yaitu 7,3 dan pada saat penambahan larutan basa 12 ml pH terukur 11,1. Pengukuran tegangan keluaran terhadap larutan basa dapat diperhatikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengaruh Larutan Basa terhadap Vo Sensor pH

Pada Gambar 15 dapat diungkapkan bahwa setiap penambahan larutan basa tegangan yang dihasilkan meningkat. Artinya, volume larutan basa berbanding lurus dengan tegangan keluaran yang dihasilkan. Hasil plot dari pengaruh penambahan larutan basa terhadap tegangan keluaran pH menghasilkan persamaan polinomial orde empat.

Pada saat penambahan larutan basa 0 ml atau larutan masih keadaan normal, tegangan keluaran pada sensor yang terukur yaitu 1,335 Volt dan pada saat penambahan larutan basa 12 ml pH yang terukur menjadi 2,623 Volt. Nilai tegangan yang dihasilkan masih dalam rentang 0 – 3,3 Volt.

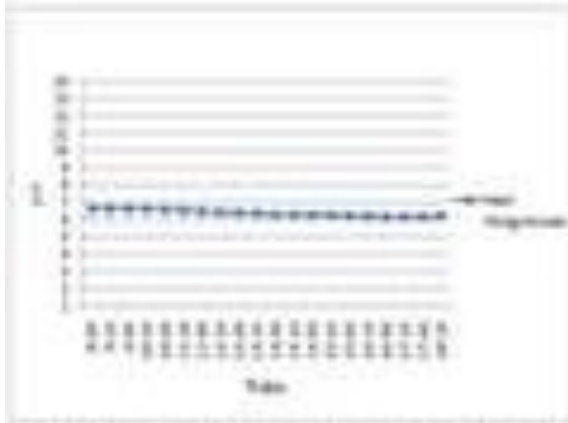
Uji coba pengontrolan pH digunakan larutan basa sebagai larutan yang diukur. Pengontrolan terjadi dengan katub asam terbuka hingga pH dalam larutan terukur menjadi stabil. Uji coba pengontrolan pH pada *ThingSpeak* terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hubungan Vo Sensor pH dengan Larutan Basa

Hasil pengukuran awal terjadi pada jam kurang dari 1.40 WIB. Hasil pengukuran sensor yang terbaca 9,84. Pengontrolan yang terjadi yaitu NodeMCU mengaktifkan relay yang terhubung dengan katub sehingga terbuka dan larutan asam mengalir ke air. Pengontrolan hidup dengan jarak apabila terjadi pengurangan pH 1 tingkat maka katub hidup selama 10 detik. nilai sensor yang terukur 9,84 maka larutan asam aktif selama 28,4 detik. Pada jam 1.54 WIB pengontrolan berhenti tepat pada hasil pengukuran sensor pH menunjukkan 6,65240. Hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa instrumen memiliki ketepatan yang tinggi.

Uji lapangan dilakukan pada tanaman Bayam. Larutan nutrisi pada tanaman Bayam membutuhkan kadar pH 6 – 7. Hasil pengontrolan pada uji lapangan yang dilakukan selama 10 jam untuk kestabilan yang bagus terdapat pada Gambar 17.



Gambar 17. Pengukuran dan Pengontrolan pH

Pada Gambar 17 merupakan grafik data pengukuran pH larutan nutrisi pada pukul 8.40 – 18.10 WIB. Data yang ditampilkan pada grafik yaitu pada pukul setengah jam sekali. Data yang ditampilkan ada sebanyak 20 data. Pada saat awal pengukuran, nilai pH adalah 6,659 nilai pH terus menurun sampai pada pukul 18.10 WIB nilai pH menunjukkan 6,247. Pengontrolan pH dikatakan stabil dalam rentang yang ditentukan.

Hasil pertama dari penelitian ini yaitu spesifikasi performansi dari sistem pengontrolan pH. Spesifikasi performansi dari instrumen ini terdiri dari sensor pH, rangkaian pengolah sinyal, kotak rangkaian berukuran 14,5x9,5x5 cm³, dan katub otomatis. Pengukuran pH menggunakan sensor pH sekaligus papan konverter pengkondisian sinyal. Sensor pH memiliki prinsip kerja menghasilkan beda potensial pada dinding kaca sensor. Pada kotak rangkaian terdapat berbagai komponen pendukung instrumen pengontrolan pH seperti modul relay, tombol power dan riset. Modul relay pada instrumen digunakan untuk memutus dan menghubungkan aliran arus pada katub selenoid. Pada modul relay memiliki 2 bagian yaitu kumparan dan saklar. Apabila ada arus yang mengalir pada sebuah inti pada kumparan maka terjadi medan magnet yang mengaktifkan saklar sehingga arus listrik terhubung^[19].

Hasil kedua yaitu pengaruh volume larutan asam terhadap pH dan tegangan keluaran. Hubungan larutan pH dengan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh instrumen yaitu semakin banyak larutan asam ditambahkan ke dalam air semakin kecil tegangan keluaran dan kadar pH asam yang dihasilkan. Aktivitas hidronium yang terjadi antara bulatan kaca sensor dengan larutan yang diukur menjadi inti dari pengukuran jumlah ion H₃O⁺. Keseimbangan tercapai antara larutan dengan kaca menghasilkan beda potensial. Beda potensial akan dikonversi pada rangkaian pengkondisian sinyal pada konverter^[10].

Hasil ketiga yaitu pengaruh larutan basa terhadap pH dan tegangan keluaran. Hubungan larutan basa dengan tegangan keluaran dan pH yaitu semakin banyak penambahan larutan basa semakin tinggi tegangan keluaran dan pH yang dihasilkan. Ion H⁺ dari bulatan kaca pada sensor terlepas untuk bercampur dengan larutan basa. Hal ini menciptakan muatan negatif pada dinding kaca sensor. Keseimbangan pergantian ion yang terjadi di antara dinding bulatan kaca dengan larutan akan menghasilkan beda potensial. Beda potensial akan dikonversi pada modul pengolah sinyal^[20].

Hasil keempat ada percobaan uji kalibrasi pembacaan pada sistem pengontrolan pH terdapat 2 buah hasil yaitu pada keadaan asam dan keadaan basa. Grafik hubungan pH dengan tegangan keluaran NodeMCU menghasilkan kesimpulan yaitu semakin lemah kadar pH asam suatu larutan atau mendekati pH aquades maka semakin tinggi tegangan yang terukur. Adapun pada keadaan basa didapatkan semakin tinggi kadar pH basa semakin tinggi tegangan keluaran yang dihasilkan. Perbandingan beda potensial antara buffer asam dan basa yaitu larutan asam memiliki beda potensial lebih tinggi dari pada larutan basa. Hasil pengkonversian beda potensial menjadi tegangan menghasilkan tegangan 0 – 3,3 Volt dengan hubungan menjadi garis linier berbanding lurus^[12].

Uji pengontrolan pada instrumen didapatkan ketepatan dan ketelitian yang tinggi dari instrumen. Kemampuan pengontrolan pH oleh sistem pengontrolan pH dapat dikatakan bagus dengan melihat hasil ketepatan dan ketelitian tinggi. Ketepatan dihasilkan dengan metoda pengkalibrasian sistem. Sistem yang baik memiliki ketepatan tinggi. Presisi dihasilkan melalui pengujian berulang. Pada pengujian terdapat hal-hal yang harus diperhatikan yaitu sistem, objek dan besaran yang sama^[20].

Hasil ke lima yaitu ketepatan pengontrolan instrumen pada uji skala lapangan. Pengontrolan dilakukan pada tanaman Bayam. Tanaman Bayam ditanam dengan paralon sepanjang 24 m sehingga air larutan nutrisi yang mengalir membutuhkan waktu yang lama untuk kembali pada bak. Kemampuan instrumen tinggi dalam menstabilkan pH tanaman Bayam. Waktu yang dibutuhkan dalam menstabilkan pH skala lapangan ini membutuhkan waktu yang agak lama karena larutan nutrisi terus mengalir pada pipa sampai penambahan pH teraduk rata. Hasil pengukuran dan pengontrolan dari instrumen didapatkan ketepatan data instrumen tinggi karena dapat menstabilkan pH larutan hidroponik.

KESIMPULAN

1. Hasil spesifikasi performansi dari instrumen pengontrolan pH larutan nutrisi terdiri dari sensor pH beserta modul rangkaian pengolah sinyalnya, rangkaian elektronik yaitu NodeMCU, relay, tombol reset dan tombol power dan katub selenoid otomatis. Hasil pengukuran instrumen

- ditampilkan pada *ThingSpeak*. Tampilan *ThingSpeak* dilihat pada ponsel android atau PC.
2. Pengaruh larutan asam terhadap pH pada hasil plot yaitu menurun. Apabila semakin banyak larutan asam diberikan ke larutan yang diukur maka nilai pH pada larutan tersebut akan semakin kecil. Persamaan yang dihasilkan oleh pengaruh larutan asam dengan nilai pH sensor yang dihasilkan adalah polinomial orde 4.
 3. Pengaruh larutan basa terhadap nilai pH yaitu meningkat. Apabila semakin banyak larutan basa yang diberikan ke larutan maka nilai pH yang dihasilkan akan semakin tinggi. Kedua parameter ini membentuk persamaan polinomial orde 4.
 4. Ketepatan rata-rata dan ketelitian rata-rata dari sistem pengontrolan uji skala laboratorium pada larutan asam yaitu 99,80% dan 99,90%. Sedangkan Ketepatan rata-rata dan ketelitian rata-rata dari sistem pengontrolan uji skala laboratorium pada larutan basa yaitu 98,26% dan 98,34%.
 5. Pada uji skala lapangan, nilai ketepatan pengontrolan dari instrumen adalah 6,247. Dari hasil data dapat dinyatakan kemampuan pengontrolan pH oleh instrumen dapat menstabilkan larutan nutrisi dengan baik. Instrumen sistem pengontrolan pH memiliki ketelitian yang tinggi.
- #### DAFTAR PUSTAKA
- [1] Engel, V. J. L. 2016. *Model Interferensi Konteks Internet of Things pada Sistem Pertanian Cerdas*. Jurnal Telematika, Vol. 11 No. 2. Bandung: Institut Teknologi Bandung
 - [2] Asrizal, & Sarinata, O. 2010. *Pengembangan Sistem Pengukuran Ketinggian Air Sungai Data Tersimpan dengan Sensor Jarak Ultrasonik Ping berbasis Mikrokontroler AT89S8252*. Jurnal Eksakta Vol 2
 - [3] Puspasari, I., Yosifine, T., & Harianto. 2018. *Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri*. Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Vol. 7 No. 1. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
 - [4] Ali, A. 2017. *Pengaruh Teknologi Pertanian Terhadap Produktivitas Hasil Panen Padi di Kecamatan Maritengngae Kabupaten Sidenreng Rappang*. Rappang: Sekolah Tinggi Ilmu Sosial dan Ilmu politik Muhammadiyah Rappang
 - [5] Habash, R. 2010. *Introduction to Control Systems, School of Information Technology and Engineering (SITE)*. Canada: University of Ottawa
 - [6] Asrizal, Yulkifli, & Melvi, S. 2012. *Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan Sensor Optocoupler berbasis Mikro kontroler AT89S52*. Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi Vol 4(1)
 - [7] Marta, A., Asrizal, & Yulkifli. 2014. *Prototipe Sistem Pengontrolan Temperatur dan Waktu Proses Perebusan Bubur Kedelai untuk Tahu berbasis Mikrokontroler AT89S52 dengan Pengindra IC LM35*. Jurnal Pillar of Physics Vol 4
 - [8] Ihsanto, E., & Hidayat, S. 2014. *Rancang Bangun Sistem Pengukuran pH Meter dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno*. Jurnal Teknologi Elektro Vol. 5 No. 3. Jakarta Barat: Universitas Mercu Buana
 - [9] Mujadin, A., Astharini, D., & Samijayani, O N. 2017. *Prototipe Pengendalian pH dan Elektrokonduktivitas pada Cairan Nutrisi Tanaman Hidroponik*. Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi Vol. 4 No. 1. Jakarta Selatan: Universitas Al-Azhar Indonesia
 - [10] Vanysek, P. 2004. *The Glass pH Electrode*. New Jersey : The Elelctronical Society
 - [11] Rosemount, A. 2010. *The Theory of pH Measurement*. United States: Emerson Process Management
 - [12] Radiometer A. 2001. *pH Theory and Practice*. Perancis: A Hach Company Brand
 - [13] Junaidi, A. 2015. *Internet Of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya*. Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan. ISSN: 2407 – 3911.
 - [14] Arsyistawa, N. 2017. *Aplikasi Wireless Sensor Untuk Pembacaan Meteran Air*. Jurnal Teknik Vol. 6 No. 2. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
 - [15] Syafiqoh, U., Sunardi, & Yudhana, A. 2018. *Pengembangan Wireless Sensor Network Berbasis Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian*. Jurnal Informatika: Jurnal pengembangan IT (JPIT), Vol.3 No.2. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan
 - [16] Amani, F., Prawiroredjo, K. 2016. *Alat Ukur Kualitas Air Minum dengan Parameter pH, Suhu, Tingkat Kekeruhan Dan Jumlah Padatan Terlarut*. JETri Vol 14 No1. Jakarta Barat: Universitas Trisakti
 - [17] Safutra, S. A. E., Kirom, M. R. & Suhendi, A. 2018. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Logika Fuzzy pada Pengaturan Konsentrasi Nutrisi Hidroponik dengan Metode Pengairan Nutrient Film Technique*. E-Proceeding of Engineering Vol.5 No.1 maret 2018.
 - [18] Umar, F. 1994. *Metodologi Penelitian untuk Insinyur*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
 - [19] Turang, D. A. O. 2015. *Pengembangan Sistem Relay Pengendalian dan Penghematan Pemakaian Lampu berbasis Mobile*. Kalimantan Timur: Sekolah Tinggi Teknologi Botang
 - [20] Teledo, M. 2016. *pH Theory Guide*. Switzerland: Mettler Teledo GmbH Analytical
 - [21] Fraden, J. 2003. *Handbook of Modern Sensors*. Newyork: Springer