

Sistem Pintar IoT Berbasis Arduino dan Android untuk Pengontrolan Kondisi pH dan TDS pada Pengairan Hidroponik

Smart IoT System of Arduino and Android Based for pH and TDS in Hydroponic Irrigation

Agus Ismail¹, Irvan Hermala², Nur Hendrasto³, Harisuddin⁴, Syukur Daulay^{5*}

^{1,2}Universitas Mercu Buana,

Jalan Meruya Selatan No. 1, Jakarta Barat, Indonesia

³Institut Tazkia,

Jl. Ir. H. Djuanda No. 78 Sentul City, Bogor 16810, Indonesia

⁴IKIP Muhammadiyah Maumere,

Jl. Jenderal Sudirman, Kelurahan Waioti, Kec. Alok Timur,

Kabupaten Sikka, Nusat Tenggara Timur, Indonesia

⁵STKIP Sinar Cendekia,

Jl. Lengkong Gudang Timur No.10, Serpong, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

*email: syukur@stkipsinarcendekia.ac.id

ABSTRAK

DOI;
10.30595/jrst.v6i1.12387

Histori Artikel:

Diajukan:
04/12/2021

Diterima:
02/11/2022

Diterbitkan:
11/11/2022

IoT merupakan salah satu kemajuan yang signifikan dalam bidang informasi dan teknologi dan terus dapat dikembangkan untuk kemudahan aktivitas manusia. Pada penelitian ini, Sistem pintar IoT berbasis arduino dan android untuk pengukuran keasaman dan nutrisi air pada hidroponik. Arduino digunakan sebagai prosesor data yang masuk dari sensor untuk ditampilkan pada layar dan direspon memalui relay untuk menghidupkan pompa jika nilai TDS dibawah nilai yang ditentukan. Data dari arduino dikirim ke *cloud firebase* sehingga bisa diakses melalui perangkat android. Perangkat lunak prosesor Arduino menggunakan bahasa C yang diedit pada IDE arduino. Android didesain menggunakan XML dan Kotlin untuk membantu proses control aplikasi yang dibuat menggunakan aplikasi android studio. Alat ukur arduino dikalibrasi dengan menggunakan data tegangan dan data PH serta data TDS yang seharusnya pada cairan kalibrasi. Kemudian didapatkan model linier untuk PH dan model polynomial pangkat tiga untuk TDS. Model tersebut diimplementasikan pada arduino dan didapatkan nilai pengukuran mendekati nilai kalibrasi dengan kesalahan 5.86% untuk PH dan 11.1% untuk TDS. Sistem IoT diamati dengan mencoba tampilan data serta otomasi dan control manual melalui android. Hasil tampilan, otomasi dan kontrol manual bekerja secara efektif sesuai fungsi sebagai IoT.

Kata Kunci: IoT, Arduino, Android, pH, TDS

ABSTRACT

IoT is a significant development in information and technology area and still being developed to help human activities. In this research, an IoT smart system that based on arduino and android for acidity and water nutrition in hydroponic. Arduino is used as processor of the incoming data from sensor that will be displayed in screen and responded through relay to activate pump if the TDS level is under the predetermined value. The data will be also transferred to firebase cloud so it can be accessed by android device. The software that used by arduino is C programming language that is edited by arduino IDE. Android was designed using XML

and Kontlin to control process and result in application that is built in android studio. The Arduino instruments were calibrated by using voltage and values of PH and TDS data from calibration liquid. That is gotten linier model for data of PH and polynomial power of three for TDS data. These models were implemented in arduino that lead getting measurement results that near the calibration value by errors of 5.86% for PH and 11% for TDS. IoT system was observed by trying the view, automation and manual control via android devices. Ther result of them showed that IoT was fully functional.

Keywords: IoT, Arduino, Android, pH, TDS

1. PENDAHULUAN

Penggunaan lahan untuk produksi pangan semakin berkurang akibat urbanisasi dan pembangunan infrastruktur yang tidak terkendali (Gruda, Bisbis, & Tanny, 2019). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan pangan dunia, teknologi baru dalam produksi pangan harus dilakukan. Metode pertanian tradisional menghadirkan sejumlah tantangan, termasuk perubahan musim, kerentanan penyakit, penggunaan anorganik yang berlebihan, dan kurangnya standar internasional (Jones, J. B., 2005). Saat ini, hidroponik adalah metode penanaman yang populer di mana tanaman tumbuh di media terpisah yang dipilih oleh pembudidaya seperti sabut gambut, batu tumbuh, kerikil, wol batu, dan lain sebagainya (Shrestha, Student, & Dunn, n.d.). Sistem hidroponik, mengatur metode budidaya tanaman di daerah dengan ruang terbatas dan lingkungan yang menantang (Roidah, 2015). Selain itu, Sistem hidroponik bermanfaat bagi tanaman dan lingkungan karena dapat memberi tanaman nilai nutrisi yang lebih tinggi dan kemampuan untuk mengontrol nutrisi melalui larutan nutrisi (Sharma, Acharya, Kumar, Singh, & Chaurasia, 2019). Tujuan utama hidroponik adalah untuk menghemat air sekaligus meningkatkan hasil tanaman dengan menghilangkan efek negatif pestisida (Nguyen, McInturf, & Mendoza-Cozatl, 2016).

Hidrokultur adalah sumber hidroponik (Mohammed & Sookoo, 2016) (Belhekar, Thakare, Budhe, Shinde, & Waghmode, 2018). Ini adalah teknik untuk menumbuhkan dan merawat tanaman di lingkungan yang tidak dinodai dengan mencampurkan larutan nutrisi ke dalam air karena tanaman hanya dapat tumbuh jika akarnya terkena larutan mineral (Beckles, 2012). Dalam beberapa kasus, media tanah lembam seperti kerikil atau perlit dapat membantu akar (Manokar, Winston D, Kabeel, & Sathyamurthy, 2018). Dalam sistem hidroponik, larutan nutrisi diakumulasikan dari kotoran ikan, kotoran hewan, kotoran burung, atau nutrisi umum, dengan kaca, batu, logam, kayu, sayuran padat, dan beton digunakan untuk membangun sistem tempat pertumbuhan hidroponik (Nalwade & Mote, 2017). Sistem

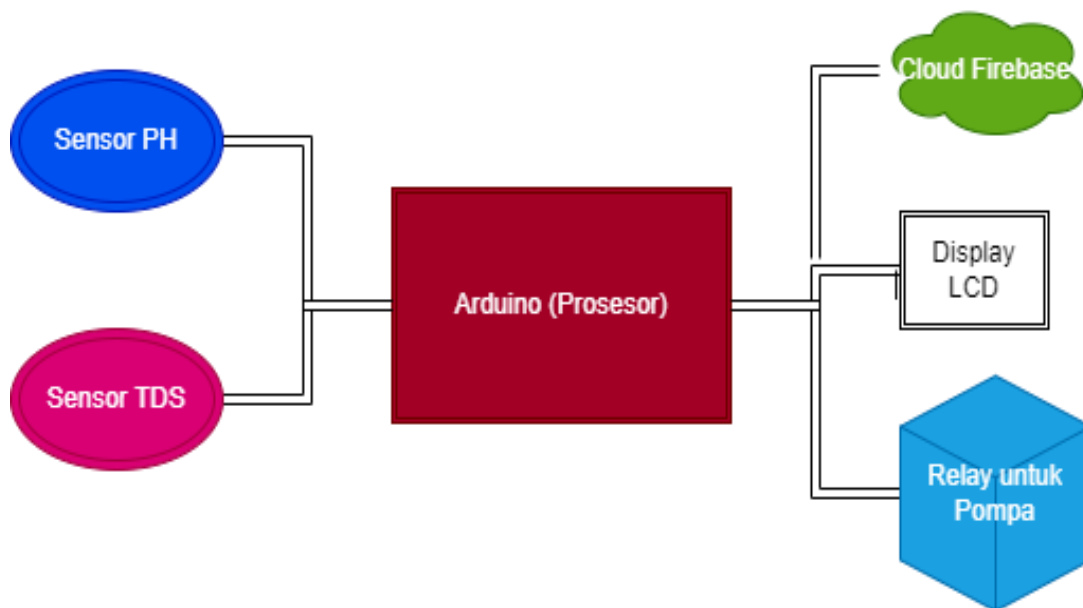
yang dibangun harus terlindung dari sinar matahari langsung sehingga akan membantu dalam pencegahan pertumbuhan alga dalam larutan nutrisi (Charumathi, Kaviya, Kumariyarasi, Manisha, & Dhivya, 2017).

Terlepas dari apakah sistemnya berbasis tanah atau hidroponik, kebutuhan mendasar tanaman adalah memberi makan dirinya sendiri dengan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan. Banyak senyawa kimia yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang laju penyerapan berbanding lurus dengan konsentrasi nutrisi di dekat akar dalam larutan pada tanaman hidroponik (Othman, Basirun, Yahaya, & Arof, 2001). Namun, Larutan nutrisi harus diganti seminggu sekali atau ketika konsentrasi larutan turun di bawah nilai nominal (Lakkireddy, Kondapalli, & Sambasiva Rao, 2012). Berbagai cara telah dilakukan oleh para peneliti agar proses penggantian larutan nutrisi dapat dilakukan secara otomatis dengan memasang sensor pada sistem tersebut (Charumathi et al., 2017) (Belhekar et al., 2018) (Wedashwara, Ahmadi, & Arimbawa, 2019).

IoT atau Internet of things merupakan teknologi yang sangat maju dikarenakan kemajuan teknologi jaringan, informasi dan komunikasi. Secara umum IoT bekerja dengan prinsip sebuah perangkat IoT (seperti arduino) mengirimkan sinyal ke cloud kemudian diterima di perangkat (HP atau laptop) melalui cloud. Perangkat (HP atau Laptop) bisa juga mengontrol perangkat dengan mengirimkan data control ke colud dan akan diterima perangkat IoT dan menjalankan respon yang diperintahkan (Hardana & Radian Ferrari Isputra, 2019).



Gambar 1. Diagram blok IoT berbasis Arduino dan Android



Gambar 2. Diagram sistem arduino

Studi ini mengusulkan penggunaan *Internet of Things* (IoT) untuk mengklasifikasikan keadaan lingkungan dalam implementasi sistem hidroponik bertenaga surya. Penelitian akan fokus pada pengembangan perangkat *Internet of Things* alat ukur pH dan TDS yang akan mengumpulkan data tentang kondisi lingkungan, seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban.

IoT dan hidroponik adalah dua hal yang terlihat terpisah namun sebenarnya bisa dibuat dalam satu sistem. Sistem ini sangat cocok untuk masyarakat perkotaan dimana kehidupan perkotaan menyisakan sedikit lahan untuk bercocok tanam dan masyarakat urban memiliki keterbatasan waktu untuk mengurus pertanian. Dengan membuat hidroponik yang dikontrol dengan IoT maka masyarakat perkotaan dapat menikmati bertani ala pedesaan dengan lahan dan waktu yang terbatas. Selain fungsi tersebut pertanian

hidroponik dapat menghasilkan nilai ekonomi yang lebih baik dari pertanian konvensional (Rodríguez, Montoya-Munoz, Rodriguez-Pabon, Hoyos, & Corrales, 2021). Android dimasukkan dalam sistem ini karena android adalah platform yang saat ini banyak digunakan di dunia (Antoni & Suharjana, 2019).

2. METODE PENELITIAN

Pada proses pembuatan IoT ini maka ada beberapa tahapan yang dilalui sebelum diimplementasikan dalam peralatan IoT yang diharapkan.

2.1 Desain Rangkaian dan Komponen

Secara umum, instrumentasi alat ukur dibagi dalam tiga kelompok besar yaitu transduser (sensor), prosesor dan *display* (tampilan). Komponen transduser adalah komponen yang mengubah besaran yang diukur menjadi besaran energi listrik sehingga dapat dideteksi oleh komponen elektronika. Prosesor

adalah komponen yang memproses sinyal listrik dari transduser untuk dikonversi ke besaran yang diharapkan. *Display* adalah untuk menampilkan dan merespon hasil dari prosesor. Komponen komponen yang dipakai dalam penelitian ini adalah arduino wemos esp32, sebagai prosesor. Modul sensor pH dan modul sensor TDS merupakan transduser. Relay 2 kanal dan LCD merupakan *display* dan respon. Beard Board, tombol dan pompa merupakan komponen pendukung dari perangkat.

Sebagaimana IoT pada umumnya maka diagram blok untuk IoT terdiri dari Arduino , *cloud* dan Android seperti ditunjukkan pada gambar 1. Sistem arduino merupakan sistem yang terdiri dari komponen sensor, prosesor dan tampilan atau respon seperti ditunjukkan pada gambar 2.(Hardana & Radian Ferrari Isputra, 2019).

2.2 Algoritma, Perangkat Lunak dan Basis Data

Algoritma secara bahasa dapat diartikan sebagai langkah-langkah kerja atau cara menyelesaikan masalah (Maulana, 2017)(Ardyan, Suyitno, & Mulyono, 2017). Implementasi algoritma dalam bentuk *coding* bisa saja dilakukan dalam bahasa pemrograman yang berbeda namun untuk masalah yang sama umumnya memiliki algoritma yang sama. Jadi kegiatan pemrograman adalah implementasi algoritma penyelesaian masalah agar bisa dijalankan di komputer.

Algoritma dari sistem ini adalah bahwa alat ukur mengambil data PH dan TDS. Kemudian data dari sensor diproses di arduino kemudian arduino mengirim data ke display, mengirim pesan ke *relay* dan basis data. Android menarik data dari basis data dan ditampilkan di layar aplikasi. Android bisa mengirim data ke basis data untuk diterima oleh arduino untuk direspon sesuai perintah seperti menyalakan pompa. Arduino menarik data dari basis data dan mengirim ke *relay* untuk melakukan respon.

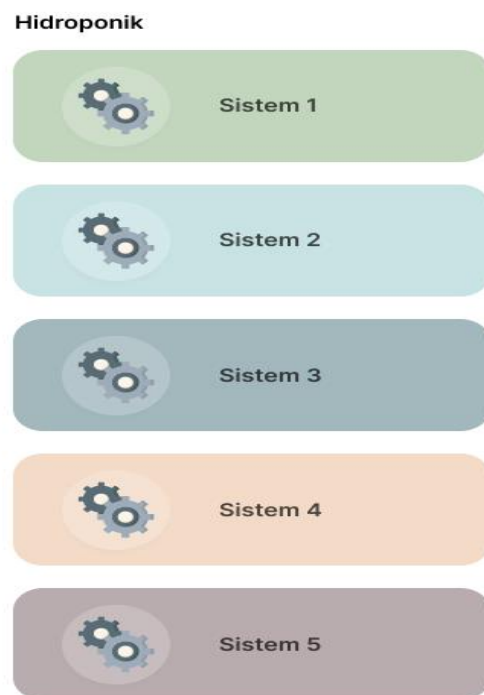
Perangkat lunak yang digunakan adalah *Integrated Development Environment* (IDE) arduino dengan bahasa pemrograman C untuk prosesor arduino(Mochamad Fajar Wicaksono, 2019). Proses perancangan perangkat lunak arduino memerlukan beberapa *library* untuk mendukung proyek ini yaitu berupa *library* ESP 32 dan *library* LCD berupa *Liquid Crystal I2C*. Basis data yang digunakan adalah basis data google yaitu *firebase*. Android didesain dengan anroid studio dengan bahasa *Extensible Markup Language* (XML) dan kotlin. XML digunakan untuk tata letak dan dekorasi tampilan

sementara kotlin untuk kontrol proses aplikasi dan hasilnya.

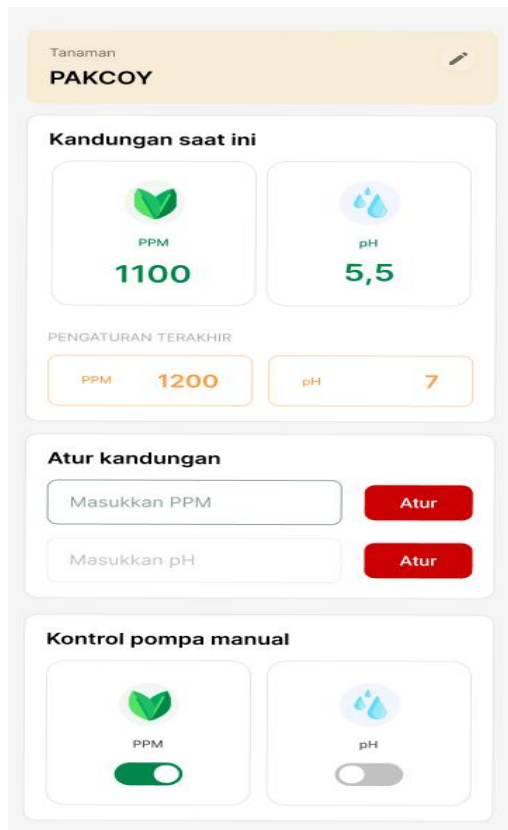
Basis data yang digunakan pada aplikasi ini adalah basis data *firebase* yang merupakan sistem basis data berbasis *cloud* yang dimiliki oleh google. Penyimpanan data pada *firebase* adalah berbentuk *Javascript Object Notation* (JSON) yang memiliki sifat *real time*(Rosyana Fitria Purnomo, 2020).

2.3 Antarmuka Android dan Diagram Alir Pengguna

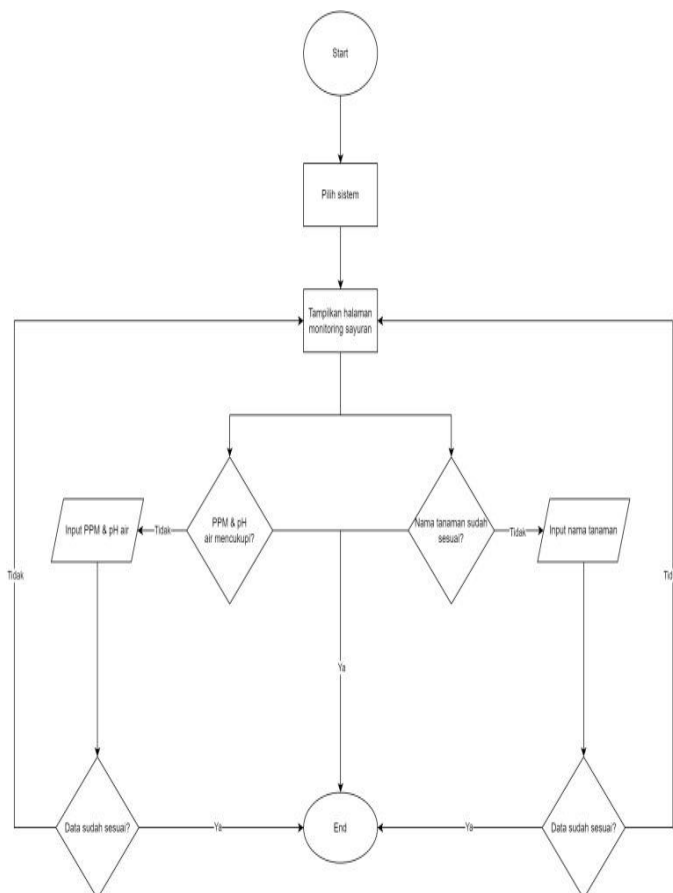
Dalam desain sebuah aplikasi maka seorang pengembang aplikasi melakukan pemetaan proses pengguna dalam menggunakan aplikasi (AS & M. Shalahudin, 2014) seperti sebuah cerita sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5. Saat pengguna membuka aplikasi maka akan muncul halaman pilihan untuk sistem yang akan dipilih. Pengguna memilih sistem yang akan dikontrol untuk jenis sayuran tertentu seperti pada gambar 3. Setiap sistem akan berkorelasi satu satu dengan jenis tanaman yang ditetapkan seperti pada gambar 4 berupa sayuran pakcoy. Pengguna menentukan batas untuk nilai PH dan nilai TDS untuk menentukan fungsi kontrol nilai dan otomasi pompa dimana pompa akan menyala ketika nutrisi dan PH yang diharapkan tidak sesuai. Selain menggunakan sistem otomasi pompa, pengguna juga bisa menggunakan kontrol secara manual melalui tombol pompa yang ada di aplikasi.



Gambar 3. Desain halaman utama aplikasi



Gambar 4. Salah satu contoh halaman sayuran sistem 1



Gambar 5. Diagram alir pengguna andorid

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam bagian ini akan dibagi ke dalam beberapa poin yaitu fabrikasi IoT, kalibrasi alat ukur dan tampilan pada alat dan Android.

3.1 Fabrikasi Alat dan Cara Kerja

Sensor TDS dan sensor PH masing-masing dihubungkan dengan pin 34 dan 35 sementara pin tombol satu dan tombol dua dihubungkan di ke 12 dan 13 serta dua pompa dihubungkan ke pin 14 dan 27. Data dibaca dan disetup sebagai pin untuk menerima data. Hal ini sesuai dengan yang dituliskan pada sebagian file .ino berikut ini pada gambar 6 dan gambar 7.

```
//PIN YANG DIGUNAKAN
const int pH = 34;
const int pinTds = 35;
const int button1 = 12;
const int button2 = 13;
const int pompa1 = 14;
const int pompa2 = 27;
```

Gambar 6. Penetapan pin-pin pada arduino

```
pinMode(pinTds, INPUT);
pinMode(button1, INPUT_PULLUP);
pinMode(button2, INPUT_PULLUP);
pinMode(pompa1, OUTPUT);
pinMode(pompa2, OUTPUT);
pinMode(pH, INPUT);
digitalWrite(pompa1, HIGH);
digitalWrite(pompa2, HIGH);
```

Gambar 7. Penetapan nilai awal pin-pin arduino

3.2 Kalibrasi Pengukuran TDS dan PH

Kalibrasi PH dan TDS dilakukan dengan cairan kalibrasi masing PH 4.01 , 6.82 dan 9.18 serta TDS 342, 500, 700, 1000, 1382 dan 1500 ppm. Sensor PH dan TDS dimasukkan pada cairan kalibrasi masing-masing dan kemudian data tegangan dan besar PH dan TDS cairan kalibrasi yang didapatkan diplot sehingga dihasilkan hubungan antara tegangan dari nilai hasil ukur masing-masing sensor. Dari hasil perhitungan garis *trend* didapatkan fungsi linier untuk kalibrasi PH sebagaimana teknik yang digunakan para praktisi arduino (Mochamad Fajar Wicaksono, 2019) seperti ditunjukkan pada grafik gambar 10. Fungsi linier tersebut di implementasikan pada bagian kode untuk arduino seperti pada gambar 8.


```
int nilaiSensorPH=analogRead(34);
float teganganPH=nilaiSensorPH*(5.0/1023.0);
float nilaiPH=-1.43*teganganPH+28.3;
```

Gambar 8. Implementasi model linier pada PH

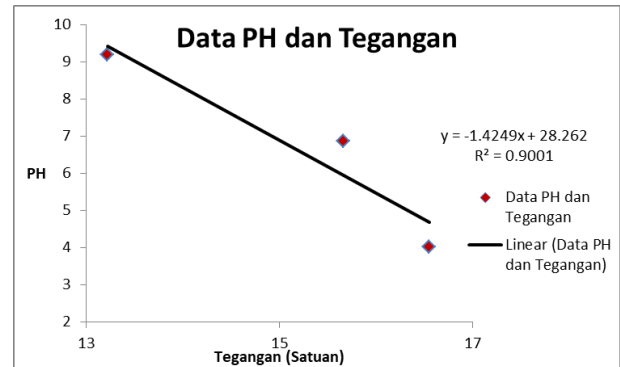
Setelah dilakukan implementasi fungsi linier dilakukan pengukuran cairan kalibrasi kembali. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 1. Hasil pengukuran ini mendekati nilai kalibrasi. Ketika dihitung rata-rata kesalahan relatif didapatkan angka 5.86%.

TDS juga dilakukan hal yang sama dan didapatkan data antara tegangan dan nilai TDS kalibrasi pada gambar 11. Ketika dibuat plot linier dan kuadrat maka didapatkan nilai R-kuadrat yang cukup baik yaitu 0,8 untuk model linier dan 0.92 untuk model kudrat dan 0.97 untuk model polynomial pangkat tiga. Hasil ini mirip dengan penelitian sebelumnya bahwa hasil TDS memiliki hubungan polynomial pangkat tiga dengan tegangan (Goparaju, Vaddhiparthy, Pradeep, Vattem, & Gangadharan, 2021). Sehingga digunakanlah model tersebut dalam kalibrasi ini. Model tersebut diimplementasikan pada perangkat lunak arduino dalam bahasa C seperti gambar 9.

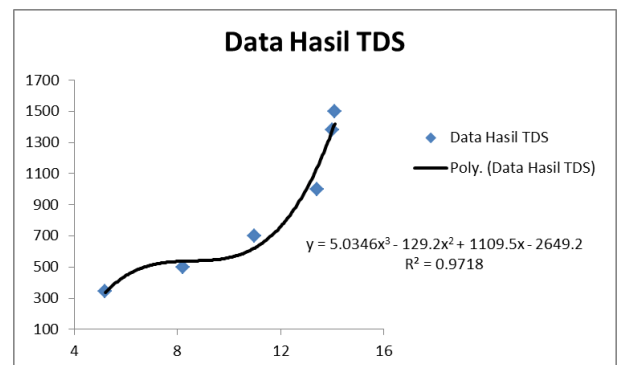
```
int nilaiSensorTDS=analogRead(35);
float teganganTDS=nilaiSensorTDS*(5.0/1023.0);
float nilaiTDS=5*teganganTDS*teganganTDS*teganganTDS
-129.2*teganganTDS*teganganTDS
+1109*teganganTDS-2649.2;
```

Gambar 9. Implementasi model polynomial pangkat tiga untuk kalibrasi nilai TDS

Setelah dilakukan koreksi dengan kalibrasi, pengukuran dilakukan ulang dan didapatkan data seperti pada tabel 2 dimana hasil mendekati hasil kalibrasi dengan rata-rata kesalahan 11.1%. Angka ini merupakan angka yang cukup signifikan untuk alat ukur yang presisi namun dapat diterima untuk keperluan praktis.



Gambar 10. Data PH terhadap tegangan



Gambar 11. Data Hasil TDS terhadap tegangan

Tabel 1. Tabel hasil pengukuran PH setelah dilakukan kalibrasi

PH Kalibrasi	Hasil Ukur	Tegangan	Mutlak selisih	%selisih
4.01	4.26	16.77	0.25	6.23
6.86	6.18	15.47	0.68	9.91
9.14	9.27	13.31	0.13	1.42
			Rata-rata kesalahan	5.86

Tabel 2. Tabel hasil pengukuran TDS setelah dikalibrasi

TDS Kalibrasi	Hasil Ukur	Tegangan	Mutlak selisih	Persen Selisih
342	387	5.58	45	13.2
500	513	8.38	13	2.6
700	600	11.23	100	14.3
1000	1200	13.83	200	20.0
1382	1317	14.05	65	4.7
1500	1320	14.11	180	12.0
			Rata-rata selisih	11.1

3.3 Tampilan LCD dan Android

Tampilan hasil pengukuran di layar android dan LCD sudah efektif menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan. Ketika dilakukan pengukuran maka tampilan di android dan LCD menunjukkan nilai yang sama meski dengan keterlambatan beberapa detik karena memang diatur bahwa pengiriman data dalam waktu 15 detik. Android

mengambil data dari firebase seperti fungsi yang diimplementasi pada gambar 12.

```
private fun getDataFromFirebase() {
    database = FirebaseDatabase.getInstance().getReference("sistem1/sistem1")
    database.get().addOnSuccessListener {
```

Gambar 12. Implementasi fungsi mengambil data dari firebase

3.4 Efektivitas Otomasi Dan Kontrol Manual

Automasi bekerja dengan nilai-nilai yang diberikan batas pada nilai PH dan nilai TDS minimum. Dan ketika berikan nilai PH di bawah nilai yang ditetapkan maka pompa menyala. Begitu juga dengan TDS jika diberikan cairan TDS kalibrasi di bawah standard yang diberikan maka pompa akan menyala.

Kontrol manual dapat juga dilakukan melalui android. Dengan menekan pompa PH atau pompa TDS maka akan pompa akan menyala. Ketika dilakukan control manual maka terjadi seperti yang diharapkan. Dimana pompa nutrisi menyala ketika dikontrol dari sistem.

4. KESIMPULAN

Sistem pintar IoT berbasis arduino dan android telah berhasil dibuat pada penelitian ini. IoT digunakan untuk mengukur PH dan TDS yang kemudian mengirimkan data dan merespon otomatis dengan menghidupkan pompa nilai TDS kurang dari yang ditentukan. Selain itu arduino juga mengirim data ke cloud sehingga data dapat diakses melalui perangkat android yang sekaligus juga bisa mengirim perintah untuk menghidupkan pompa. Hasil pengukurannya dikalibrasi dan mendapatkan hasil dengan kesalahan 5.86% untuk PH dan 11.1% untuk TDS.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, M., & Suharjana, S. (2019). Aplikasi kebugaran dan kesehatan berbasis android: Bagaimana persepsi dan minat masyarakat? *Jurnal Keolahragaan*, 7, 34-42.
- Ardyan, S., Suyitno, A., & Mulyono. (2017). Implementasi Algoritma Dijkstra Dalam Pencarian Rute Terpendek Tempat Wisata Di Kabupaten. *UNNES Journal of Mathematics*, 6(2), 108-116.
- AS, R., & M. Shalahudin. (2014). *Rekayasa Perangkat Lunak: Terstruktur dan berorientasi objek*. Bandung: Informatika.
- Beckles, D. (2012). Factors affecting the

postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 63, 129-140.

- Belhekar, P., Thakare, A. D., Budhe, P., Shinde, U. R., & Waghmode, V. (2018). DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SMART FARMING WITH HYDROPONIC STYLE. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9, 427-431.
- Charumathi, S., Kaviya, R. M., Kumariyarsi, J., Manisha, R., & Dhivya, P. (2017). Optimization and Control of Hydroponics Agriculture using IOT. *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, 1(2), 96-98. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2941105
- Goparaju, S. U. N., Vaddhiparthy, S. S. S., Pradeep, C., Vattam, A., & Gangadharan, D. (2021). Design of an IoT System for Machine Learning Calibrated TDS Measurement in Smart Campus. *2021 IEEE 7th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* (pp. 877-882).
- Gruda, N., Bisbis, M., & Tanny, J. (2019). Influence of climate change on protected cultivation: Impacts and sustainable adaptation strategies - A review. *Journal of Cleaner Production*, 225, 481-495. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619309102>
- Hardana, & Radian Ferrari Isputra. (2019). *MEMBUAT APLIKASI IOT: INTERNET OF THINGS*. (Lukmanul Hakim, Ed.) (I). Yogyakarta: Lokomedia.
- Jones, J. B., J. (2005). *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*. (J. Jones, J. B., Ed.) (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press Inc. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20053080441>
- Lakkireddy, K., Kondapalli, K., & Sambasiva Rao, K. R. S. (2012). Role of Hydroponics and Aeroponics in Soilless Culture in Commercial Food Production. *Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology (RRJoAST)*, Volume 1, Pages 26-35.
- Manokar, A., Winston D, P., Kabeel, A. E., & Sathyamurthy, R. (2018). Sustainable fresh water and power production by integrating PV panel in inclined solar still.

- Journal of Cleaner Production*, 172, 2711–2719.
- Maulana, G. (2017). PEMBELAJARAN DASAR ALGORITMA DAN PEMROGRAMAN MENGGUNAKAN EL-GORITMA BERBASIS WEB. *Jurnal Teknik Mesin*, 6, 8.
- Mochamad Fajar Wicaksono. (2019). *Aplikasi Arduino Dan Sensor Di Sertai 32 Proyek Sensor Dan Robot*. Bandung: Informatika.
- Mohammed, S., & Sookoo, R. (2016). Nutrient Film Technique for Commercial Production. *Agricultural Science Research Journal*, 6, 269–274.
- Nalwade, R., & Mote, T. (2017). Hydroponics farming. *2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI)*, 645–650.
- Nguyen, N., McInturf, S., & Mendoza-Cozatl, D. (2016). Hydroponics: A Versatile System to Study Nutrient Allocation and Plant Responses to Nutrient Availability and Exposure to Toxic Elements. *Journal of Visualized Experiments*, 2016.
- Othman, R., Basirun, W. J., Yahaya, A. H., & Arof, A. K. (2001). Hydroponics gel as a new electrolyte gelling agent for alkaline zinc-air cells. *Journal of Power Sources*, 103(1), 34–41. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775301008230>
- Rodríguez, J. P., Montoya-Munoz, A. I., Rodriguez-Pabon, C., Hoyos, J., & Corrales, J. C. (2021). IoT-Agro: A smart farming system to Colombian coffee farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106442. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169921004592>
- Roidah, I. S. (2015). PEMANFAATAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROPONIK. *Jurnal BONOROWO*, 1(2 SE-Articles), 43–49. Retrieved from <https://journal.unita.ac.id/index.php/bonorowo/article/view/14>
- Rosyana Fitria Purnomo. (2020). *Firestore Membangun Aplikasi Berbasis Android*. Yogyakarta: Penerbit andi.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. (2019). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17, 364–371.
- Shrestha, A., Student, G., & Dunn, O. B. (n.d.). HLA-6442 Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Wedashwara, W., Ahmadi, C., & Arimbawa, I. W. A. (2019). Sequential fuzzy association rule mining algorithm for plants environment classification using internet of things. *AIP Conference Proceedings*, 2199(1), 30004. American Institute of Physics. Retrieved from <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5141287>