

**Rancang Bangun Sistem Pencampuran Nutrisi pada Fertigasi untuk Hidroponik Berbasis IoT
(Internet of Things)*****The Development of IoT-Based Nutrient Mixing System for Hydroponic Fertigation*****I Made Andika Dwi Trisna Wibawa, Sumiyati*, I Putu Gede Budisanjaya***Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia**Email: sumiyati@unud.ac.id**Abstrak**

Perkembangan IoT (*Internet of Things*) dalam upaya menyatukan dunia nyata, dunia *cyber*, dan dunia sosial juga telah dimanfaatkan pada sektor pertanian salah satunya pada pertanian dengan sistem hidroponik. Kebutuhan nutrisi yang tepat membutuhkan suatu sistem yang dapat membantu petani dalam memberikan nutrisi yang tepat didukung oleh perkembangan teknologi dengan bantuan sensor untuk mengukur konsentrasi nutrisi pada tangki utama. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem pencampuran nutrisi pada fertigasi untuk hidroponik berbasis IoT (*Internet of Things*), yaitu sistem yang dapat memberikan nutrisi berupa pupuk AB *Mix* terlarut sesuai dengan kebutuhan petani secara jarak jauh melalui jaringan internet. Rancang bangun sistem yang dihasilkan pada penelitian ini meliputi penggunaan Arduino Mega 2560 R3 sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan sensor DS18B20 sebagai pengukur suhu, sensor Keyestudio KS0429 sebagai pengukur konsentrasi nutrisi, relay sebagai pengendali aplikator, LCD 16x2 sebagai penampil data, NodeMCU Lolin V3 sebagai pengirim dan penerima data pada Google *Firestore* (*server database*) melalui internet pada jaringan WiFi (*Wireless Fidelity*), serta perangkat lunak *user interface* pada *smartphone* dengan OS Android yang berfungsi sebagai media antar muka untuk petani dalam memantau konsentrasi nutrisi dan menentukan nilai *set point* yang diinginkan. Sistem yang dirancang menghasilkan prototipe yang telah berhasil membaca, mengirim, menerima, dan menyimpan data dengan koneksi internet yang sangat baik pada jaringan WiFi, hasil uji sensor DS18B20 dengan tingkat korelasi yang kuat sebesar 0.89 dan sensor Keyestudio KS0429 sebesar 0.8 dengan metode Pearson, serta hasil uji prototipe keseluruhan dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 0.08 serta efisiensi waktu dalam pemberian nutrisi sebesar 77.77%.

Kata kunci: *android, fertigasi, hidroponik, internet of things, sistem pencampur nutrisi.***Abstract**

The development of IoT (Internet of Things) is an effort to unite the real world, the cyber world, and the social world has also been used in the agricultural sector, such as in hydroponic system. Proper nutrition requires a system that can assist farmers in providing the right nutrients concentration supported by technological developments with the help of sensors to measure them in the main tank. The purpose of this research is to develop IoT-based nutrient mixing system for hydroponic fertigation, that can provide nutrients in the form of dissolved AB Mix fertilizer according to the farmer needs via the internet remotely. The design in this research includes the use of Arduino Mega 2560 R3 as a microcontroller which is connected to the DS18B20 sensor as a temperature sensor, Keyestudio KS0429 sensors to measure nutrient concentration, relay as an applicator controller, the 16x2 LCD as a data display, NodeMCU Lolin V3 as a sender and data receiver on Google *Firestore* (database server) via the internet on a WiFi (Wireless Fidelity) network, as well as the user interface software for Android OS *smartphone* that can be used by farmers to monitor the nutrient concentrations and determine the desired set point value. The system has successfully read, sent, received, and stored data with a fast internet connection over a WiFi network, the test result of the DS18B20 sensor with a strong correlation level of 0.89 and the Keyestudio KS0429 sensor of 0.8 with the Pearson method, and the result of overall prototype test with RMSE (Root Mean Square Error) value of 0.08 and time efficiency in providing nutrition is 77.77%.

Keyword: *android, fertigation, hydroponic, internet of things, nutrient mixing system.*

PENDAHULUAN

Hidroponik merupakan suatu sistem dalam membudidayakan tanaman yang tingkat kegagalan produksi yang rendah dengan pemberian larutan nutrisi pada air sebagai pengganti pada media tanah yang digunakan (Jensen, 1997 & Suarjana *et al.*, 2020). Hidroponik menerapkan sistem fertigasi yang memungkinkan pemberian nutrisi lebih efisien dikarenakan dapat diberikan sesuai dengan usia tanaman (Hahn & González, 2013 & Susilawati *et al.*, 2012). Nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman harus diberikan secara tepat (Ainina & Aini, 2018). Adapun tiga golongan unsur yang dibutuhkan tanaman, yaitu kelompok unsur aktif diserap oleh akar tanaman (N, P, K, dan Mn), kelompok dengan tingkat serapan sedang (Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo, dan Cl), serta kelompok pasif seperti Ca dan B (Bugbee, 2004). Ketiga kelompok jenis nutrisi tersebut dapat ditemukan pada pupuk AB *Mix* yang umum digunakan dalam budidaya tanaman secara hidroponik (Sembiring & Maghfoer, 2018).

Pemberian jumlah nutrisi dapat mempengaruhi produktivitas tanaman sehingga pemberian jumlah atau dosis nutrisi yang tepat pada tanaman yang dibudidayakan akan memberikan hasil produksi yang baik (Nowak, 1977 & Tufik *et al.*, 2019). Saat ini umumnya petani menggunakan metode manual dalam pemberian nutrisi pada budidaya tanaman secara hidroponik. Rendahnya tingkat akurasi alat ukur yang digunakan serta suhu air yang diabaikan saat proses pengukuran konsentrasi nutrisi dapat mempengaruhi nilai konsentrasi nutrisi yang diberikan (Widodo & Stiyawan, 2020). Ditambah dengan adanya kesalahan oleh manusia baik dilakukan secara sengaja maupun tidak disengaja yang dapat memperparah keadaan tersebut. Sehingga diperlukan suatu sistem yang efisien dalam menjaga nilai konsentrasi nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Saat ini dunia telah berada di era *ubiquitous computing* atau web 0.3 dengan terobosan IoT (*Internet of Things*) yang berkembang sangat pesat dengan dorongan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Perkembangan IoT kedepannya akan berupaya untuk menghubungkan dunia nyata, dunia *cyber*, dan dunia sosial (Hesham *et al.*, 2015 & Junaidi, 2015). Seperti yang dipaparkan oleh Sugiyanto (2020) teknologi pencampuran nutrisi telah dimanfaatkan oleh perusahaan PT Nudira Sumber Daya Indonesia. Sistem pada perusahaan tersebut diterapkan secara *on wired* ke komputer utama sehingga penerapannya belum cukup efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh Eridani *et al.* (2017) tentang perancangan dan implementasi prototipe sistem pemberian nutrisi otomatis untuk hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) berbasis Arduino menghasilkan prototipe dengan akurasi sensor TDS Meter yang tinggi yaitu sebesar 97.8% walau prototipe tersebut hanya merupakan bangun semi permanen jika dilihat dari belum adanya sensor suhu, desain kerangka, *power supply*, pelindung dari arus pendek, dan beberapa hal yang masih perlu ditingkatkan. Peningkatan tersebut antara lain penggunaan solenoid *valve* dan pompa air sebagai pengganti servo, penambahan suhu air sebagai pengaruh variasi toleransi pengukuran dari sensor TDS Meter, serta pengaplikasian IoT pada sistem yang terhubung dengan *smartphone* dengan sistem operasi Android sehingga sistem dapat diakses dimanapun dan kapanpun (*real-time*). Sehingga dalam penelitian ini akan merancang bangun sistem pencampuran nutrisi pada fertigasi untuk hidroponik berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan tujuan untuk merancang bangun prototipe dan perangkat lunak serta menguji kinerja alat yang dibangun.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di tempat budidaya tanaman secara hidroponik bertempat di Br. Dinas Darma Kelod, Desa Riang Gede, Kecamatan Penebel, Tabanan, Bali, Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Alam, serta di Laboratorium Sistem Manajemen Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Sudirman. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Juli 2021.

Bahan dan Alat

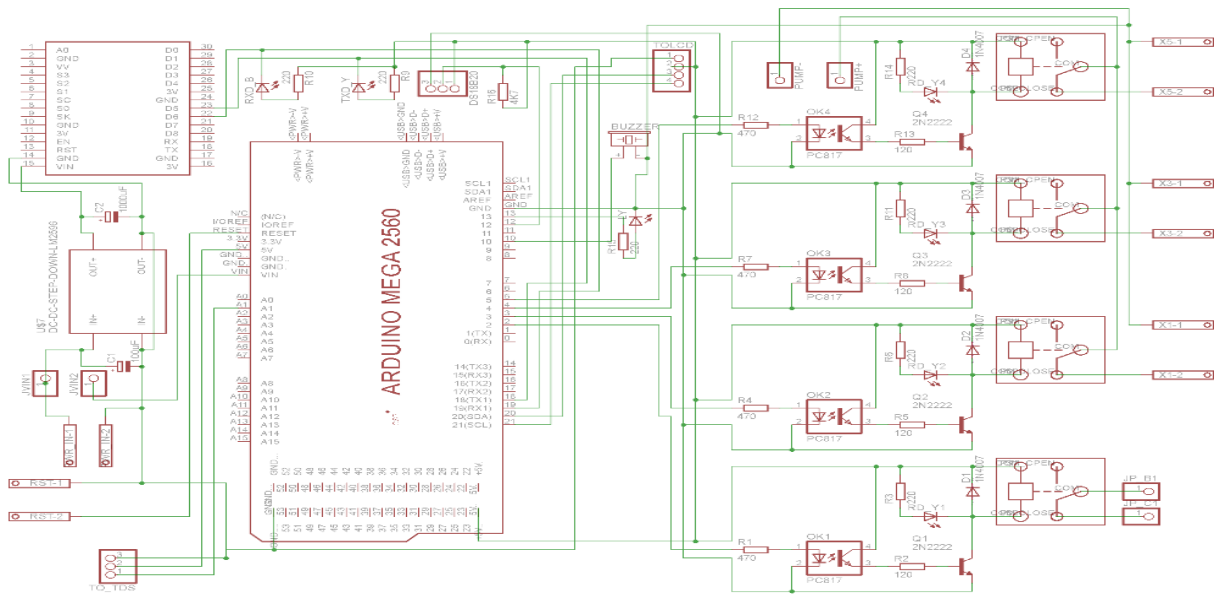
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Mega 2560 R3, sensor DS18B20, sensor Keystudio KS0429, NodeMCU Lolin V3, relay 5 V, regulator LM2596, *optocoupler* PC817, LED 3 mm, resistor, LCD 16x2 karakter, baja ringan, adaptor AC-DC 12 V, *jerrycan* air 5 liter, serta beberapa komponen pendukung. Alat yang dibutuhkan, yaitu Android *smartphone*, laptop, multimeter, solder, TDS Meter, termometer air, perangkat lunak App *Inventor*, Arduino IDE, Microsoft *Edge*, Google SketchUp, serta alat pendukung lainnya.

Rancangan Perangkat Keras

Rancangan perangkat keras pada penelitian ini menggunakan Arduino Mega 2560 R3 sebagai mikrokontroler yang diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE yang terhubung dengan

sensor DS18B20 sebagai pengukur suhu yang digunakan untuk faktor kompensasi pengaruh suhu pada konduktivitas *probe* dari sensor TDS Meter, sensor TDS Meter Keyestudio KS0429 sebagai pengukur konsentrasi nutrisi, relay sebagai pengendali aplikator, LCD 16x2 karakter sebagai penampil data, serta NodeMCU Lolin V3 sebagai pengirim dan penerima data pada *server database*

melalui internet pada jaringan WiFi (*Wireless Fidelity*). Sensor dikalibrasi dengan Metode Regresi Linear Sederhana dan diuji tingkat korelasinya dengan Metode Pearson. Prototipe dibangun dengan kerangka yang terbuat dari baja ringan berdimensi 38 cm x 38 cm x 60 cm yang berfungsi untuk menopang seluruh komponen. Diagram skematik komponen elektronika sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

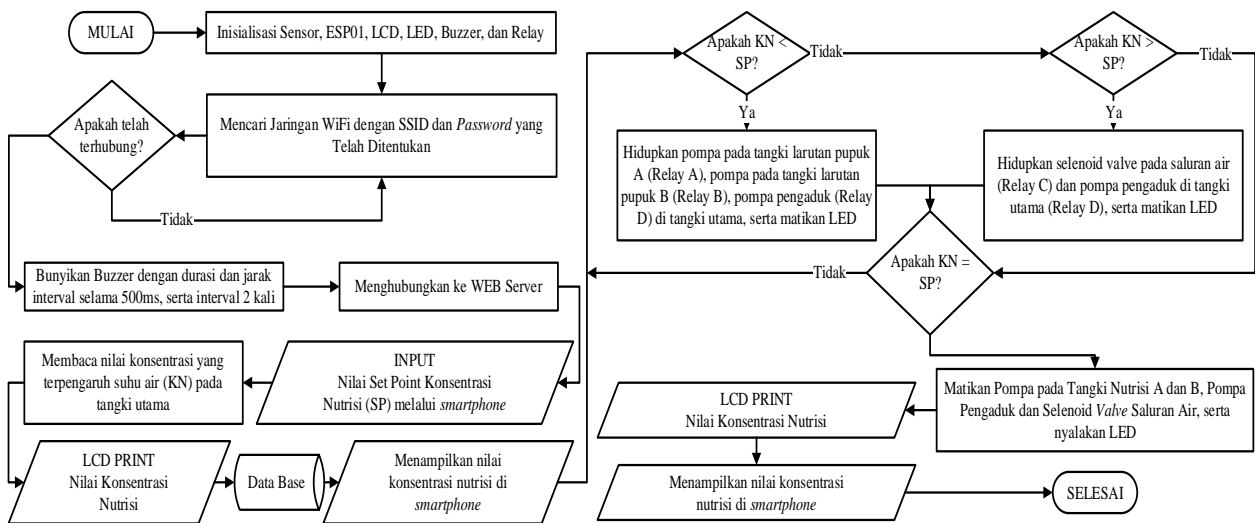


Gambar 1. Skematik Komponen Elektronika Sistem

Rancangan Perangkat Lunak Sistem

Proses perancangan sistem pembacaan, pengiriman, penyimpanan, dan penerimaan data pada *server database* diprogram menggunakan perangkat lunak

Arduino IDE yang diunggah pada Arduino Mega 2560 R3 dan NodeMCU Lolin V3. Adapun Diagram perangkat lunak sistem dapat dilihat pada Gambar 2.

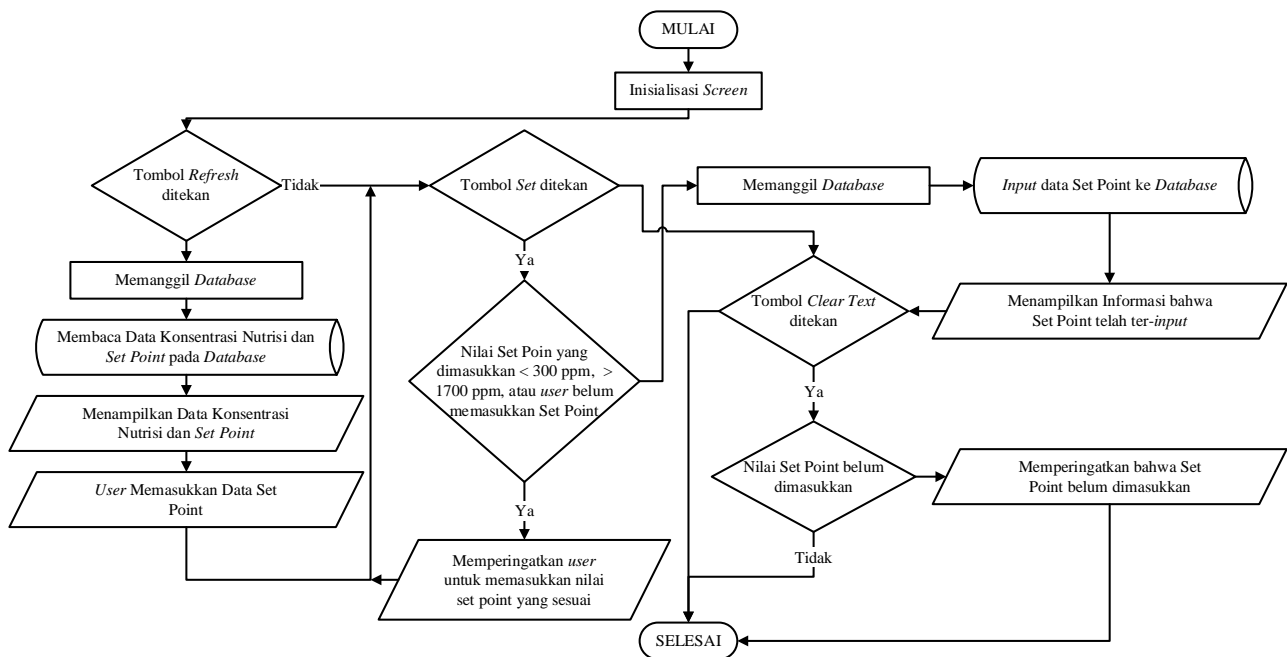


Gambar 2. Diagram Alir Sistem Pencampuran Nutrisi

Rancangan Perangkat Lunak Bagian User Interface pada Android

Rancangan perangkat lunak bagian *user interface* pada *smartphone* dengan sistem operasi Android menggunakan perangkat lunak MIT App Inventor

dengan fungsi untuk menampilkan nilai konsentrasi nutrisi dan nilai *set point* serta sebagai antarmuka untuk pengguna (*user*) dalam menentukan *set point* yang diinginkan. Adapun diagram alir perangkat lunak pada Android dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Perangkat Lunak pada Android

Uji Kinerja Alat

Sistem akan diuji dengan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui tingkat akurasi yang telah dicapai oleh prototipe ketika nilai *set point* telah ditentukan oleh sistem. Metode ini telah banyak dipergunakan dalam penentuan ketepatan suatu sistem (Kelley & Lai, 2011). Nilai RMSE diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad [1]$$

Nilai RMSE menunjukkan sistem memiliki ketepatan yang sangat baik apabila nilai yang dihasilkan mendekati nol dan begitu juga sebaliknya. Tingkat efisiensi yang diberikan oleh sistem akan diuji secara deskriptif dengan mengetahui efisiensi waktu melalui perbandingan selisih rata-rata waktu pencampuran nutrisi manual (\bar{x}_2) dan rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh sistem (\bar{x}_1) dengan rata-rata waktu pencampuran nutrisi manual yang dibutuhkan oleh petani (\bar{x}_2) dengan persamaan berikut.

$$Efisiensi = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\bar{x}_2} \times 100\% \quad [2]$$

Sehingga dengan seluruh uji kinerja alat dapat diketahui tingkat akurasi dan tingkat efisiensi waktu yang diberikan oleh sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe Sistem Pencampuran Nutrisi pada Fertigasi untuk Hidroponik

Prototipe sistem pencampuran nutrisi memiliki kerangka berdimensi 38 cm x 38 cm x 60 cm dengan

baja ringan berongga (*hollow*) berukuran 4 cm x 4 cm dan tebal 2 mm. Kerangka menopang seluruh komponen mulai dari unit kontrol, unit keluaran, serta *jerrycan* yang menopang nutrisi AB Mix. Prototipe sistem pencampuran nutrisi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prototipe Sistem Pencampuran Nutrisi

Implementasi Perangkat Keras Sistem

Kotak kontrol (*controller box*) diletakkan pada kerangka prototipe sebagai tempat untuk komponen sistem seperti Arduino Mega 2560 R3 sebagai mikrokontroler, Relay sebagai pengendali aplikator, Sensor, dan NodeMCU Lolin V3 sebagai

penghubung sistem dengan internet melalui jaringan WiFi. Kotak kontrol dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Kotak Kontrol Sistem Pencampuran Nutrisi

Implementasi Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak sistem diprogram dengan perangkat lunak Arduino IDE yang berfungsi untuk memprogram sistem untuk membaca data sensor dan mengendalikan relay. Adapun kode pemrograman untuk membaca data sensor dan mengendalikan relay dinyatakan sebagai berikut.

```
//-----Reading
Temperature
sensors.requestTemperatures();
Suhu = sensors.getTempCByIndex(0);

//-----Reading data
from TDS Sensor
tdsmeter.setTemperature(Suhu); //set
the temperature and execute
temperature compensation
tdsmeter.update(); //sample and
calculate
NilaiPPM = tdsmeter.getTdsValue();
```

```
int setterendah;
int settertinggi;
setterendah = SetPoint - 50;
settertinggi = SetPoint + 50;
if (NilaiPPMKalibrasi <
setterendah)
{
digitalWrite(RA, HIGH);
digitalWrite(RB, HIGH);
digitalWrite(RD, HIGH);
digitalWrite(RC, LOW);
digitalWrite(LED, LOW);
Serial.println("||| Pemberian
Nutrisi.");
}
else if (NilaiPPMKalibrasi >
settertinggi)
{
digitalWrite(RA, LOW);
digitalWrite(RB, LOW);
digitalWrite(RD, HIGH);
digitalWrite(RC, HIGH);
digitalWrite(LED, LOW);

Serial.println("||| Pemberian
Air");
}
else {
digitalWrite(RA, LOW);
digitalWrite(RB, LOW);
digitalWrite(RD, LOW);
digitalWrite(RC, LOW);
digitalWrite(LED, HIGH);
Serial.println("||| Nutrisi
Stabil");
```

Implementasi Internet of Things pada Sistem

Implementasi IoT (*Internet of Things*) pada sistem pencampuran nutrisi ditunjukkan pada komunikasi antara prototipe dengan perangkat lunak *user interface* melalui internet. Nilai konsentrasi nutrisi yang dibaca oleh prototipe dikirimkan menuju *server database* yang akan ditampilkan pada perangkat lunak *user interface*. Selain menampilkan nilai konsentrasi nutrisi, pengguna dapat menentukan nilai *set point* yang diinginkan dari jarak jauh pada perangkat lunak *user interface*. Proses pengiriman dan penerimaan data pada prototipe membutuhkan kode pemrograman pada NodeMCU Lolin V3 yang diprogram melalui Arduino IDE. Adapun kode pemrograman tersebut dinyatakan sebagai berikut.

- a) Pengiriman data menuju *server database*


```

Firebase.setString("SmartHydroFirebase/NilaiPPM", nilaippm);
//--> Command or code to send data
or update data (String data type)
//Conditions for handling errors.
if (Firebase.failed())
{
Serial.print("Setting /NilaiPPM
failed :");
Serial.println(Firebase.error());
delay(500);
return;
}
Serial.println("Setting
successful");

```

```

//Conditions for handling errors.
if (Firebase.failed()) {
Serial.print("Getting /SetPoint
failed :");

Serial.println(Firebase.error());
delay(500);
return;
}

```

Implementasi Perangkat Lunak Bagian *User Interface* pada Android

Perangkat lunak *User Interface* pada Android dibuat pada perangkat lunak MIT App *Inventor* yang diakses melalui perangkat lunak Microsoft Edge pada laptop. Perangkat lunak tersebut diprogram dengan kode pemrograman blok untuk membaca dan mengirim data pada *server database*.

b) Penerimaan data dari *server database*

```

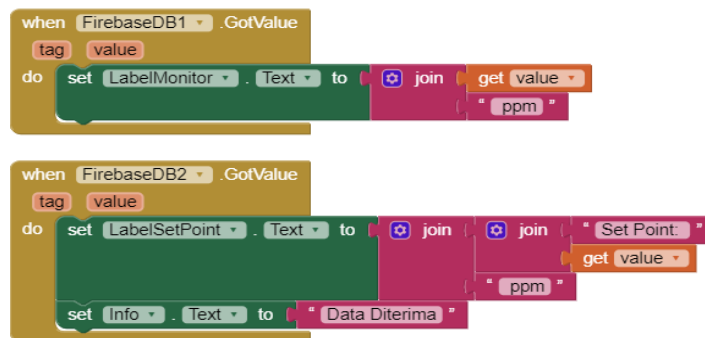
//Command or code to get data from
Firebase Realtime Database.
Serial.print("SetPoint : ");

String getData =
Firebase.getString("SmartHydroFirebase/SetPoint"); //--> Command or
code to get data (String data type)
from Firebase Realtime Database.
Serial.println(getData);

//Send data back to Arduino
String kirimdata = getData +
String('\n');
NodeMCU_SoftSerial.print(kirimdata);
//--> Sending data to Arduino

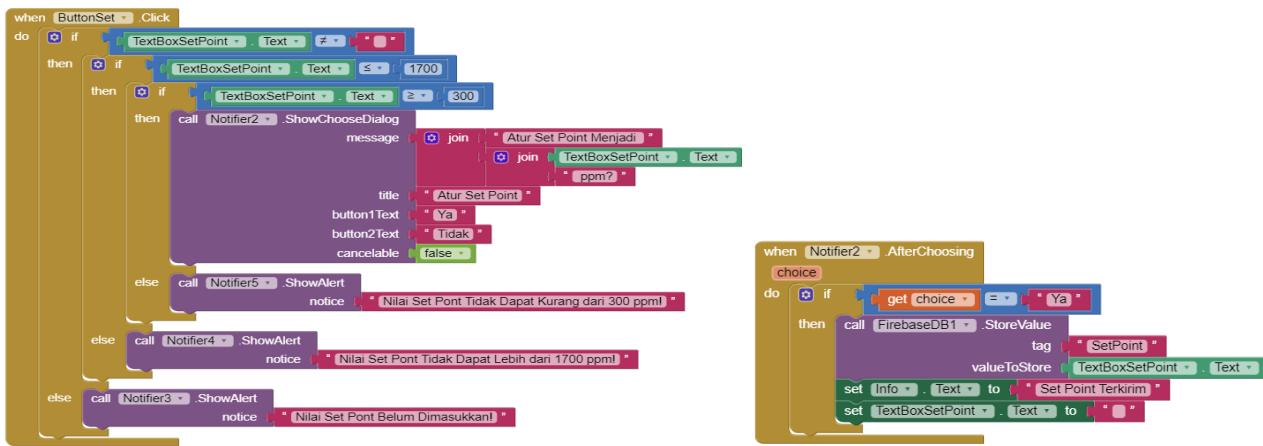
```

a) Pembacaan dan menampilkan data yang diterima



Gambar 6. Kode Pemrograman Pembacaan dan Menampilkan data pada *User Interface*

b) Mengirim data menuju database



Gambar 7. Kode Pemrograman Pengiriman Data Menuju Server Database pada User Interface

Pengujian Sensor Suhu DS18B20 dan Pengujian Sensor TDS Meter Keyestudio KS0429

Pengujian sensor suhu DS18B20 dan TDS Meter Keyestudio KS0429 dilakukan dengan membandingkan data pengukuran dengan alat ukur setiap 5 menit sebanyak 30 kali pengukuran. Hasil pengujian kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear sederhana untuk mendapatkan persamaan kalibrasi. Didapatkan hasil persamaan kalibrasi sebagai berikut:

$$x = \frac{y-16.76}{0.43}, \text{ untuk sensor DS18B20; dan}$$

$$x = \frac{y-265.83}{2.67}, \text{ untuk sensor Keyestudio KS0429.}$$

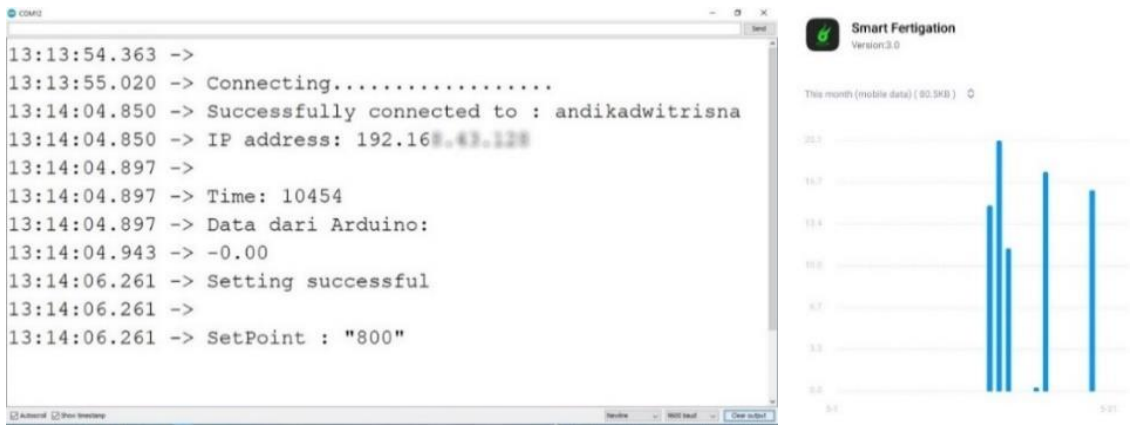
Persamaan hasil perhitungan di atas kemudian dimasukkan ke dalam kode pemrograman Arduino Mega 2560 R3 seperti berikut:

```
SuhuKalibrasi = (Suhu - 16.7556) /
0.4288; // sensors calibration
if (SuhuKalibrasi > 25) {
  NilaiPPMKalibrasi = (NilaiPPM -
(265.8313)) / 2.665;
  Serial.println("DCAL--");
}
else { NilaiPPMKalibrasi =
NilaiPPM; Serial.println("WOCAL--
"); }
```

Data hasil pengujian dimasukkan ke dalam persamaan korelasi dengan Metode Pearson untuk mengetahui tingkat korelasi dari sensor yang digunakan. Dari hasil perhitungan didapatkan tingkat korelasi yang kuat pada kedua sensor dengan nilai korelasi DS18B20 sebesar 0.8 dan Keyestudio KS0429 sebesar 0.89.

Pengujian Perangkat Lunak Sistem

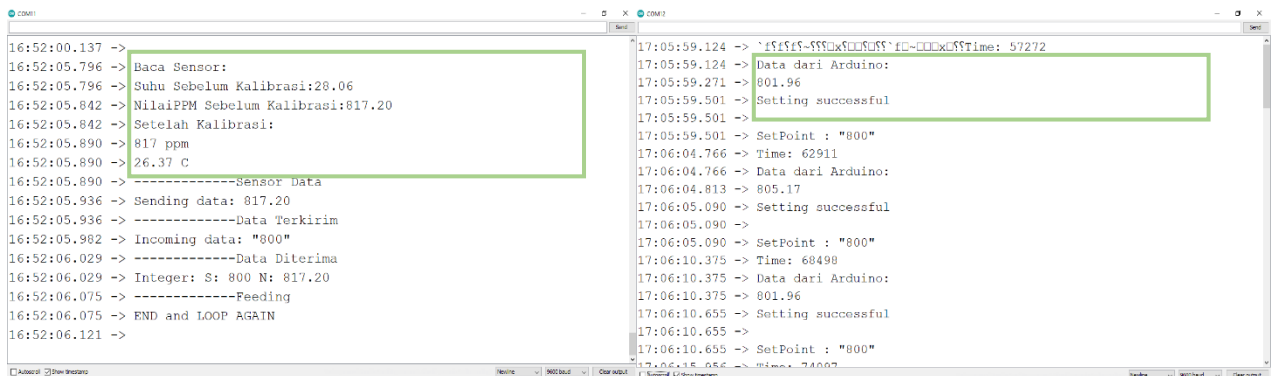
Pengujian perangkat lunak sistem dilakukan dengan menguji koneksi internet, pengujian pembacaan dan pengiriman data, pengujian penerimaan data, pengujian penyimpanan data pada *database*, pengujian pemantauan, serta pengujian bagian *user interface*. Pengujian koneksi internet dilakukan dengan mengetahui keadaan jaringan pada sistem. Tampilan pada serial monitor NodeMCU Lolin V3 menjadi indikator berhasilnya sistem terhubung ke internet melalui jaringan WiFi. Sedangkan pada perangkat lunak *user interface*, grafik informasi penggunaan data internet pada perangkat lunak menjadi indikator keberhasilan perangkat lunak terhubung ke internet. Gambar 8 menunjukkan serial monitor serta grafik koneksi pada perangkat lunak *user interface*.



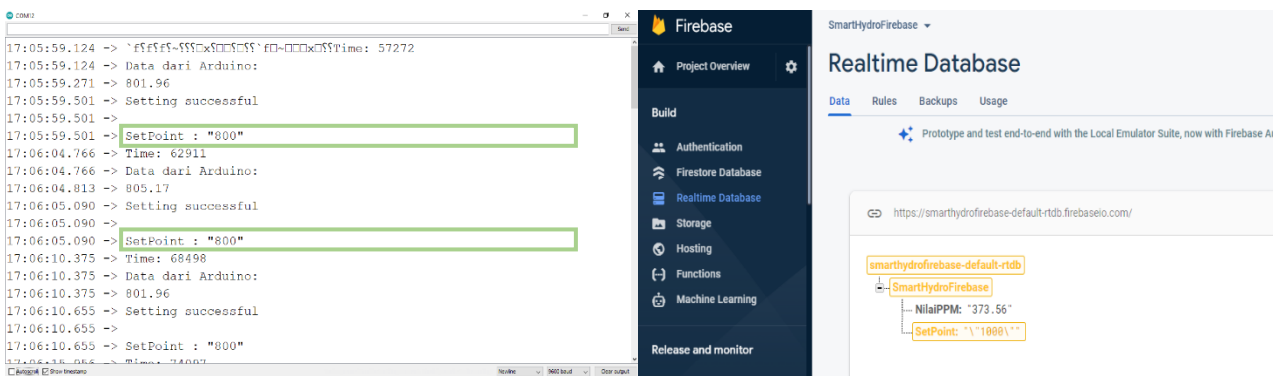
Gambar 8. Serial Monitor NodeMCU Lolin V3 serta Grafik Koneksi pada Perangkat Lunak *User Interface*

Pengujian perangkat lunak dilanjutkan dengan pengujian pembacaan data sensor pada Arduino Mega 2560 R3, pengiriman data melalui NodeMCU Lolin V3, penerimaan data dari *database* pada

NodeMCU Lolin V3, serta penyimpanan data pada Google *Firebase*. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Serial Monitor Pembacaan Sensor pada Arduino Mega 2560 R3 serta Pengiriman Data melalui NodeMCU Lolin V3



Gambar 10. Penerimaan dan Penyimpanan Data pada Google *Firebase*

Pengujian Prototipe Keseluruhan

Pengujian prototipe secara keseluruhan dilakukan dengan menghitung nilai penyimpangan rata-rata kuadrat atau *root mean square error* (RMSE) serta efisiensi sistem berdasarkan waktu yang dibutuhkan oleh sistem dalam memberikan nutrisi dibandingkan dengan pemberian nutrisi yang dilakukan secara manual. Sistem pencampuran nutrisi bekerja telah ditentukan nilai *set point* yang dimasukkan melalui perangkat lunak *user interface*. Nilai *set point*

menjadi acuan sistem untuk mencampurkan nutrisi pupuk AB *mix* ke tangki utama dengan mengalirkan nutrisi menuju tangki utama kemudian melakukan pengadukan dengan pompa AC yang berada di dasar tangki utama apabila nilai konsentrasi nutrisi yang terukur lebih rendah dibandingkan dengan nilai *set point* yang ditentukan. Sedangkan apabila nilai konsentrasi nutrisi yang terukur lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *set point* yang ditentukan, maka sistem akan menghidupkan *solenoid valve*

untuk mengalirkan air menuju tangki utama dan kemudian melakukan pengadukan dengan pompa AC. Secara otomatis sistem akan membuat konsentrasi nutrisi pada tangki utama agar stabil

sesuai dengan nilai *set point* yang ditentukan. Pengukuran dilakukan dengan melihat *display* pada prototipe setelah nilai *set point* yang dimasukkan setiap 5 menit seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Prototipe

No	Menit ke	Konsentrasi Nutrisi Terukur (y)	Nilai <i>Set Point</i> (\hat{y})	(y - \hat{y})
1	0	351.58	350	1.58
2	5	349.79	350	-0.21
3	10	353.37	350	3.37
4	15	351.58	350	1.58
5	20	348.00	350	-2.00
6	0	497.83	500	-2.17
7	5	499.98	500	-0.02
8	10	502.15	500	2.15
9	15	499.98	500	-0.02
10	20	497.83	500	-2.17
11	0	645.60	650	-4.40
12	5	650.91	650	0.91
13	10	648.25	650	-1.75
14	15	653.58	650	3.58
15	20	648.25	650	-1.75
16	0	800.18	800	0.18
17	5	796.98	800	-3.02
18	10	800.18	800	0.18
19	15	803.40	800	3.40
20	20	800.18	800	0.18
21	0	953.59	950	3.59
22	5	949.82	950	-0.18
23	10	949.82	950	-0.18
24	15	946.06	950	-3.94
25	20	949.82	950	-0.18
26	0	1098.99	1100	-1.01
27	5	1107.64	1100	7.64
28	10	1106.13	1100	6.13
29	15	1094.04	1100	-5.96
30	20	1094.04	1100	-5.96
TOTAL				-0.45

Perhitungan nilai RMSE dari prototipe sistem dilakukan dengan mengetahui jumlah dari selisih nilai hasil observasi (y) yaitu data hasil pengukuran dengan nilai prediksi (\hat{y}) yaitu nilai *set point* yang ditentukan sesuai dengan *datasheet* pada sensor Keystudio KS0429. Hasil dari selisih tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 1 sehingga memperoleh nilai RMSE sebesar 0.082. Sehingga melalui perhitungan tersebut diperoleh hasil yang mendekati nilai 0 maka sistem pencampuran nutrisi pada fertisasi untuk hidroponik berbasis IoT (*Internet of Things*) dapat dinyatakan telah bekerja dengan baik.

Nilai efisiensi sistem berdasarkan durasi pemberian nutrisi dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata durasi yang dibutuhkan pada pemberian nutrisi secara manual sebagai pembandingan dari selisih nilai rata-rata

tersebut dengan nilai rata-rata yang diberikan oleh sistem. Pemberian nutrisi secara manual meliputi pengukuran nutrisi sebelum diberikan nutrisi, pemberian nutrisi hingga nilai nutrisi mencapai nilai yang diinginkan, serta pengadukan tangki yang telah dicampuri nutrisi pada pagi hari dan sore hari. Berdasarkan data tersebut diperoleh durasi rata-rata pemberian nutrisi secara manual selama 493 detik atau 8 menit, 13 detik dan rata-rata pemberian nutrisi menggunakan sistem memperoleh durasi selama 109.6 detik atau 1 menit, 49.6 detik. Hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 2 dan memperoleh hasil efisiensi waktu yang diberikan oleh sistem dalam pemberian nutrisi sebesar 77.77%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berhasil dirancang dan dibangun prototipe serta perangkat lunak *user interface* sistem pencampuran nutrisi pada fertigasi untuk hidroponik berbasis IoT (*Internet of Things*) dan dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang direncanakan. Hasil dari sistem yang dibangun berupa prototipe berdimensi 38 cm x 38 cm x 60 cm dan perangkat lunak *user interface* yang terpasang pada *smartphone* dengan sistem operasi Android. Prototipe dibangun dengan tingkat korelasi sensor yang kuat/erat sebesar 0.8 pada sensor DS18B20 serta sebesar 0.89 pada sensor Keystudio KS0429. Prototipe juga telah berhasil membaca, mengirim, menerima, dan menyimpan data dengan koneksi internet dalam keadaan yang sangat baik pada jaringan WiFi (*Wireless Fidelity*). Perangkat lunak *user interface* berhasil menerima dan mengirim data menuju *server database* melalui internet pada jaringan dengan sinyal yang sangat baik pada perhitungan RSSI (*Received Signal Strength Indicator*).

Pengujian prototipe secara keseluruhan menyatakan prototipe telah memberikan konsentrasi nutrisi sesuai dengan nilai *set point* yang diberikan oleh pengguna dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 0.08 serta memberikan efisiensi waktu dalam pemberian nutrisi sebesar 77.77%. Hasil pengujian tersebut menyatakan penelitian rancang bangun sistem pencampuran nutrisi pada fertigasi untuk hidroponik berbasis IoT (*Internet of Things*) telah berjalan sesuai dengan perencanaan.

Saran

Perlunya penelitian lebih lanjut menggunakan sensor yang lebih baik untuk membaca konsentrasi nutrisi dengan baik pada nilai konsentrasi nutrisi yang tinggi, pemilihan *server database* yang dapat menyimpan data secara periodik, penambahan AI (*Artificial Intelligence*) serta komponen penunjangnya untuk mengetahui dan memberikan kebutuhan nutrisi sesuai dengan faktor-faktor pertumbuhan dari komoditi yang ditanam, penambahan kontrol *on/off* untuk menghidupkan dan mematikan prototipe dari jarak jauh, serta penambahan sistem otomatisasi tinggi air nutrisi untuk mengantisipasi adanya kelebihan atau kekurangan air nutrisi pada tangki utama.

Daftar Pustaka

- Ainina, A., & Aini, N. 2018. Konsentrasi Nutrisi AB Mix dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada Merah (*Latuca sativa* L. var. *crispa*) dengan Sistem Hidroponik Substrat. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(8), 1684–1693.
- Bugbee, B. 2004. Nutrient Management in Recirculating Hydroponic Culture. *Acta Horticulturae*, 99–112.
- Eridani, D., Wardhani, O., & Widiyanto, E. D. 2017. Designing and Implementing The Arduino-based Nutrition Feeding Automation System of a Prototype Scaled Nutrient Film technique (NFT) Hydroponics Using Total Dissolved Solids (TDS) Sensor. *Proceedings - 2017 4th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, ICITACEE 2017*, 170–175. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE.2017.8257697>
- Hahn, F. F., & González, F. 2013. Automatic Dosing of Fertigation Solution Tanks. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 6, 4889–4894.
- Hesham, Z., A., H., & M., M. 2015. Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions. *International Journal of Computer Applications*, 128(1), 37–47. <https://doi.org/10.5120/ijca2015906430>
- Jensen, M. H. 1997. Hydroponics. In *HortScience* (Vol. 32, Issue 6, pp. 1018–1021). <https://doi.org/10.21273/hortsci.32.6.1018>
- Junaidi, A. 2015. Internet of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1(3), 62–66.
- Kelley, K., & Lai, K. 2011. Accuracy in Parameter Estimation for The Root Mean Square Error of Approximation: Sample Size Planning for Narrow Confidence Intervals. *Multivariate Behavioral Research*, 46(1), 1–32. <https://doi.org/10.1080/00273171.2011.543027>
- Nowak, J. T. 1977. Influence of Increased Doses of Microelements in Hydroponic Nutrient Solution on The Yield of *Capsicum annum* L. Fruits and Their Capsaicin Content. *ACTA AGROBOTANICA*, 33(1), 73–80.
- Sembiring, G., & Maghfoer, M. 2018. Pengaruh Komposisi Nutrisi Dan Pupuk Daun Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa* L.Var. *Chinensis*) Sistem Hidroponik Rakit Apung. *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*, 3(2), 103–109.
- Suarjana, I., Aviantara, G., & Arda, G. 2020. Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam (*Ammaranthus tricolor*) Secara Hidroponik NFT (Nutrient Film Te. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*.
- Sugiyanto, E. 2020. *Teknologi Smart Farming-Pentingnya Pendidikan Petani Hari ini & di Masa Mendatang* (Issue November, pp. 1–29). Webinar Series Hydroponic Workshop.
- Susilawati, Suwignyo, R. A., Munandar, & Hasmeda, M. 2012. Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai. In

Jurnal Agronomi Indonesia (Vol. 40, Issue 3).

Tufik, C. B. A., Fontes, P. C. R., Milagres, C. do C., & Moreira, M. A. 2019. Productivity of Potato Seed Submitted to Different Doses of Potassium in Hydroponic System. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(7), 555–560. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i7.1979>

Widodo, & Stiyawan, E. A. 2020. Design of Total Dissolve Solid (TDS) Measuring Using Conductivity Sensor and Temperature Sensor DS18B20. *BEST: Journal of Applied Electrical, Science, & Technology*, 2(1), 25–29. <https://doi.org/10.36456/best.vol2.no1.2583>