

# Rancang Bangun Sistem Monitoring Unsur Hara, Kelembaban, PH Tanah Dan Suhu Udara Berbasis Iot Menggunakan mikrokontroler ESP32

## *Iot Based Monitoring System Of Nutrient, Soil Moisture, Soil PH And Air Temperature Using ESP32 Microcontroller*

1<sup>st</sup> Alfian Fakhrezi  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
alfianfakh@students.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Randy Erfa Saputra  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
resaputra@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Faisal Candrasyah Hasibuan  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—Tanaman Stroberi merupakan tanaman subtropis yang dijumpai pertama kali di chilli. Daerah Ciwidey, Kabupaten Bandung merupakan wilayah yang sangat cocok untuk pembudidayaan Stroberi. Setiap tanaman membutuhkan tanah sebagai media tanam. Didalam tanah terdapat unsur hara yang sangat penting untuk pertumbuhan suatu tanaman. Tanah yang kekurangan unsur hara dapat mengakibatkan tanaman Stroberi, umumnya semua tanaman menjadi tidak subur, daunnya kering, kualitasnya buahnya menurun dan bahkan bisa menyebabkan gagal panen. Meninjau hal-hal diatas, maka dibuat suatu perangkat untuk sistem monitoring yang dapat mengukur kadar unsur hara Nitrogen, Posfor, Kalium, suhu udara, kelembaban udara, pH tanah dan Kelembaban tanah. Perangkat yang di buat menggunakan mikrokontroler ESP32. Data yang telah diproses oleh ESP32 akan dikirimkan kedalam firebase realtime database menggunakan jaringan internet. Setelah data terkirim ke firebase data tersebut akan ditampilkan di LCD16x2 dan aplikasi mobile. Perangkat yang telah dibuat didapatkan bahwa mampu mendeteksi kandungan unsur hara NPK, pH tanah, Kelembaban tanah, suhu udara dan kelembaban udara yang berjalan dengan baik dengan . Akurasi untuk sensor NPK unsur N sebesar 98 %, unsur P sebesar 98% dan unsur K yaitu 93%, sedangkan untuk sensor pH mendapatkan akurasi pembacaan sebesar 99.06% terhadap kalibrator. Sensor soil moisture mendapatkan akurasi 97% dan sensor DHT11 untuk suhu menghasilkan akurasi 98%. Pada aplikasi mobile juga telah dapat menampilkan data hasil pengukuran dari perangkat *hardware*.

**Kata kunci** — ESP32, kelembaban tanah, NPK, pH, suhu udara, sistem monitoring

*Abstract*—*Stroberi plants are subtropical plants that*

*were first encountered in chilli. The Ciwidey area, Bandung Regency is an area that is very suitable for Stroberi cultivation. Every plant needs soil as a growing medium. In the soil there are nutrients that are very important for the growth of a plant. Soil that lacks nutrients can cause Stroberi plants, generally all plants become infertile, dry leaves, decrease fruit quality and can even cause crop failure. Considering the things above, then a device is made for a monitoring system that can measure levels of Nitrogen, Phosphorus, Potassium, air temperature, air humidity, soil pH and soil moisture. The device is made using the ESP32 microcontroller. The data that has been processed by ESP32 will be sent to the firebase realtime database using the internet network. After the data is sent to the firebase the data will be displayed on the LCD16x2 and the mobile application. The device that has been made is found to be able to detect the NPK nutrient content, soil pH, soil moisture, air temperature and air humidity that is running well. The accuracy for the NPK sensor is 98%, the P element is 98% and the K element is 93%, while for the pH sensor the reading accuracy is 99.06% for the calibrator. The soil moisture sensor has an accuracy of 97% and the DHT11 sensor for temperature produces an accuracy of 98%. The mobile application has also been able to display measurement data from the device hardware.*

**Keywords:** *air temperature, ESP32, monitoring system, NPK, pH, humidity, soil moisture*

### 1. PENDAHULUAN

Tanaman stroberi merupakan tanaman subtropis yang mempunyai adaptasi dengan baik didaerah tinggi. Walaupun Stroberi bukan tanaman dari Indonesia tetapi sangat digemari

didunia. Ciwidy, Kabupaten Bandung merupakan wilayah yang budidaya stroberi sangat banyak akan tetapi tidak dibarengi dengan teknologi yang bisa memantau keadaan tanah dan keadaan tanaman stroberi diwilayah tersebut.

Pada tanah terdapat banyak unsur hara didalamnya contohnya Nitrogen, Posfor dan kalium sebagai unsur hara makro. Tanah yang kekurangan unsur hara dapat mengakibatkan tanaman stroberi menjadi tidak subur, daunnya menjadi kuning, kualitas buahnya menurun bahkan bisa menyebabkan gagal panen. Unsur hara pada tanah menjadi hal yang sangat penting dalam kesuburan tanaman. Pada setiap tanaman memerlukan paling sedikit 16 unsur agar pertumbuhan tanaman normal[1]. Terpenuhinya unsur hara merupakan hal yang wajib untuk dilakukan melalui penambahan pupuk secara berkala karena ketersediaan unsur hara di alam sangat terbatas.

Pada penelitian ini, dirancang alat monitoring otomatis menggunakan sensor NPK yang dimodifikasi untuk mendeteksi kandungan unsur hara pada tanah, sensor pH untuk mendeteksi kadar keasaman pada tanah, sensor kelembaban tanah dan sensor suhu udara untuk mendeteksi suhu pada luar ruangan. Sensor-sensor tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler ESP-32 lalu data yang diterima akan dikirimkan ke platform *firebase* kemudian data tersebut akan diproses pada aplikasi mobile. Dengan alat yang dirancang akan memudahkan petani stroberi untuk memantau kandungan unsur hara tanaman yang berguna untuk memaksimalkan pemberian pupuk. Dengan diadakannya penelitian ini masalah pada tanaman stroberi dapat diminimalisir agar tidak terjadi gagal panen.

Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode waterfall, setiap tahap dilakukan secara berurutan dan harus diselesaikan tiap tahap demi tahap. Tahapan tersebut diantaranya studi literatur, desain sistem dan perangkat, perakitan alat, pengujian dan integrasi software.

## II. KAJIAN TEORI DAN PERANCANGAN

### A. Internet of Things

IoT (Internet of things) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. IoT diperkenalkan pertama kali oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. IoT mempunyai kemampuan berbagi data, remote control, dan lain-lain. Semua itu tersambung dengan internet dan selalu aktif[2].

Konsep IoT mengacu pada 3 elemen utama

pada arsitekturnya yaitu barang fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat koneksi ke internet seperti modem atau router dan cloud data center sebagai tempat penyimpanan data dan aplikasi. Dasar prinsip kerja perangkat IoT adalah benda di dunia nyata diberikan identitas unik dan dapat di representasikan dalam bentuk data di sebuah sistem komputer[3]. Cara kerja internet of things yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana setiap perintahnya menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internet lah yang menjadi penghubung diantara dua interaksi mesin tersebut. Manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung

### B. Tanah

Larutan Tanah adalah benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik berupa pelapukan sisa tumbuhan dan hewan yang menjadi medium tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan[9].

Unsur hara tanah Unsur hara terbagi menjadi dua macam yang pertama unsur makro dan unsur mikro. Unsur hara makro dibutuhkan cukup banyak dalam tanaman yang terdiri dari nitrogen, fosfor, kalium, magnesium dan kalsium. Selain itu ada unsur hara mikro yang kebutuhan untuk tanaman hanya sedikit yang terdiri dari boron, tembaga, zinc, ferro, molibdenum, mangan, klor, natrium, cobalt, Silicon dan nikel. Masing-masing unsur tersebut berperan dalam pertumbuhan tanaman, untuk uraiannya sebagai berikut:

#### a. Nitrogen

Unsur nitrogen dibutuhkan dalam jumlah besar karena berperan sebagai pembentukan sel tanaman, jaringan, dan organ tanaman. Fungsi utama nitrogen untuk tanaman adalah sebagai bahan sintesis, klorofil, protein, dan asam amino. Unsur ini merupakan hara makro utama yang dibutuhkan dalam jumlah banyak oleh tanaman. Nitrogen merupakan bagian penting dari protein, protoplasma, klorofil, dan asam nukleat [5].

#### b. Fosfor

Fosfor merupakan komponen penyusun dari beberapa enzim dan protein untuk proses transfer energi. Selain itu, fosfor juga berperan dalam pertumbuhan benih, akar bunga dan buah[6].

#### c. Kalium

Unsur kalium berperan sebagai pengatur proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, akumulasi, translokasi, transportasi karbohidrat dan mengatur distribusi air dalam jaringan dan

sel. Jika kekurangan unsur kalium pada tanaman menyebabkan daun seolah terbakar dan akan gugur.

1. Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah adalah jumlah air yang tersimpan di antara pori-pori tanah yang berada di atas water tabel. Definisi lain menyebutkan bahwa jumlah air yang tersimpan di antara pori pori tanah sangat dinamis, disebabkan oleh suhu udara pada permukaan tanah[7]. Tingkat kelembaban yang tinggi dapat menimbulkan permasalahan dan keadaan tanah yang kelembabannya tinggi mengakibatkan kesulitan dalam melakukan kegiatan permanen hasil pertanian yang menggunakan alat-alat mekanik [8]. Setiap tanaman memiliki kelembaban tanah dengan tingkat keidealan yang berbeda

2. pH Tanah

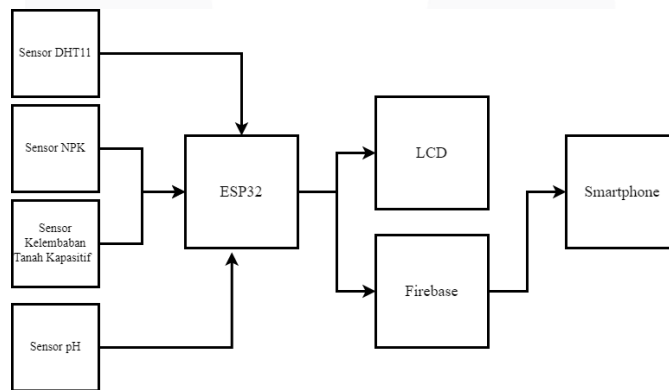
Kemampuan tanaman untuk melakukan proses penyerapan unsur hara dipengaruhi tingkat keasaman tanah atau pH. pH merupakan kependekan dari potential of hydrogen. pH tanah adalah suatu standar pengukuran tingkat keasaman atau kebasaaan pada suatu tanah[9]. Sifat kimia tanah dapat dilihat dari nilai pH dan kandungan unsur hara yang terdapat di dalam tanah, dengan nilai pH optimum yaitu 7. Sifat biologi tanah berhubungan dengan aktivitas

mahluk hidup yang ada di dalam dan permukaan tanah, baik mahluk hidup yang paling kecil sampai yang besar[10] pH tanah sangat berpengaruh pada ketersediaan unsur hara pada tanah[11].

3. Suhu dan Kelembaban Udara

Selain pupuk, air dan cahaya, suhu dan kelembaban udara memiliki pengaruh yang tidak kalah penting dalam proses pertumbuhan tanaman. suhu yang tinggi akan merusak enzim sehingga metabolisme tanaman tidak berjalan dengan baik. Begitupun dengan suhu udara yang rendah bisa menyebabkan enzim tidak aktif dan metabolisme akan berhenti[11].

stroberi dapat tumbuh dan berkembang secara optimal pada kisaran suhu lingkungan antara 17- 20OC, akan tetapi berdasarkan hasil pengamatan tanaman stroberi masih dapat tumbuh dan berkembang pada suhu lingkungan rata-rata harian sebesar 22.55OC, hal ini terbukti dengan adanya pertumbuhan batang utama, jumlah daun dan hasil produksi buah oleh tanaman stroberi [12]. Tanaman stroberi dapat tumbuh dengan optimal memiliki rata-rata kelembaban udara harian sebesar 81.06%, hal ini sesuai bahwa tanaman stroberi tumbuh optimal pada daerah yang memiliki kelembaban udara 80-90%[12].



GAMBAR 1.1  
DIAGRAM BLOK SISTEM

C. Diagram Blok Sistem

Alat yang dirancang menggunakan sensor DHT11 untuk suhu udara dan kelembaban udara, sensor pH untuk mengukur pH yang terkandung dalam tanah, sensor NPK untuk mengukur hara nitrogen, posfor dan kalium pada tanah dan sensor moisture untuk mengukur kelembaban yang terkandung pada suatu tanah. Data dari sensor-sensor tersebut akan dikirimkan ke firebase kemudian ditampilkan disoftware.

Sensor NPK yang terdapat pada perangkat akan mengetahui kesediaan unsur hara nitrogen, posfor dan kalium, sensor capacitive soil moisture berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah, sensor pH akan mendeteksi derajat keasaman pada tanah, sensor DHT11 mendeteksi

suhu serta kelembaban udara. Dari hasil pendeteksian sensor-sensor tersebut akan diproses oleh ESP32 kemudian ditampilkan di LCD 16x2 dan dikirimkan ke google cloud yakni firebase realtime database.

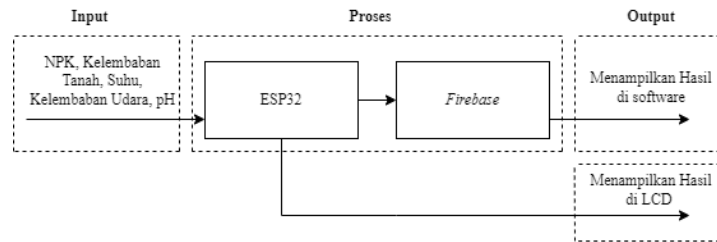
D. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 3.2. diatas menjelaskan bahwa input merupakan sensor NPK, sensor Kelembaban tanah, Sensor suhu (DHT11) dan sensor pH. Semua sensor tersebut akan memberikan data mentah ke mikrokontroler ESP32 berupa nilai analog yang akan diproses menjadi satuannya masing-masing. Sensor NPK mendeteksi unsur hara tanah dengan satuan part per million (ppm), Sensor DHT mendeteksi suhu dan kelembaban udara dengan satuan derajat

celcius (°c) dan persen (%) untuk kelembaban udara, kemudian sensor pH mendeteksi kadar keasaman pada tanah dan sensor soil moisture capacitave akan mendeteksi kelembaban tanah dengan satuan persen (%).

Perangkat yang telah dibuat akan

menampilkan hasil pengukuran ke LCD dan juga akan terintegrasi dengan sebuah cloud dari goggle yaitu firebase realtime database. Data yang telah dikirim ke firebase akan diolah pada software yang dapat memudahkan pengamatan dan analisis oleh pengguna.



GAMBAR 1.2  
DIAGRAM BLOK SISTEM

E. Fungsi Dan Fitur

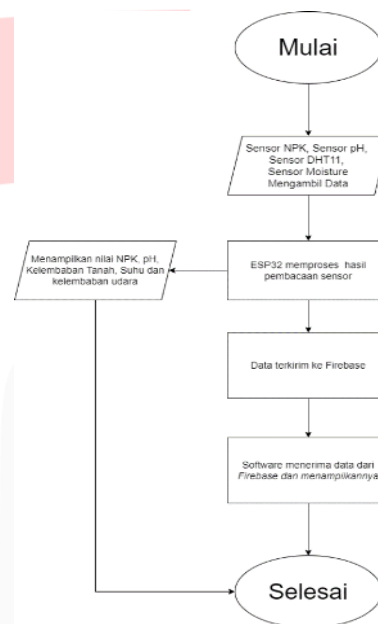
Fungsi alat yang dirancang pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Alat yang digunakan yakni mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data mentah dari sensor NPK modifikasi doctor plant, sensor suhu dan kelembaban udara (DHT11), sensor pH dan sensor capacitive soil moisture. Mikrokontroler tersebut telah terintegrasi dengan wifi yang berfungsi untuk mengirimkan data ke firebase realtime database.
2. Sensor yang digunakan pada tugas akhir ini yakni sensor DHT 11 sebagai input untuk suhu dan kelembaban udara, sensor pH modifikasi sebagai input untuk derajat keasaam (pH), sensor capacitive soil moisture sebagai input untuk kelambaban tanah dan sensor NPK modifikasi doctor plant sebagai input untuk nilai nitrogen, posfor dan kalium (NPK).

Fitur dari sistem monitoring unsur hara, kelembaban, ph tanah dan suhu udara berbasis iot ini sebagai berikut

1. Sistem dari perangkat tersebut telah terintegrasi dengan layanan google cloud yaitu firebase realtime database.
2. Sistem monitoring unsur hara, kelembaban, ph tanah dan suhu udara berbasis iot ini dapat mengambil data keadaan tanah, suhu udara dan kelembaban udara yang akan dikirimkan ke smartphone pengguna melalui interne.

F. Diagram Alir



GAMBAR 1.3  
DIAGRAM ALIR SISTEM

Diagram alir keseluruhan system merupakan alur proses yang bekerja pada system yang telah dibuat. Diagram ini menjelaskan dimulainya alat bekerja sampai data bisa ditampilkan di software.

Pertama semua sensor akan mengambil data kemudian di kirimkan ke esp32 yang akan memproses hasil pembacaan sensor tsb. Setelah itu ESP32 akan menampilkan hasil di LCD dan mengirimkan data ke firebase realtime database lalu software akan menerima data dari firebase dan menampilkannya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kalibrasi dan Pengujian Akurasi

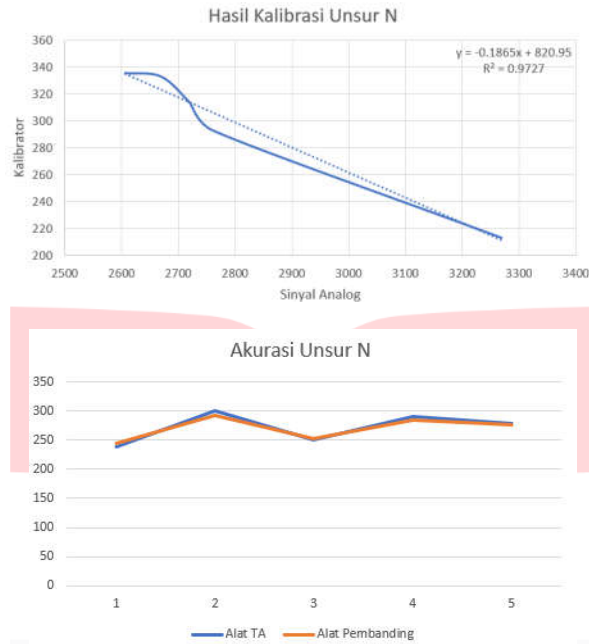
1. Sensor NPK

Sensor NPK yang digunakan merupakan sensor analog yang dapat mengukur konduktivitas pada tanah. system yang dirancang hanya membutuhkan pembacaan nilai

konduktivitas sedangkan keluaran dari Kalibrator merupakan ppm dan alat tersebut sudah diuji dilaboratorium. Kalibrasi dilakukan pada 5 pot tanah yang telah diberi pupuk berbeda setiap potnya. Setiap potnya diukur dengan sensor NPK dan kalibrator secara bersamaan, Sehingga

didapatkan data sinyal ADC untuk sensor NPK dan ppm untuk alat ukur pembanding. Pengujian ini dilakukan sebanyak 150 kali agar data yang didapatkan akurat.

a. Unsur N



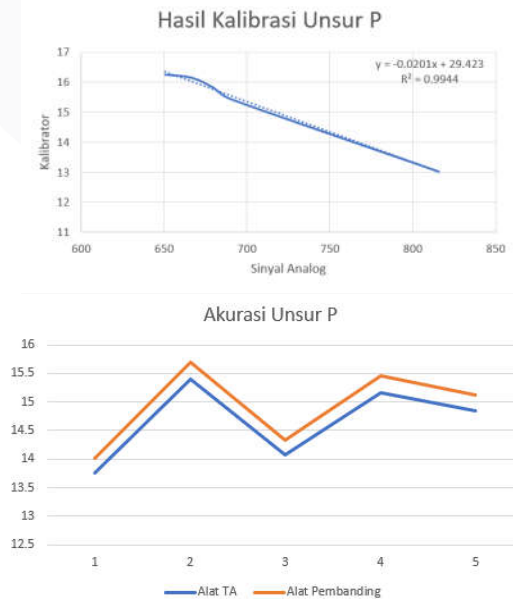
GAMBAR 3. 1  
KALIBRASI DAN AKURASI UNSUR N

Persamaan yang didapat adalah dalam bentuk linier sehingga menghasilkan persamaan  $y = -0.1865x + 820.95$  (3.1)

y : nilai N (ppm)  
x : Nilai Sinyal ADC keluaran sensor NPK

Dari Grafik yang ada pada gambar diatas menunjukkan bahwa akurasi dari sensor terhadap kalibrator menunjukkan bahwa sensor mendekati nilai kalibrator dengan akurasi yang didapat 98.14% dengan selisih error yang didapat 2%.

b. Unsur P



GAMBAR 3.2  
KALIBRASI DAN AKURASI UNSUR P

Kalibrasi dari unsur P

Gambar 3.2. menunjukkan hasil

Persamaan yang didapat untuk unsur P dalam bentuk linier sehingga menghasilkan persamaan

$$y = -0.0201x + 29.423 \quad (3.2)$$

y : nilai P (ppm)

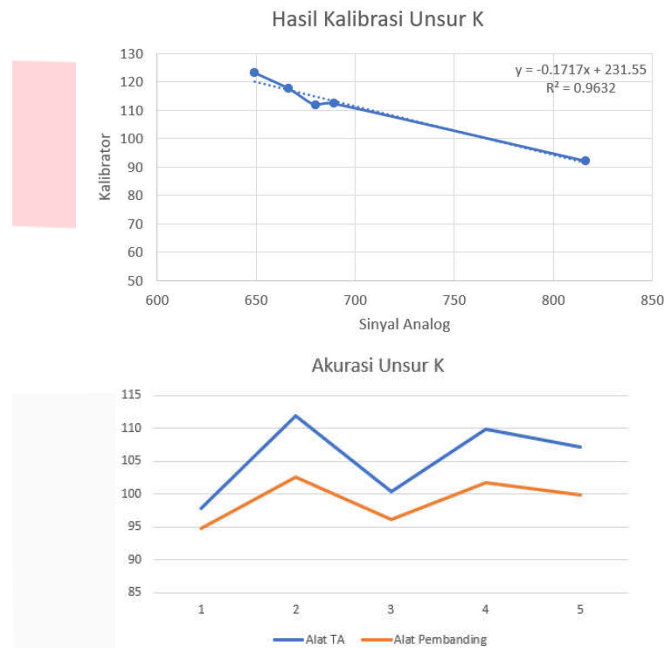
x : Nilai Sinyal ADC keluaran sensor NPK

Gambar diatas menunjukkan bahwa akurasi dari sensor terhadap kalibrator menunjukkan bahwa sensor mendekati

nilai kalibrator dengan perbedaan nilai kurang dari 1 ppm. Akurasi yang didapat untuk unsur P 98% dengan selisih error 2 %.

c. Unsur K

Pada gambar 3.3. merupakan perbandingan hasil pengukuran keluaran analog sensor NPK terhadap kalibrator (PPM).



GAMBAR 3.3  
KALIBRASI UNSUR K

Persamaan yang didapat adalah dalam bentuk linier sehingga menghasilkan persamaan

$$y = -0.1717x + 231.55 \quad (3,3)$$

y : nilai K (ppm)

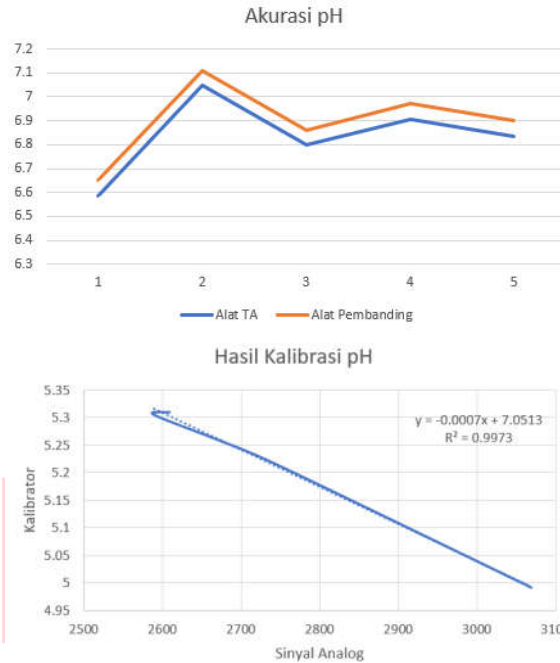
x : Nilai Sinyal ADC keluaran sensor NPK

Gambar diatas menunjukkan bahwa sensor NPK untuk unsur kalium menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan alat pembeding hal ini kemungkinan disebabkan oleh

nilai persamaan yang digunakan pada perangkat kurang tepat. Akurasi yang didapat untuk unsur K yaitu 93.7% dengan selisih error 6%.

## 2. Sensor pH

Sensor pH yang digunakan merupakan sensor analog yang dapat mengukur konduktivitas pada tanah. system yang dirancang hanya membutuhkan pembacaan nilai konduktivias sedangkan keluaran dari Kalibrator merupakan nilai pH dan alat tersebut sudah dikomersialisasikan. Gambar 3.4.



GAMBAR 3. 4  
KALIBRASI DAN AKURASI PH

NPK

sensor pH menunjukkan nilai yang sangat mendekati dengan kalibrator selisihnya kurang dari 0.5 setiap pot. Akurasi yang didapat untuk pH sebesar 99.06% dengan selisih error 1%.

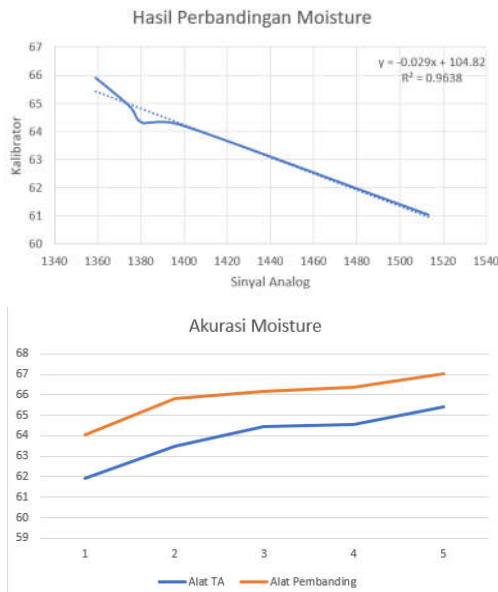
Pada Gambar 3.4. menunjukan bahwa persamaan yang didapat adalah dalam bentuk linier sehingga menghasilkan persamaan

$$y = -0.0007x + 7.0513 \tag{3.4}$$

y : Nilai pH (ppm)

x : Nilai Sinyal ADC keluaran sensor

3. Sensor Soil Moisture



GAMBAR 3. 5  
KALIBRASI DAN AKURASI SOIL MOISTURE

Pada Gambar 3.5. menunjukkan bahwa Persamaan yang didapat adalah dalam bentuk linier sehingga menghasilkan persamaan

$$y = -0.029x + 104.82 \tag{3.5}$$

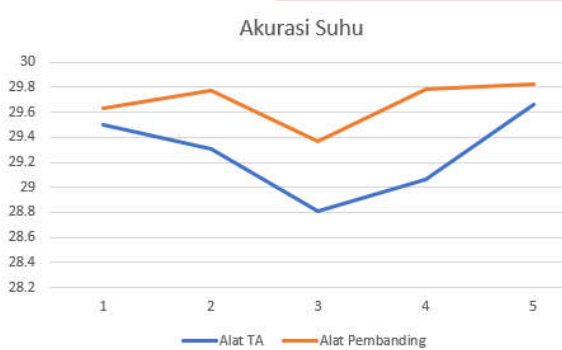
y : Nilai pH (ppm)  
 x : Nilai Sinyal ADC  
 keluaran sensor NPK

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa nilai untuk sensor lebih kecil terhadap kalibrator. Sensor moisture ini mendapatkan akurasi sebesar 97% dengan selisih error 3%.

4. Sensor DHT 11

Sensor DHT11 merupakan sensor digital untuk mengukur suhu dan kelembaban udara (humidity). Sensor ini tidak dikalibrasi dengan alat pembanding karena output dari sensor sudah menunjukkan derajat celcius untuk suhu dan persentase untuk kelembaban udara. Akan tetapi sensor ini tetap di uji akurasinya, hasil pengujian akurasi terdapat pada sub bab selanjutnya.

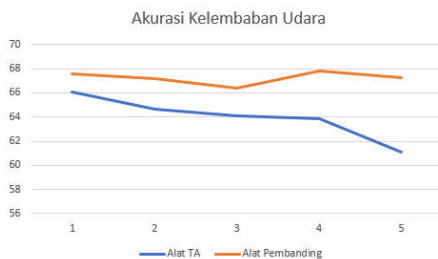
1. Suhu



GAMBAR 3. 6  
 AKURASI SUHU

Dari Gambar 3.6. menunjukkan bahwa sensor DHT11 mendapat nilai lebih kecil dibandingkan dengan kalibrator hal ini dikarenakan nilai toleransi berbeda antar sensor dengan kalibrator, sehingga sensor DHT11 untuk suhu mendapatkan akurasi sebesar 98.62% dengan selisih error 2%.

2. Kelembaban Udara



GAMBAR 3. 7  
 AKURASI KELEMBABAN UDARA

Dari Gambar 3.7. menunjukkan bahwa sensor DHT11 untuk kelembaban udara mendapat nilai lebih kecil dibandingkan dengan kalibrator hal ini sama halnya dengan suhu karekan nilai toleransi

sensor berbeda dengan kalibrator, sehingga sensor DHT11 untuk suhu mendapatkan akurasi sebesar 95%% dengan selisih error 5%.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian dan analisis pada tugas akhir ini adalah:

1. Sistem monitoring unsur hara tanah, pH, Kelembaban tanah, suhu udara dan Kelembaban udara yang dirancang dengan sensor NPK, sensor pH, Soil Moisture sensor dan DHT 11 berhasil dibuat. Akurasi untuk sensor NPK unsur N sebesar 98 %, unsur P sebesar 98% dan unsur K yaitu 93%, sedangkan untuk sensor pH mendapatkan akurasi pembacaan sebesar 99.06% terhadap kalibrator. Sensor soil moisture mendapatkan akurasi 97% dan sensor DHT11 untuk suhu menghasilkan akurasi 98%.
2. Perangkat yang dirancang telah mampu mengukur kadar unsur hara dalam satuan ppm, kadar pH pada tanah, kadar kelembaban tanah dan suhu udara yang telah terintegrasi dengan Firebase.

REFERENSI

[1] Wowling J dan A C, “Manfaat Unsur Hara Bagi Tanaman,” *Sulut Balitbang*, Jun. 16, 2015. <http://sulut.litbang.pertanian.go.id/index.php/publikasi/80-publikasi/leaflet/582-kegunaan-unsur-unsur-hara-bagi-tanaman> (accessed Dec. 07, 2021).

[2] Kurniawan, *Purwa Rupa IoT (Internet of Things) Kendali lampu gedung*. Lampung: Universitas Lampung, 2016.

[3] Y. Efendi, “Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile,” *JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i1.48.

[4] 0815011047 DIVA RAHMAYASA, *STUDI DAYA DUKUNG STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK MENGGUNAKAN CAMPURAN ABU AMPAS TEBU DAN SEMEN*. FAKULTAS TEKNIK, 2013.

[5] O. Ardiana Banaty et al., *GEJALA DEFISIENSI UNSUR HARA MAKRO PADA TANAMAN STROBERI (Fragaria X Ananassa Duchesne) VARIETAS DORIT*. 2014.

[6] B. Siswanto, “SEBARAN UNSUR HARA N, P, K DAN PH DALAM TANAH,” 2018.

[7] A. Galih Mardika and R. Kartadie, “MENGATUR KELEMBABAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBABAN TANAH YL-69 BERBASIS ARDUINO PADA MEDIA



- TANAM POHON GAHARU,” *Journal of Education and Information Communication Technology*, vol. 3, 2019.
- [8] L. RENALDI, “IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN CONTROLLING UNSUR HARA DAN KELEMBABAN TANAH PADA TANAMAN CABAI BERBASIS IOT MENGGUNAKAN LORA,” 2020, Accessed: Aug. 19, 2022. [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/165228/slug/implementasi-sistem-monitoring-dan-controlling-unsur-hara-dan-kelembaban-tanah-pada-tanaman-cabai-berbasis-iot-menggunakan-lora.html>
- [9] Admin Distan, “PENGARUH pH TANAH TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN | Dinas Pertanian.” [https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/berita\\_instansi/40-pengaruh-ph-tanah-terhadap-pertumbuhan-tanaman](https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/berita_instansi/40-pengaruh-ph-tanah-terhadap-pertumbuhan-tanaman) (accessed Aug. 19, 2022).
- [10] M. Nazir, M. Muyassir, and S. Syakur, “Pemetaan Kemasaman Tanan dan Analisis Kebutuhan Kapur di Kecamatan Keumala Kabupaten Pidie,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 2, no. 1, pp. 21–30, Feb. 2017, doi: 10.17969/jimfp.v2i1.2149.
- [11] Kompas, “Apa Pengaruh Suhu pada Pertumbuhan Tanaman? Halaman all - Kompas.com.” <https://www.kompas.com/homey/read/2020/12/10/174700176/apa-pengaruh-suhu-pada-pertumbuhan-tanaman-?page=all> (accessed Aug. 19, 2022).
- [12] Afik Hardanto, Asna Mustofa, and Sumarni, “Metode Irigasi Tetes dan Perlakuan Komposisi Bahan Organik dalam Budidaya Stroberi,” *Jurnal keteknikan pertanian*, vol. 23, no. 1, pp. 16–23, 2009.