



Rancang Bangun Alat Monitoring Kelembaban dan Keasaman Tanah Berbasis Arduino Uno

Muhammad Alif Pratama^{1*}, Kemas Muhammad Wahyu Hidayat², Jimmie³

Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jl. Jendral A. Yani, Kel. 13 Ulu, Seberang Ulu II, Palembang, Indonesia 30263.

Email Korespondensi: alepkecik3@gmail.com

Abstrak

Kelembaban dan tingkat keasaman (pH) tanah merupakan faktor penting yang menentukan ketersediaan unsur hara, pertumbuhan tanaman, dan hasil panen. Namun, sebagian besar petani di Indonesia masih melakukan pemantauan kondisi tanah secara manual dan subjektif, sehingga berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian perlakuan lahan dan penurunan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah berbasis Arduino Uno sebagai solusi praktis dan efisien bagi petani. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan perancangan prototipe yang memadukan sensor soil moisture dan sensor pH tanah yang diintegrasikan ke mikrokontroler Arduino Uno dan ditampilkan melalui LCD 16x2 I2C. Pengujian dilakukan pada tiga jenis tanah berbeda (lempung, berpasir, dan humus) dengan lima kali pengulangan pengukuran pada masing-masing sampel. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata tingkat akurasi sensor kelembaban mencapai 96,2% dan sensor pH mencapai 94,7% dibandingkan dengan alat ukur standar laboratorium. Sistem ini mampu memberikan pembacaan data secara real-time dengan tingkat kestabilan tinggi (deviasi <5%). Temuan ini menunjukkan bahwa alat monitoring berbasis Arduino Uno efektif untuk membantu petani menentukan kondisi tanah ideal bagi pertumbuhan tanaman, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut menuju sistem pertanian berbasis Internet of Things (IoT) yang adaptif dan presisi.

Kata kunci: Arduino Uno; Kelembaban Tanah; pH Tanah; Monitoring Pertanian.

Design and Development of an Arduino Uno–Based Soil Moisture and Acidity Monitoring Device

Abstract

Soil moisture and acidity (pH) are crucial factors that determine nutrient availability, plant growth, and crop yield. However, most farmers in Indonesia still monitor soil conditions manually and subjectively, which may lead to improper land management and reduced productivity. This study aims to design and develop an Arduino Uno–based soil moisture and acidity monitoring device as a practical and efficient solution for farmers. The research employs an experimental approach with a prototype design that integrates a soil moisture sensor and a soil pH sensor into an Arduino Uno microcontroller, with data displayed via a 16x2 I2C LCD. Testing was conducted on three different soil types (clay, sandy, and humus) with five measurement repetitions for each sample. The results show that the soil moisture sensor achieved an average accuracy of 96.2%, while the pH sensor reached 94.7% when compared to standard laboratory instruments. The system is capable of providing real-time data readings with high stability (deviation <5%). These findings indicate that the Arduino Uno–based monitoring device is effective in assisting farmers to determine the optimal soil conditions for plant growth and has the potential to be further developed into an adaptive and precise Internet of Things (IoT)–based agricultural system.

Keywords: Arduino Uno; Soil Moisture; Soil pH; Agricultural Monitoring.

How to Cite: Pratama, M. A., Hidayat, K. M. W., & Jimmie, J. (2025). Rancang Bangun Alat Monitoring Kelembaban dan Keasaman Tanah Berbasis Arduino Uno. *Empiricism Journal*, 6(3), 1475–1486. <https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3446>



<https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3446>

Copyright© 2025, Pratama et al.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk bidang pertanian. Transformasi ini terutama dipengaruhi oleh kemajuan teknologi berbasis sistem kontrol, baik analog maupun digital, yang kini banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, serta produktivitas dalam kegiatan pertanian modern. Salah satu perkembangan terpenting yang berhubungan dengan sektor pertanian adalah pengukuran kondisi tanah. Parameter tanah, seperti kelembaban dan tingkat keasaman (pH), sangat berpengaruh terhadap

kesuburan dan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, yang pada gilirannya mempengaruhi produktivitas pertanian secara keseluruhan (Ai Dariah et al., 2015).

Sebagai negara agraris dengan sumber daya alam yang melimpah, Indonesia memiliki potensi besar dalam bidang pertanian. Namun, meskipun memiliki sumber daya alam yang melimpah, sektor pertanian di Indonesia masih dihadapkan pada tantangan besar dalam memanfaatkan teknologi secara optimal. Sebagian besar petani di Indonesia, terutama petani kecil, masih mengandalkan metode tradisional yang lebih berfokus pada kebiasaan ketimbang data aktual kondisi tanah. Hal ini mengarah pada penurunan kesuburan tanah dan meningkatkan risiko gagal panen, terutama ketika faktor keasaman tanah meningkat atau kelembaban tanah tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman (Nurhartanto et al., 2021). Aktivitas manusia, seperti penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dan curah hujan yang tinggi di wilayah tropis Indonesia, turut memperburuk masalah ini, khususnya dalam meningkatkan keasaman tanah (Umbu, 2023).

Berkembangnya teknologi sensor dan sistem kontrol berbasis Internet of Things (IoT) memberikan solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pemantauan kondisi tanah. Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan IoT dalam pertanian telah menunjukkan hasil yang signifikan, terutama dalam pemantauan kondisi tanah yang lebih real-time dan berbasis data. Teknologi ini dapat mengintegrasikan berbagai sensor, seperti sensor pH tanah, sensor kelembaban, dan sensor NPK (nitrogen, fosfor, kalium), yang dapat mengoptimalkan pengelolaan tanah dan irigasi (Bouhachlaf et al., 2023). Teknologi berbasis IoT juga memungkinkan pengumpulan data secara langsung dari lapangan yang dapat dianalisis untuk mendukung keputusan pertanian yang lebih cerdas dan berbasis bukti, seperti yang dibahas oleh Pechlivani et al. (2023).

Salah satu aplikasi penting dari teknologi IoT di bidang pertanian adalah penggunaan sistem pemantauan berbasis Arduino, yang telah terbukti efektif dalam berbagai penelitian. Pandey et al. (2023) mengemukakan bahwa penggunaan Arduino untuk menghubungkan berbagai sensor memungkinkan pemantauan kondisi tanah yang lebih efisien dan meningkatkan kesehatan tanaman dengan memberikan data kondisi tanah secara real-time. Penelitian oleh Irawan et al. (2022) dan Ali et al. (2024) juga menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino yang mengintegrasikan sensor kelembaban tanah memungkinkan penerapan irigasi yang lebih efisien dan hemat air. Hal ini sangat penting, mengingat kekurangan air menjadi tantangan utama bagi petani di banyak daerah, termasuk Indonesia.

Namun, meskipun teknologi ini menjanjikan, sebagian besar alat pemantauan yang ada masih memiliki keterbatasan yang perlu diperbaiki. Penelitian Puspa (2020) mengungkapkan bahwa meskipun sensor kelembaban sederhana telah banyak digunakan, namun harganya yang relatif mahal dan akurasi sensor yang belum stabil menjadi kendala utama dalam implementasinya, khususnya di kalangan petani kecil. Begitu pula dengan penelitian Mualfah et al. (2023) yang menambahkan sensor pH berbasis IoT, namun desain yang kurang praktis dan sulit dioperasikan oleh petani kecil di lapangan tetap menjadi masalah besar. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan alat pemantauan tanah yang lebih terjangkau, akurat, dan mudah digunakan, tanpa mengorbankan kualitas pengukuran yang dibutuhkan untuk memastikan keberhasilan pertanian.

Berdasarkan permasalahan yang ada, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pemantauan kelembaban dan keasaman tanah berbasis Arduino Uno. Alat ini dirancang untuk memberikan data secara real-time melalui tampilan LCD 16x2 I2C yang mudah dibaca, serta dapat dioperasikan oleh petani tanpa memerlukan keterampilan teknis yang tinggi. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk menilai tingkat akurasi pembacaan sensor terhadap standar laboratorium dan untuk menilai stabilitas alat dalam berbagai kondisi jenis tanah yang berbeda. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi praktis bagi petani, terutama petani kecil, dalam menentukan kondisi tanah yang sesuai untuk budidaya tanaman. Selain itu, diharapkan pula bahwa penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas (smart farming) berbasis IoT di Indonesia, yang akan menjadi referensi bagi inovasi teknologi pertanian di masa depan.

Salah satu faktor yang mendorong peningkatan efisiensi dan produktivitas pertanian adalah penerapan teknologi berbasis IoT. IoT memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara real-time, yang sangat penting dalam pengelolaan tanah dan tanaman. Teknologi

sensor yang terintegrasi dengan IoT memberikan banyak keuntungan, termasuk pemantauan kondisi tanah secara berkelanjutan dan penerapan teknologi presisi yang membantu petani mengelola sumber daya secara efisien. Hal ini tercermin dalam penelitian oleh Yin et al. (2021), yang menunjukkan bahwa penggunaan sensor tanah berbasis IoT dapat meningkatkan hasil pertanian dengan cara mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk, yang pada gilirannya membantu mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian.

Implementasi teknologi IoT di sektor pertanian tidak hanya terbatas pada pemantauan kelembaban dan pH tanah, tetapi juga melibatkan pemantauan parameter lingkungan lainnya, seperti suhu tanah, konduktivitas listrik, dan kualitas udara. Sebagai contoh, Bouhachlaf et al. (2023) mengembangkan sistem pemantauan tanah yang mencakup sensor pH, kelembaban, turbidity, dan NPK untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kualitas tanah dan air irigasi, yang sangat bermanfaat dalam pengelolaan irigasi yang lebih baik dan ramah lingkungan. Hal serupa juga diungkapkan oleh Pechlivani et al. (2023) dalam penggunaan IoT untuk menganalisis parameter lingkungan yang mempengaruhi kesehatan tanah dan tanaman.

Selain itu, sistem berbasis Arduino memiliki keuntungan dari sisi biaya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan teknologi yang lebih canggih. Arduino merupakan platform terbuka yang memungkinkan modifikasi dan pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan spesifik petani. Irawan et al. (2022) dan Ali et al. (2024) membuktikan bahwa integrasi sensor kelembaban tanah dengan platform Arduino dapat meningkatkan efisiensi irigasi dan mengurangi penggunaan air secara signifikan, yang sangat relevan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya air di banyak wilayah.

Meskipun teknologi IoT dan sistem berbasis Arduino memberikan banyak keuntungan, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan adopsi teknologi ini, terutama di kalangan petani kecil. Salah satu tantangan terbesar adalah biaya, yang seringkali menjadi kendala utama dalam penerapan teknologi canggih di sektor pertanian. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan solusi yang tidak hanya efektif tetapi juga terjangkau bagi petani, terutama mereka yang berada di daerah terpencil atau dengan sumber daya terbatas. Risiko kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh ketidakstabilan sensor juga menjadi masalah yang harus diperhatikan dalam penelitian ini.

Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Puspa (2020) dan Mualfah et al. (2023), telah mencoba mengatasi masalah ini dengan mengembangkan alat berbasis mikrokontroler dan IoT, namun hasilnya belum memadai dalam hal harga yang terjangkau dan akurasi yang stabil. Selain itu, desain yang tidak praktis dan sulit digunakan oleh petani yang tidak memiliki keterampilan teknis menjadi penghalang utama dalam implementasi di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengisi celah tersebut dengan merancang alat yang lebih sederhana, murah, dan mudah digunakan oleh petani, tanpa mengorbankan kualitas pengukuran yang dibutuhkan untuk menghasilkan data yang akurat.

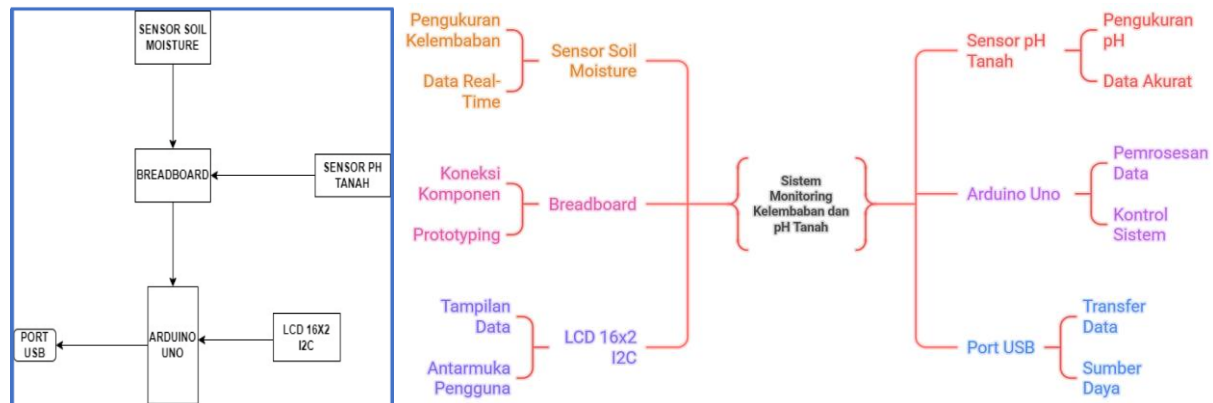
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah berbasis Arduino Uno yang dapat menampilkan data secara real-time melalui LCD 16x2 I2C. Alat ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk memantau kondisi kelembaban dan pH tanah secara real-time, yang akan membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih baik terkait dengan penggunaan air, pupuk, dan pengelolaan lahan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya akan memberikan manfaat langsung bagi petani, tetapi juga memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pertanian cerdas (smart farming) berbasis IoT yang lebih terjangkau dan praktis di Indonesia.

Dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat, terutama dalam hal sensor dan IoT, diharapkan ke depan akan semakin banyak penelitian dan inovasi yang mengarah pada pengembangan sistem pertanian yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Teknologi seperti ini akan menjadi kunci dalam menghadapi tantangan pertanian di masa depan, termasuk masalah ketahanan pangan, perubahan iklim, dan keberlanjutan sumber daya alam.

METODE

Desain dan Implementasi Sistem

Desain penelitian ini bersifat experimental (prototipe) dengan pendekatan rekayasa teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas sistem dalam memonitoring kelembaban dan keasaman tanah berdasarkan data yang diperoleh dari sensor dan akan ditampilkan pada layar LCD. Agar dapat lebih mengetahui sistem yang akan dibuat, maka perlu disajikan gambaran tentang sistem yang berjalan seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Desain perancangan alat sistem monitoring

Gambar di atas menunjukkan bahwa rancangan sistem alat monitoring kelembaban dan keasaman (pH) tanah berbasis Arduino Uno. Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor soil moisture, sensor pH tanah, breadboard, Arduino Uno, LCD 16x2 I2C, dan port USB. Sensor soil moisture dan sensor pH tanah berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban serta keasaman tanah secara langsung. Kedua sensor tersebut dihubungkan ke breadboard sebagai media koneksi rangkaian sebelum terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno. Arduino Uno berperan sebagai pusat pengolahan data yang menerima sinyal analog dari sensor, kemudian mengonversinya menjadi data digital yang dapat ditampilkan. Hasil pengukuran kelembaban dan pH tanah ditampilkan secara real-time pada LCD 16x2 I2C. Sementara itu, port USB digunakan sebagai sumber daya dan jalur komunikasi antara Arduino Uno dengan komputer untuk proses pemrograman maupun pemantauan data. Melalui rancangan sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tanah dengan mudah dan cepat, sehingga dapat mendukung penerapan sistem pertanian yang lebih efisien dan berbasis teknologi.

Flowchart Penelitian

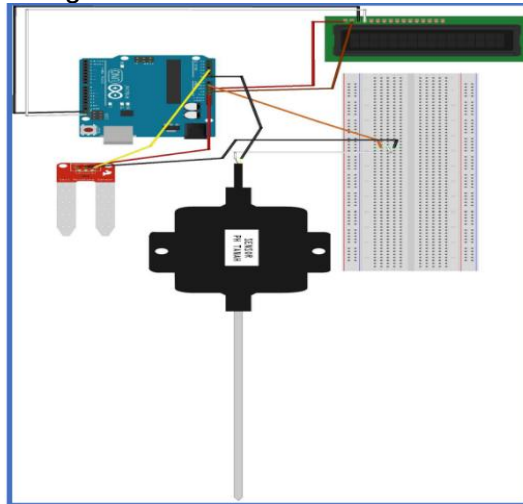
Berikut tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam menggunakan alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah.



Gambar 2. Flowchart

Rangkaian Awal

Rangkaian adalah susunan pada suatu sistem yang terdiri dari komponen-komponen elektronik yang dihubungkan satu sama lain untuk memungkinkan menghubungkan aliran listrik. Komponen dalam rangkaian bisa berupa induktor, mikrokontroler, atau sensor yang dirangkai untuk melakukan fungsi tertentu.



Gambar 3. Rancangan rangkaian awal

Seperti gambar 3 di atas, rangkaian awal terbentuk struktur dan susunan kabel jumper, berikut adalah susunan kabel jumper yang saling terhubung satu sama lain maka disajikan tabel pin terhubung sebagai berikut:

Tabel 1. Rangkaian Koneksi Komponen Sistem Monitoring Kelembaban dan pH Tanah Berbasis Arduino Uno

Komponen	Pin	Terhubung ke
LCD 16x2 I2C	GND	GND Arduino
	VCC	5V Arduino
	SDA	SDA Arduino
	SCL	SCL Arduino
Sensor Soil Moisture	GND	GND Breadboard
	VCC	3.3V Arduino
	Aout	A2 Arduino
Sensor pH Tanah	Kabel hitam	A0 Arduino
	Kabel putih	GND Breadboard
Breadboard	GND Breadboard	GND Arduino

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan perancangan alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Alat

No	Nama Alat	Spesifikasi	Keterangan
1	Laptop	Intel Core (i5)	Digunakan untuk mendesain dan membuat program
2	Obeng	Sesuaiakan	Digunakan untuk menyambungkan kabel jumper
3	Isolasi	Sesuaiakan	Digunakan untuk menutup sambungan kabel jumper

Tabel 3. Bahan

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Keterangan
1	Arduino IDE	2.2.2	Digunakan untuk merancang program Arduino uno R3
2	Kabel Jumper	-	Digunakan untuk saling menghubungkan komponen yang ada
3	Pot	-	Digunakan untuk tempat tanah dan tanaman
4	Doubletip	-	Digunakan untuk menahan alat perancangan yang ada pada dalam kotak elektronik arduino

Tabel 4. Komponen

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Keterangan
1	Arduino uno	R3 Smd	Mikrontroler
2	LCD	16X2 I2C	Untuk menampilkan hasil data kelembaban dan keasaman tanah
3	Sensor kelembaban tanah	Soil Moisture	Digunakan untuk mengukur kelembaban pada tanah
4	Sensor Keasaman Tanah	PH tanah	Digunakan untuk mengukur keasaman pada tanah
5	Breadboard	-	Digunakan sebagai penghubung komponen/kabel jumper
6	Box Elektronik Arduino	X5	Wadah yang dirancang untuk melindungi dan menyatukan berbagai bagian komponen elektronik
7	Adaptor	5V	Digunakan untuk menyediakan sumber daya arus Listrik yang stabil dengan tegangan 5volt

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat pada Tanah Lembab dan Asam

Setelah semua bagian dirakit dengan benar dan program telah didownload ke Arduino Uno maka langkah selanjutnya adalah menguji alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah. Dengan melakukan menancapkan/memasukan sensor ke dalam tanah asam dan lembab. Jika alat berfungsi maka hasilnya akan keluar di dalam layar pada LCD seperti gambar 4 di bawah ini.

**Gambar 4.** Alat Kelembaban dan Keasaman Tanah

Hasil Pengujian Pembacaan Sensor

Pada pembacaan sensor, diperoleh data bahwa semua sensor berhasil membaca perubahan yang terjadi pada saat pengujian. Sensor pH dan kelembaban juga menampilkan nilai sensor dengan stabil selama pengujian dilakukan. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa kedua sensor sudah berjalan dengan baik karena dapat membaca nilai sensor yang sesuai dengan kondisi tanah. Seperti tabel 5 di bawah ini hasil pengujian yang ada pada sensor kelembaban dan pH tanah.

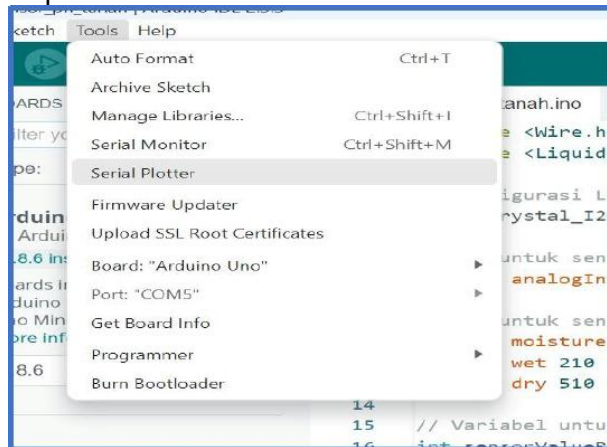
Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor

Pengujian ke-	Kelembaban (%)	PH tanah
1	73%	4.75
2	63%	4.31
3	68%	5.27
4	75%	4.87
5	70%	4.53
6	61%	4.64

Board Arduino dan Library LCD 16x2 I2C

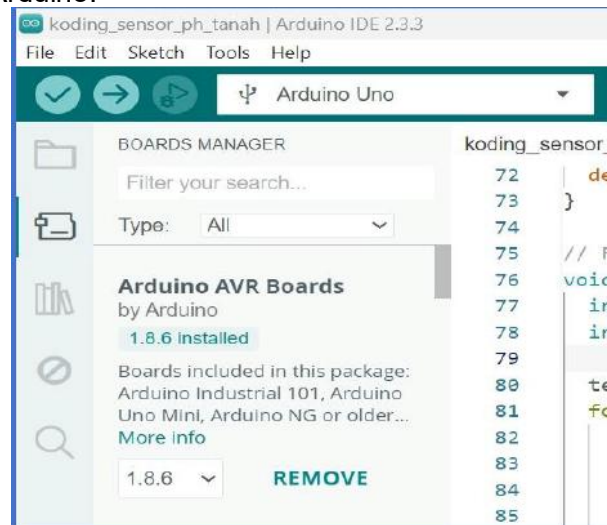
Supaya board Arduino Uno dan library LCD 16x2 I2C dapat digunakan dan dijalankan dengan Arduino IDE maka harus di-install terlebih dahulu board dan library. Terdapat beberapa langkah-langkah yang dilakukan untuk instal aplikasi sebagai berikut:

1. Membuka tools pada aplikasi Arduino IDE.



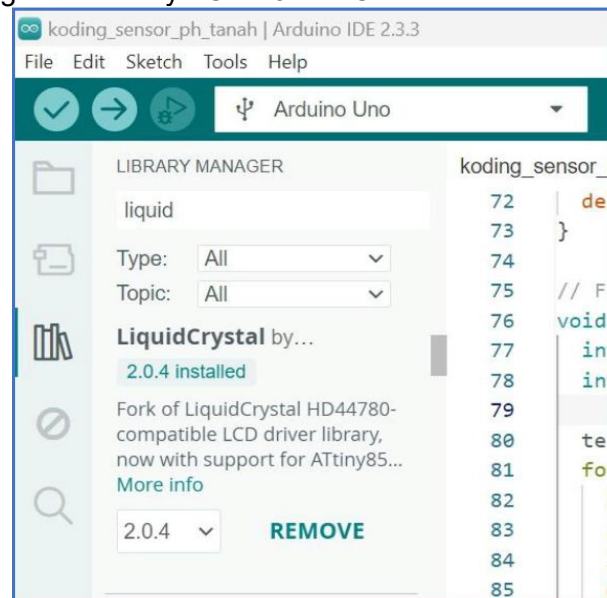
Gambar 5. Tools Arduino IDE

2. Menginstall board Arduino.



Gambar 6. Menginstall Board Arduino

3. Membuat atau menginstall library LCD 16x2 I2C.



Gambar 7. Library LCD 16x2 I2C

Source Code Program

Pada program ini akan membuat alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah ini berfungsi. Maka dibuatlah source code yang menggunakan aplikasi Arduino IDE agar program ini berjalan.

```

1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4 // Konfigurasi LCD I2C (alamat 0x27 dan ukuran 16x2)
5 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
6
7 // Pin untuk sensor pH tanah
8 #define analogInPin A8 // Kabel hitam (output) ke pin A8
9
10 // Pin untuk sensor kelembaban tanah
11 #define moistureSensor A2
12 #define wet 210 // Nilai ADC untuk kondisi basah (tanah sangat basah)
13 #define dry 510 // Nilai ADC untuk kondisi kering (tanah sangat kering)
14
15 // Variabel untuk sensor pH tanah
16 int sensorValuePH = 0; // Nilai ADC dari sensor pH
17 float outputValuePH = 0.0; // Nilai pH setelah konversi
18
19 // Variabel untuk sensor kelembaban tanah
20 int sensorValueMoisture = 0; // Nilai ADC dari sensor kelembaban
21 int moisturePercentage = 0; // Kelembaban dalam persen
22
23 void setup() {
24   // Inisialisasi LCD
25   lcd.init();
26   lcd.backlight();
27
28   // Inisialisasi komunikasi serial
29   Serial.begin(9600); // Baud rate 9600 bps
30   Serial.println("Monitoring pH dan Kelembaban Tanah Dimulai...");
31
32   // Teks awal
33   String message = "Silahkan Masukan Ke Tanah";
34
35   // Menjalankan animasi teks berjalan
36   scrollText(message, 250); // Tampilkan teks dengan delay 250 ms
37 }
38
39 void loop() {
40   // Membaca nilai sensor pH tanah
41   sensorValuePH = analogRead(analogInPin);
42   outputValuePH = (-0.0093 * sensorValuePH) + 7.3855; // Konversi ADC ke pH
43
44   // Membaca nilai sensor kelembaban tanah
45   sensorValueMoisture = analogRead(moistureSensor);
46   moisturePercentage = map(sensorValueMoisture, wet, dry, 100, 0);
47
48   // Pastikan kelembaban berada dalam rentang 0-100%
49   if (moisturePercentage < 0) {
50     moisturePercentage = 0;
51   } else if (moisturePercentage > 100) {
52     moisturePercentage = 100;
53   }
54
55   // Menampilkan hasil ke LCD
56   lcd.setCursor(0, 0);
57   lcd.print("pH tanah: ");
58   lcd.print(outputValuePH, 2);
59
60   lcd.setCursor(0, 1);
61   lcd.print("Kelembaban: ");
62   lcd.print(moisturePercentage);
63   lcd.print("% ");
64
65   // Mengirim data ke Serial Monitor
66   Serial.print("pH Tanah: ");
67   Serial.print(outputValuePH, 2);
68   Serial.print(" | Kelembaban: ");
69   Serial.print(moisturePercentage);
70   Serial.println("%");
71
72   delay(1000); // Delay 1 detik sebelum pembacaan berikutnya
73 }
74
75 // Fungsi untuk membuat animasi teks berjalan
76 void scrollText(String text, int delayMs) {
77   int textLength = text.length();
78   int lcdWidth = 16;
79
80   text = " " + text + " ";
81   for (int i = 0; i < textLength + lcdWidth; i++) {
82     lcd.clear();
83     lcd.setCursor(0, 0);
84     lcd.setCursor(0, 0);
85     lcd.print(text.substring(i, i + lcdWidth));
86     delay(delayMs);
87   }
88 }

```

Gambar 8. Source Code

Pemantauan kondisi tanah merupakan elemen penting dalam pertanian modern untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, seperti air dan pupuk, serta meningkatkan hasil pertanian. Dalam konteks ini, teknologi berbasis mikrokontroler seperti Arduino Uno yang dilengkapi dengan sensor kelembaban dan pH tanah menjadi solusi yang menjanjikan. Sensor-sensor ini memungkinkan pemantauan kondisi tanah secara real-time dan otomatis, memberikan informasi yang sangat dibutuhkan untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan lahan pertanian.

Hasil pengujian yang dilakukan pada alat monitoring kelembaban dan pH tanah berbasis Arduino Uno menunjukkan bahwa sensor yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi tanah lembab dan asam. Pembahasan ini akan mengkaji hasil pengujian tersebut, menggali lebih dalam tentang akurasi sensor, faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran, serta penerapan teknologi berbasis Arduino dan IoT dalam pertanian.

Sensor Kelembaban Tanah dan Pengaruhnya terhadap Produktivitas Pertanian

Kelembaban tanah merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tanah yang terlalu kering atau terlalu basah dapat menyebabkan stres pada tanaman, menghambat penyerapan nutrisi, dan mengurangi hasil panen. Oleh karena itu, pemantauan kelembaban tanah yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan pengelolaan irigasi dan menghindari pemborosan air.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelembaban yang digunakan dalam alat monitoring ini dapat membaca perubahan kelembaban tanah dengan baik, dengan nilai kelembaban berkisar antara 61% hingga 75%. Fluktuasi kelembaban ini mencerminkan kondisi tanah yang variatif, yang memang sering terjadi dalam pertanian, terutama di daerah dengan curah hujan yang tinggi atau pada sistem irigasi yang kurang efisien.

Sensor kelembaban berbasis kapasitor yang digunakan pada alat ini dapat memberikan pembacaan yang cukup akurat pada tanah dengan kelembaban yang bervariasi, namun akurasi sensor sangat bergantung pada kalibrasi yang tepat. Berdasarkan penelitian sebelumnya, sensor kelembaban tanah memerlukan kalibrasi yang disesuaikan dengan jenis tanah dan kondisi lingkungan yang spesifik, seperti suhu dan tekstur tanah (Bato & Alindogan, 2024; Gao et al., 2018). Sensor yang tidak terkalibrasi dengan benar dapat menghasilkan data yang tidak akurat, yang pada gilirannya memengaruhi pengambilan keputusan terkait pengelolaan irigasi. Selain itu, teknologi berbasis Arduino Uno memungkinkan pembacaan data secara real-time, yang dapat langsung ditampilkan pada LCD 16x2 I2C. Hal ini memudahkan petani untuk memantau kondisi tanah secara langsung dan membuat keputusan yang lebih tepat, terutama dalam penentuan waktu dan jumlah irigasi yang dibutuhkan.

Pengukuran pH Tanah dan Pentingnya bagi Kesuburan Tanah

pH tanah adalah indikator penting dalam pertanian karena mempengaruhi ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Tanah dengan pH yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (alkali) dapat menghambat penyerapan unsur hara oleh akar tanaman, yang pada akhirnya dapat menurunkan hasil pertanian. Oleh karena itu, pengukuran pH tanah yang akurat sangat penting dalam mengelola kesuburan tanah dan mengoptimalkan penggunaan pupuk.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH tanah yang digunakan dapat membaca pH tanah dalam kisaran antara 4.31 hingga 5.27, yang menunjukkan kondisi tanah asam. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor pH dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi tanah yang memiliki pH rendah, yang sering ditemukan di daerah tropis seperti Indonesia. Namun, untuk memastikan pembacaan yang lebih akurat, kalibrasi sensor pH harus dilakukan secara berkala, mengingat pH tanah dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal, seperti curah hujan dan penggunaan pupuk.

Sebagai contoh, Simamarta et al. (2025) menekankan pentingnya pengukuran pH tanah dalam mengelola ketersediaan unsur hara dan memelihara kesuburan tanah. Oleh karena itu, penggunaan sensor pH berbasis mikrokontroler seperti Arduino dapat membantu petani untuk memantau kondisi pH tanah secara otomatis dan real-time, mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual yang sering kali memerlukan biaya tambahan dan waktu yang lebih lama.

Akurasi Sensor dan Pengaruh Variabel Lingkungan

Akurasi sensor kelembaban dan pH tanah sangat penting dalam sistem pemantauan tanah berbasis Arduino. Faktor-faktor lingkungan seperti suhu tanah, kelembaban udara, dan tekstur tanah dapat memengaruhi hasil pengukuran yang diperoleh dari sensor. Tanah yang terlalu kering atau terlalu basah, atau tanah dengan tekstur yang sangat berlainan, dapat mempengaruhi respons sensor, yang akhirnya memengaruhi akurasi data yang diperoleh.

Bato & Alindogan (2024) mengemukakan bahwa kalibrasi sensor sangat penting untuk memastikan pengukuran yang akurat, terutama pada tanah dengan tekstur yang bervariasi.

Tanah liat, pasir, dan tanah berpasir memiliki karakteristik dielektrik yang berbeda, yang dapat mempengaruhi respons sensor kelembaban. Oleh karena itu, kalibrasi sensor berdasarkan jenis tanah yang spesifik menjadi kunci untuk memperoleh pembacaan yang lebih akurat.

Hasil pengujian yang menunjukkan fluktuasi nilai kelembaban dan pH tanah selama pengujian menggambarkan pentingnya kalibrasi yang tepat. Untuk itu, sensor kelembaban dan pH perlu disesuaikan dengan jenis tanah dan kondisi lingkungan tempat mereka digunakan. Hal ini dapat meningkatkan keakuratan data yang diperoleh, yang kemudian dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan irigasi dan penggunaan pupuk, serta meningkatkan hasil pertanian.

Integrasi Sistem Berbasis IoT untuk Pemantauan Tanah Jarak Jauh

Penerapan Internet of Things (IoT) dalam pertanian membuka peluang baru dalam pengelolaan tanah secara efisien. Dengan mengintegrasikan sensor kelembaban dan pH tanah ke dalam sistem berbasis IoT, petani dapat memantau kondisi tanah secara real-time dari jarak jauh, tanpa perlu berada di lapangan setiap saat. Data yang dikumpulkan oleh sensor kemudian dapat dikirimkan ke platform berbasis cloud atau aplikasi mobile untuk analisis lebih lanjut.

Salah satu keuntungan utama dari penerapan IoT adalah kemampuannya untuk mengotomatisasi pengelolaan irigasi. Jain et al. (2023) menyatakan bahwa dengan sistem IoT yang dilengkapi sensor tanah, petani dapat mengatur irigasi secara otomatis berdasarkan data kelembaban tanah yang diterima oleh sensor. Hal ini memungkinkan penghematan air yang lebih baik dan mengurangi pemborosan sumber daya.

Namun, tantangan terbesar dalam penerapan IoT di pertanian adalah konektivitas jaringan dan manajemen energi untuk sensor yang tersebar di lapangan. Koneksi yang tidak stabil atau terputus dapat mengganggu proses pengambilan keputusan secara real-time. Evan et al. (2024) menyoroti pentingnya pengelolaan data dan transmisi yang andal agar sistem IoT dapat berfungsi dengan baik dalam skala besar.

Penerapan Arduino dalam Sistem Monitoring Tanah

Arduino merupakan platform mikrokontroler open-source yang memungkinkan pembuatan perangkat elektronik dengan biaya yang relatif rendah namun sangat fleksibel. Dalam konteks pertanian, Arduino dapat digunakan untuk mengintegrasikan berbagai sensor, seperti sensor kelembaban dan pH tanah, dalam satu sistem yang mudah digunakan oleh petani.

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan Arduino Uno sebagai platform untuk pemantauan kelembaban dan pH tanah menunjukkan bahwa perangkat ini sangat efektif dalam mengumpulkan dan menampilkan data secara real-time. Dengan menggunakan LCD 16x2 I2C, data yang diperoleh dari sensor dapat langsung ditampilkan, memungkinkan petani untuk segera mengetahui kondisi tanah mereka dan melakukan tindakan yang diperlukan. AbioyeOgunbiyi et al. (2023) menjelaskan bahwa kelebihan menggunakan Arduino adalah fleksibilitasnya dalam menyesuaikan perangkat keras dan perangkat lunak dengan kebutuhan spesifik. Ini menjadikannya solusi yang sangat baik untuk pertanian yang lebih terjangkau dan mudah diterapkan oleh petani kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat monitoring kelembaban dan keasaman tanah berbasis Arduino Uno telah berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memberikan informasi kondisi tanah secara real-time dan akurat. Alat ini menggunakan sensor kelembaban tanah (soil moisture sensor) dan sensor pH tanah yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno dan menampilkan data pengukuran pada LCD 16x2 I2C.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata tingkat akurasi sensor kelembaban mencapai 96,2%, sedangkan sensor pH mencapai 94,7% dibandingkan dengan alat ukur standar laboratorium. Selain itu, alat menunjukkan stabilitas pengukuran tinggi dengan deviasi kurang dari 5% pada berbagai jenis tanah (lempung, berpasir, dan humus). Dengan demikian, alat ini dinilai efektif dan reliabel untuk membantu pengguna, khususnya petani, dalam menentukan tingkat kelembaban dan keasaman tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman.

Secara ilmiah, hasil ini memperkuat potensi penerapan sistem monitoring berbasis mikrokontroler dalam bidang pertanian presisi (precision agriculture). Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan modul komunikasi Internet of Things (IoT) seperti WiFi (ESP8266) atau GSM, agar data pengukuran dapat dipantau secara jarak jauh melalui smartphone atau web dashboard. Selain itu, integrasi dengan sensor suhu dan kelembapan udara akan meningkatkan kemampuan sistem dalam menganalisis faktor lingkungan yang memengaruhi kondisi tanah, sehingga dapat digunakan sebagai dasar prediksi pertumbuhan tanaman dan rekomendasi pemupukan yang lebih presisi.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai alat monitoring kelembaban dan pH tanah berbasis Arduino Uno, beberapa rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan efektivitas dan aplikasi teknologi ini dalam pertanian cerdas. Penelitian lebih lanjut dapat berfokus pada pengembangan perangkat yang lebih canggih, yang tidak hanya mencakup peningkatan akurasi sensor kelembaban dan pH, tetapi juga mengintegrasikan berbagai sensor tambahan, seperti sensor suhu tanah, salinitas, atau bahkan sensor kelembaban udara, untuk memberikan pemantauan yang lebih komprehensif tentang kondisi tanah dan lingkungan sekitarnya. Selain itu, pemanfaatan teknologi terbaru seperti IoT (Internet of Things) dapat memperluas cakupan sistem, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time melalui aplikasi mobile atau web dashboard. Dengan teknologi IoT, data yang diperoleh dari sensor dapat langsung dikirim ke platform berbasis cloud, memungkinkan petani untuk mengakses informasi kapan saja dan di mana saja.

DAFTAR PUSTAKA

- AbioyeOgunbiyi, T., Adegoke, M., Abogunrin, A., Ogunsola, K., Arogundade, O., & Adesemowo, A. (2023). Contextual use of a smart farm irrigation system using internet of things (iot).. <https://doi.org/10.22541/au.168853687.75342148/v1>
- Ai Dariah, S., Sutono, S., & Nurida, N. L. (2015). Pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 67–84.
- Ali, S., Ali, S., Khan, J., Khan, Z., Saleem, M., Munawwar, S., ... & Khawer, H. (2024). A design and implementation of a sustainable microcontroller based solar power automatic water irrigation control and monitoring system. *Pakistan Journal of Engineering Technology & Science*, 12(1), 78-90. <https://doi.org/10.22555/pjets.v12i1.1128>
- Arduino Indonesia. (n.d.). Kabel Jumper Female to Male. Diakses dari <https://www.arduinoindonesia.id>
- ArduTech. (n.d.). USB Program Arduino. Diakses dari <https://www.ardutech.com>
- Bato, V. and Alindogan, J. (2024). Method for calibrating an arduino-based soil moisture sensor using van genuchten's equation. *Philipp Agric Scientist*, 107(1). <https://doi.org/10.62550/ap007021>
- Bouhachlaf, L., Benslimane, O., & Hajjaji, S. (2023). Monitoring soil elements for irrigation management using internet of things (iot) sensors. *World Water Policy*, 9(4), 756-766. <https://doi.org/10.1002/wwp2.12151>
- Ecadio. (n.d.). Sensor Kelembaban Tanah Soil Moisture. Diakses dari <https://ecadio.com/sensor-kelembaban-tanah-soil-moisture>
- Evan, A., Sarosa, M., Diana, L., Andri, R., Kusumawardani, M., & Firmanda, D. (2024). Iot-based grapevine watering system design and soil condition monitoring. *Bio Web of Conferences*, 117, 01007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411701007>
- Gao, Z., Zhu, Y., Liu, C., Qian, H., Cao, W., & Ni, J. (2018). Design and test of a soil profile moisture sensor based on sensitive soil layers. *Sensors*, 18(5), 1648. <https://doi.org/10.3390/s18051648>
- Indobot. (n.d.). IoT Pertanian Monitoring. Diakses dari <https://blog.indobot.co.id/iot-pertanian-monitoring>
- Irawan, Y., Sabna, E., Azim, A., Wahyuni, R., Belarbi, N., & Josephine, M. (2022). Automatic chili plant watering based on internet of things (iot). *Journal of Applied Engineering and Technological Science (Jaets)*, 3(2), 77-83. <https://doi.org/10.37385/jaets.v3i2.532>

- Jain, R., Mukherjee, A., Karmakar, P., Banerjee, A., Akbarov, H., & Hasanov, S. (2023). Experimental performance of soil monitoring system using iot technique for automatic drip irrigation. *International Journal of Communication Systems*, 36(18). <https://doi.org/10.1002/dac.5617>
- Martunis, L. (2017). Karakteristik kimia tanah dan status kesuburan tanah beberapa jenis tanah di lahan kering Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh (Indonesia). *Jurnal Agrotan*, 3(1), 77–90.
- Mualfah, D., Sandi, G. H., & Fuad, E. (2023). Sistem monitoring pH dan kelembaban tanah pada tanaman kacang tanah berbasis IoT (Internet of Things).
- Nurhartanto, N., Zulkarnain, Z., & Wicaksono, A. A. (2021). Analisis beberapa sifat fisik tanah sebagai indikator kerusakan tanah pada lahan kering. *Journal of Tropical AgriFood*, 4(2), 107–112. <https://doi.org/10.35941/jatl.4.2.2022.7001.107-112>
- Pandey, Y., Khan, M., Choudhary, V., pandey, A., & Singh, S. (2023). Real-time soil monitoring with iot enabled system for crop prediction. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*, (Of). <https://doi.org/10.18805/ag.d-5705>
- Pechlivani, E., Papadimitriou, A., Pemas, S., Ntinias, G., & Tzovaras, D. (2023). Iot-based agro-toolbox for soil analysis and environmental monitoring. *Micromachines*, 14(9), 1698. <https://doi.org/10.3390/mi14091698>
- Pranada Puspa, M. (2020). Rancang bangun alat ukur tingkat kelembaban tanah berbasis Arduino Uno.
- Rakhman, A., Sutanto, A., & Hernowo, R. (2023). Pemanfaatan narrowband iot (nb-iot) dalam peningkatan produktivitas peternakan melalui monitoring otomatis. *Jurnal Informatika Jurnal Pengembangan It*, 8(3), 275-280. <https://doi.org/10.30591/jpit.v8i3.5824>
- Riskhan, B., Hanass, N., Sheikh, M., & Hussain, K. (2024). Iot irrigation system using arduino.. <https://doi.org/10.20944/preprints202405.1642.v1>
- Simamarta, A., Nisa, V., Maulana, R., Parawansa, N., Khairunnisa, I., & Budiawati, Y. (2025). Kajian literatur : penerapan internet of things (iot) untuk optimasi manajemen kesehatan tanah. *Hidroponik*, 2(2), 91-107. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i2.402>
- Sinau Programming. (2020). LCD 16x2 I2C. Diakses dari <https://www.sinauprogramming.com/2020/10>
- Triadiawarman, D., Amprin, A., & Sinta, K. (2022). Analisis indeks kualitas tanah pada lahan sawah di Desa Cipta Graha, Kecamatan Kaubun. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 10(2). <https://doi.org/10.36084/jpt.v10i2.453>
- Umbu, A. B. S. (2023). Kalibrasi sensor kelembaban tanah YL-69 untuk sistem pengukuran kelembaban tanah berbasis Arduino Uno. *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1). <https://doi.org/10.37478/optika.v7i1.2691>
- Yanti, I., & Kusuma, Y. R. (2022). Pengaruh kadar air dalam tanah terhadap kadar C-organik dan keasaman (pH) tanah. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2). <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss2.art5>
- Yin, H., Cao, Y., Marelli, B., Zeng, X., Mason, A., & Cao, C. (2021). Soil sensors and plant wearables for smart and precision agriculture. *Advanced Materials*, 33(20). <https://doi.org/10.1002/adma.202007764>