



Perancangan Alat Pendeteksi Tingkat Kelembapan Tanah dan Penyiraman Otomatis Berbasis Arduino Uno dan Sensor Kelembapan Tanah pada Tanaman Kedelai

Deni Muhamad Muij ^{1,*}, Nanang Burhan ¹, Ratna Dewi Anjani ^{1,2}

¹ Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia 41361

² Program Studi D-3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia 41361

Kata kunci

kelembapan tanah
Arduino Uno
kedelai
sistem otomatis
irigasi

ABSTRAK

Kedelai merupakan salah satu komoditas pertanian strategis yang memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan nasional. Namun, rendahnya produktivitas kedelai di Indonesia masih menjadi permasalahan, salah satunya disebabkan oleh kurang optimalnya sistem penyiraman karena kondisi tanah belum terpantau secara waktu nyata. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan alat pendeteksi kelembapan tanah berbasis Arduino Uno dan sensor kelembapan tanah untuk membantu petani menentukan waktu penyiraman yang tepat. Alat ini bekerja dengan mendeteksi kadar air dalam tanah menggunakan sensor YL-69/FC-28, mengolah data melalui mikrokontroler Arduino Uno, dan menampilkan hasil pengukuran kelembapan tanah pada LCD 16 × 2. Berdasarkan kategori nilai analog, sistem dapat mengidentifikasi kondisi tanah (kering, lembap, dan basah) serta mengaktifkan pompa air secara otomatis apabila diperlukan. Hasil kalibrasi dan pengujian menunjukkan bahwa alat mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pertumbuhan optimal tanaman kedelai. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi teknologi yang sederhana, ekonomis, dan aplikatif dalam bidang pertanian presisi, khususnya pada skala kecil hingga menengah.

* Corresponding author:

Deni Muhamad Muij (denimuij@gmail.com)

Diterima: 21 April 2026

Disetujui: 1 Mei 2026

Dipublikasikan: 12 September 2026

1 Pendahuluan

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan penting di Indonesia dan berfungsi sebagai sumber utama protein nabati bagi masyarakat. Meskipun memiliki peran yang signifikan, produksi kedelai dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan nasional secara optimal. Oleh karena itu, Indonesia masih bergantung pada impor dalam jumlah besar. Pada tahun 2024, jumlah impor tercatat sekitar 1,88 juta metrik ton. Penelitian ini tidak bertujuan menyelesaikan masalah impor secara langsung, melainkan menawarkan solusi pada tingkat budi daya kedelai, khususnya dalam efisiensi pengelolaan kelembapan tanah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas kedelai masih menjadi tantangan utama dalam sektor pertanian nasional. Salah satu penyebab rendahnya produktivitas tersebut ialah pengelolaan irigasi yang belum optimal. Penentuan waktu dan volume penyiraman masih banyak didasarkan pada pengalaman petani, bukan pada data kondisi tanah yang terukur. Padahal, tingkat kelembapan tanah merupakan faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Ketersediaan air yang tepat dapat menunjang proses fisiologis secara optimal, sedangkan kekurangan atau kelebihan air dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil panen [1].

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan sistem berbasis mikrokontroler menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi. Arduino Uno yang dikombinasikan dengan sensor kelembapan tanah memungkinkan pengembangan sistem pemantauan yang

mampu memberikan informasi kondisi tanah secara waktu nyata. Sistem ini dapat membantu pengguna menentukan waktu penyiraman secara lebih akurat dan efisien [2]. Selain itu, penerapan sistem otomatis berbasis sensor terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung produktivitas pertanian [3].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan sensor kelembapan tanah dalam sistem pertanian. Penelitian Sujadi et al. [1] menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis Arduino dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil panen tanaman kedelai. Sementara itu, Payero et al. [2] mengembangkan jaringan sensor nirkabel untuk memantau kelembapan tanah dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Penelitian lain menunjukkan bahwa sensor berbiaya rendah, seperti YL-69 atau FC-28, masih dapat digunakan secara efektif pada sistem pertanian sederhana, meskipun memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan dan akurasi [4]. Selain itu, Gogate et al. [3] berhasil mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis sensor yang mampu meningkatkan efisiensi kerja dan produktivitas lahan pertanian.

Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan potensi penggunaan teknologi dalam sistem irigasi, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem dengan tingkat kompleksitas yang relatif tinggi, seperti integrasi berbasis Internet of Things (IoT) atau jaringan sensor berskala luas. Oleh karena itu, masih diperlukan pengembangan sistem yang lebih sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan, khususnya bagi petani skala kecil hingga menengah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang, mengkalibrasi, dan menguji kinerja alat pendeteksi kelembapan tanah serta sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno dan sensor kelembapan tanah pada media tanam kedelai. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan informasi kondisi tanah secara waktu nyata serta mengoptimalkan proses penyiraman secara otomatis sesuai dengan tingkat kelembapan tanah. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna bagi petani dalam mengelola penyiraman tanaman secara lebih efisien, mendukung peningkatan produktivitas kedelai, dan mengurangi ketergantungan terhadap impor [5].

2 Metode Penelitian

Perancangan alat ini dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari perancangan model hingga penyelesaian alat. Tahapan yang dilakukan ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 1. Alur logika perancangan

Pada tahap awal penelitian, dilakukan penelaahan terhadap berbagai referensi, seperti buku dan jurnal ilmiah yang ditulis oleh peneliti sebelumnya. Penelaahan ini bertujuan memperoleh informasi awal yang lebih mendalam sebagai dasar dalam merancang sistem dan menentukan komponen yang dibutuhkan. Informasi yang dikumpulkan mencakup beberapa aspek penting, yaitu karakteristik dan kebutuhan tanaman kedelai, jenis dan fungsi mikrokontroler, pemanfaatan Arduino sebagai pusat pengendali sistem, spesifikasi dan cara kerja sensor kelembapan tanah tipe YL-69 dan FC-28, penggunaan modul LCD 16×2 sebagai alat tampilan data, pemanfaatan potensiometer untuk pengaturan tegangan atau nilai analog, serta peran aktuator dalam sistem otomatisasi. Setelah informasi awal terkumpul, tahap selanjutnya ialah perancangan perangkat lunak. Perancangan dimulai dengan inisialisasi sensor kelembapan tanah yang akan membaca kadar air di dalam media tanam. Jika sensor mendeteksi bahwa kondisi tanah berada di bawah ambang batas kelembapan (kering), sistem akan mengaktifkan pompa air secara otomatis untuk menyiram tanaman hingga kondisi tanah mencapai tingkat kelembapan optimal. Pompa kemudian mati ketika kadar air telah mencukupi.

Proses kerja sistem dijabarkan dalam diagram alir yang menggambarkan urutan logika kerja perangkat secara keseluruhan. Tahapan berikutnya ialah kalibrasi sensor yang bertujuan memastikan bahwa data yang dibaca sensor kelembapan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Langkah-langkah kalibrasi meliputi: (1) menyiapkan dua wadah berisi tanah dari lokasi yang sama; (2) menimbang berat masing-masing tanah; (3) mengeringkan salah satu tanah menggunakan oven pada suhu $\pm 105^\circ\text{C}$ hingga benar-benar kering; (4) menancapkan sensor pada tanah yang tidak dikeringkan (wadah A) untuk membaca nilai kelembapannya, sedangkan tanah kering (wadah B) digunakan untuk menghitung kelembapan secara manual dengan metode

gravimetri berdasarkan selisih berat tanah basah dan kering setelah proses pengeringan menggunakan oven; (5) membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil perhitungan manual untuk mengetahui persentase kesalahan; dan (6) memprogram ulang sensor agar sesuai dengan hasil kalibrasi yang diperoleh. Setelah kalibrasi selesai, pengambilan data dilakukan secara primer dan sekunder.

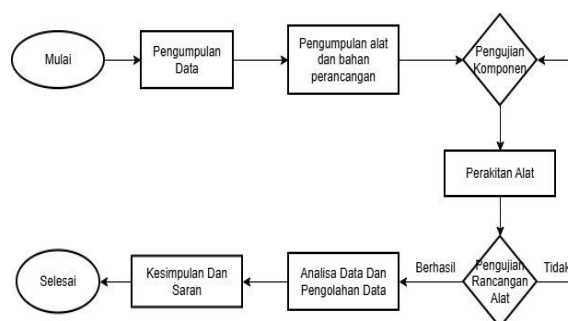
Sebelum alat diuji, terlebih dahulu dilakukan proses penanaman kedelai yang terdiri atas beberapa tahap. Tahap pertama ialah pembelian bibit kedelai dengan memilih bibit yang masih dalam kondisi baik. Tahap kedua ialah pemilihan tanah yang subur dan penyiapan media tanam yang sesuai. Tahap ketiga merupakan inti penelitian, yaitu penyesuaian dan pemasangan sistem sensor kelembapan tanah serta sistem penyiraman otomatis pada media tanam. Tahap keempat ialah pelaksanaan penyiraman berkala yang dilakukan secara otomatis oleh sistem berdasarkan pembacaan sensor. Tahap kelima ialah pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai dan evaluasi kinerja alat yang telah dirancang.

Pengambilan data primer dilakukan pada media tanam kedelai dalam dua kondisi tanah, yaitu kering ($<20\%$) dan basah ($60\text{--}80\%$). Parameter yang diukur meliputi nilai analog sensor ($0\text{--}1023$), persentase kelembapan hasil konversi, dan status pompa (ON/OFF). Keluaran alat berupa tampilan persentase kelembapan pada LCD 16×2 serta aktivasi pompa otomatis berdasarkan analisis ambang batas 40% . Pompa menyala saat tanah kering ($<40\%$) dan mati saat tanah lembap ($\geq 40\%$). Data tersebut digunakan untuk melakukan perbandingan dan validasi guna mengetahui kesesuaian kondisi tanah berdasarkan pengamatan langsung dan data sebelumnya. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis untuk membandingkan karakteristik tanah dalam kondisi basah dan kering, baik berdasarkan hasil pengukuran primer maupun sekunder. Hasil analisis menjadi dasar untuk simulasi dan pengujian sistem secara menyeluruh guna memastikan bahwa alat bekerja sesuai dengan rancangan. Pada tahap akhir, sistem diimplementasikan secara langsung di lapangan dan kinerja alat dievaluasi secara menyeluruh. Evaluasi ini penting untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi sistem dalam jangka pendek serta menjadi bahan perbaikan bagi pengembangan sistem pada masa mendatang, baik dari segi teknologi maupun manfaatnya dalam mendukung pertanian berbasis mekatronika.

3 Hasil dan Pembahasan

Pemantauan kelembapan tanah merupakan langkah penting untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman kedelai (*Glycine max*), terutama karena tanaman ini sensitif terhadap kekurangan air pada fase pembungaan dan pengisian polong. Alat pendeteksi kelembapan tanah berbasis sensor kelembapan tanah dan mikrokontroler Arduino Uno bekerja dengan mengukur kadar air yang terkandung dalam tanah melalui perubahan resistansi listrik.

Sensor kelembapan tanah bekerja dengan mendeteksi perubahan resistansi tanah yang memengaruhi tegangan keluaran. Data tersebut kemudian diolah oleh Arduino dan ditampilkan pada LCD 16×2 . Pada pengujian, ketika tanah berada dalam kondisi kering, sensor membaca nilai analog >700 (persentase kelembapan $<40\%$) sehingga relay mengaktifkan pompa. Sebaliknya, ketika tanah lembap, nilai analog <800 (persentase kelembapan $\geq 40\%$), pompa mati dan LCD menampilkan kategori “lembap”. Mekanisme tersebut dapat dianalisis dalam proses perancangan sebagai berikut.



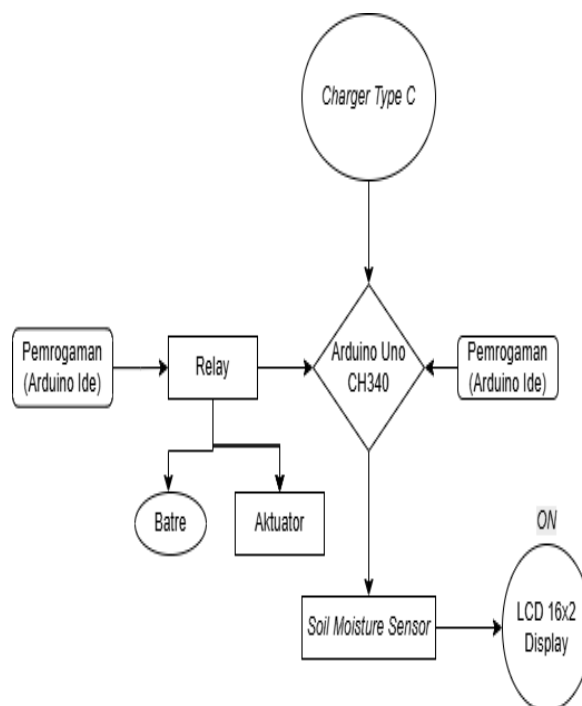
Gambar 2. Alur perancangan

Pada tahap perencanaan tersebut, analisis kebutuhan alat meliputi komponen-komponen berikut.

No	Bahan	Keterangan
1	Mikrokontroler Arduino Uno CH340	Berfungsi sebagai pengendali yang membaca data dari sensor kelembapan tanah, mengolah data, dan mengendalikan keluaran.
2	Sensor kelembapan tanah	Mengukur tingkat kelembapan tanah dengan mendeteksi resistansi tanah.
3	LCD 16 × 2	Menampilkan atau mengindikasikan kelembapan tanah.
4	Relay	Mengaktifkan pompa air otomatis.
5	Kabel jumper (male to female)	Menghubungkan Arduino dengan sensor dan modul lain.
6	Aktuator	Mengubah sinyal kontrol atau energi yang diterimanya menjadi gerakan fisik untuk melakukan pekerjaan yang diinginkan.
7	Baterai aki	Berfungsi sebagai sumber daya.

Tabel 1. Bahan perancangan

Dari hasil analisis bahan-bahan tersebut, tahap perancangan selanjutnya ialah perakitan alat. Tahap ini meliputi penyusunan komponen sesuai dengan fungsinya, mulai dari koneksi sensor kelembapan tanah ke Arduino Uno, pengaturan modul relay untuk mengendalikan pompa air, hingga penempatan LCD sebagai media tampilan informasi. Skema perakitan sistem secara keseluruhan dijelaskan melalui diagram alir berikut yang menggambarkan urutan logika kerja sistem, mulai dari pembacaan sensor hingga aktivasi penyiraman secara otomatis.



Gambar 3. Alur perancangan sensor

Proses dimulai dari charger USB Type-C yang berfungsi mentransfer energi listrik ke Arduino Uno CH340. Untuk mengaktifkan sensor, Arduino Uno perlu diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Hasil pemrograman adalah sebagai berikut:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define SOIL_SENSOR_A0 A0 // Pin analog sensor kelembapan tanah
#define RELAY_PIN 7 // Pin relay untuk mengontrol pompa

#define DRY_THRESHOLD 700 // Tanah kering (pompa aktif)
#define WET_THRESHOLD 800 // Tanah cukup basah stabil (pompa mati)

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Pastikan alamat I2C sesuai dengan modul LCD
```

Pada tahap awal pemrograman, dua pustaka diimpor, yaitu Wire.h untuk melakukan komunikasi I²C dan LiquidCrystal_I2C.h untuk mengontrol modul LCD yang menggunakan komunikasi I²C. Selanjutnya, dua pin Arduino didefinisikan. Pin analog A0 digunakan untuk membaca data dari sensor kelembapan tanah (SOIL_SENSOR_A0), sedangkan pin digital 7 digunakan untuk mengontrol relay (RELAY_PIN) yang akan mengaktifkan atau mematikan pompa air. Berikutnya, ditentukan dua nilai ambang batas kelembapan. WET_THRESHOLD bernilai 800, yang menunjukkan kondisi tanah cukup basah sehingga pompa harus dimatikan untuk mencegah penyiraman berlebihan.

Setelah itu, dibuat objek LCD dari LiquidCrystal_I2C dengan alamat I²C 0x27 dan ukuran layar 16 kolom × 2 baris. Alamat ini harus disesuaikan dengan modul LCD yang digunakan. Objek tersebut digunakan untuk menampilkan informasi secara visual, seperti tingkat kelembapan tanah atau status pompa.

```
bool pumpState = false; // Status pompa

void setup() {
  pinMode(SOIL_SENSOR_A0, INPUT);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Pompa mati secara default
```

Pada bagian awal kode, variabel pumpState dideklarasikan sebagai tipe boolean dengan nilai awal false, yang menunjukkan bahwa pompa berada dalam keadaan mati secara default. Variabel ini berfungsi menyimpan status pompa, baik ketika aktif (menyala) maupun tidak aktif (mati).

Selanjutnya, pada fungsi setup(), dilakukan inisialisasi konfigurasi pin. Pin SOIL_SENSOR_A0 diatur sebagai INPUT karena berfungsi membaca data dari sensor kelembapan tanah. Sementara itu, pin RELAY_PIN diatur sebagai OUTPUT karena digunakan untuk mengendalikan modul relay yang terhubung ke pompa air. Setelah itu, perintah digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); dijalankan sehingga pompa berada dalam keadaan mati secara default saat sistem pertama kali dijalankan. Hal ini bertujuan memastikan pompa tidak langsung aktif ketika perangkat dinyalakan dan mencegah penyiraman yang tidak diperlukan pada tahap inisialisasi awal.

```
Serial.begin(9600); // Debugging melalui Serial Monitor

  lcd.begin(16, 2); // Inisialisasi LCD dengan ukuran 16x2
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Kelembapan:");
}
```

Bagian kode tersebut berada di dalam fungsi setup() dan digunakan untuk menginisialisasi komunikasi serial serta layar LCD. Baris Serial.begin(9600); digunakan untuk memulai komunikasi serial antara Arduino dan komputer dengan kecepatan 9600 baud. Hal ini berguna untuk proses debug, yaitu menampilkan data atau

pesan pada Serial Monitor agar pengguna dapat memantau nilai pembacaan sensor atau status sistem secara langsung.

Selanjutnya, dilakukan inisialisasi modul LCD dengan perintah `lcd.begin(16, 2);` yang menunjukkan bahwa layar memiliki 16 kolom dan 2 baris. Setelah itu, `lcd.backlight();` diaktifkan agar lampu latar menyala sehingga tulisan pada layar terlihat jelas. Kemudian, kursor diletakkan pada kolom ke-0 baris pertama dengan `lcd.setCursor(0, 0);`, lalu ditampilkan tulisan “Kelembapan:” menggunakan `lcd.print("Kelembapan:");`. Teks tersebut berfungsi sebagai label awal pada layar LCD untuk menunjukkan bahwa sistem akan menampilkan nilai kelembapan tanah.

```
void loop() {
    int moistureLevel = analogRead(SOIL_SENSOR_A0);

    // Balik nilai sensor jika pembacaan terbalik
    moistureLevel = 1023 - moistureLevel;

    // Konversi kelembapan ke persen berdasarkan rentang 0-1023
    int moisturePercent = map(moistureLevel, 0, 1023, 0, 100);
```

Pada fungsi `loop()`, sistem mulai membaca data dari sensor kelembapan tanah secara terus-menerus selama mikrokontroler aktif. Nilai kelembapan tanah dibaca melalui pin analog `SOIL_SENSOR_A0` menggunakan perintah `analogRead(SOIL_SENSOR_A0);`. Hasil pembacaan tersebut disimpan dalam variabel `moistureLevel`.

Selanjutnya, dilakukan pembalikan nilai sensor dengan rumus `moistureLevel = 1023 - moistureLevel;`. Langkah ini dilakukan apabila karakteristik sensor menghasilkan nilai tinggi saat tanah kering dan nilai rendah saat tanah basah. Setelah nilainya dibalik, interpretasi data menjadi lebih intuitif; semakin tinggi nilai, semakin basah kondisi tanah.

Kemudian, nilai kelembapan tanah dikonversi ke dalam satuan persen (%) untuk memudahkan pemantauan. Proses ini dilakukan dengan fungsi `map()`, yaitu `int moisturePercent = map(moistureLevel, 0, 1023, 0, 100);`. Fungsi tersebut mengubah skala pembacaan dari rentang 0–1023 menjadi rentang 0–100%. Nilai persentase yang dihasilkan merupakan pemetaan pembacaan sensor pada sistem yang digunakan. Oleh karena itu, angka tersebut merupakan persentase relatif hasil kalibrasi alat, bukan kadar air absolut yang diukur secara gravimetrik. Hasil konversi ini digunakan untuk logika pengendalian pompa dan ditampilkan pada layar LCD serta Serial Monitor.

```
// Tampilkan kelembapan di LCD dalam format persen
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("    "); // Hapus nilai lama
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(moisturePercent);
lcd.print("%");
```

Potongan kode tersebut digunakan untuk menampilkan nilai kelembapan tanah dalam format persentase (%) pada baris kedua layar LCD. Proses diawali dengan perintah `lcd.setCursor(0, 1);` yang mengatur posisi kursor pada kolom pertama (indeks 0) baris kedua (indeks 1) layar LCD.

Selanjutnya, perintah `lcd.print(" ");` digunakan untuk menghapus nilai kelembapan lama yang mungkin masih tertinggal pada layar dengan mencetak spasi kosong di lokasi tersebut. Hal ini bertujuan agar tampilan tidak tumpang tindih atau meninggalkan karakter lama ketika nilai baru ditampilkan.

Setelah area tampilan dibersihkan, kursor kembali diarahkan ke awal baris kedua dengan perintah `lcd.setCursor(0, 1);`. Kemudian, nilai kelembapan yang telah dikonversi ke persentase dicetak menggunakan `lcd.print(moisturePercent);` dan diikuti simbol persen melalui `lcd.print("%");`. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi kelembapan tanah secara langsung melalui tampilan LCD.

```
// Debugging: tampilkan informasi ke Serial Monitor
Serial.print("Moisture Level: "); Serial.print(moistureLevel);
Serial.print(" | Kelembapan: "); Serial.print(moisturePercent);
Serial.print("% | Pompa: "); Serial.println(pumpState ? "NYALA" : "MATI");
```

Pertama, `Serial.print("Moisture Level: ");` mencetak label yang menunjukkan nilai mentah dari sensor kelembapan tanah. Selanjutnya, `Serial.print(moistureLevel);` mencetak nilai aktual sensor sebelum dikonversi menjadi persentase.

Kemudian, `Serial.print(" | Kelembapan: ");` mencetak teks tambahan sebagai pemisah, sedangkan `Serial.print(moisturePercent);` menampilkan nilai kelembapan yang telah dikonversi ke dalam satuan persen. Setelah itu, `Serial.print("% | Pompa: ");` menunjukkan status pompa dan ditutup dengan `Serial.println(pumpState ? "NYALA" : "MATI");`. Pernyataan tersebut menggunakan operator ternary untuk menampilkan tulisan “NYALA” jika `pumpState` bernilai `true` atau “MATI” jika `pumpState` bernilai `false`.

Secara keseluruhan, keluaran pada Serial Monitor menampilkan satu baris informasi lengkap, seperti berikut:

“Moisture Level: 300 | Kelembapan: 70% | Pompa: NYALA”.

```
// Logika kontrol pompa tetap sama
if (moistureLevel > DRY_THRESHOLD) {
    pumpState = true; // Pompa aktif karena tanah kering
} else if (moistureLevel < WET_THRESHOLD) {
    pumpState = false; // Pompa mati karena tanah cukup basah
}
```

Bagian kode ini mengatur kapan pompa air harus menyala atau mati berdasarkan kondisi kelembapan tanah yang terbaca oleh sensor. Jika nilai `moistureLevel` melebihi batas yang ditetapkan sebagai kondisi tanah kering (`DRY_THRESHOLD`), sistem menganggap tanah kekurangan air sehingga pompa dinyalakan dengan menetapkan `pumpState = true`.

Sebaliknya, apabila nilai kelembapan turun di bawah ambang tanah basah (`WET_THRESHOLD`), kadar air dalam tanah dianggap telah mencukupi. Sistem kemudian mematikan pompa dengan mengubah status `pumpState` menjadi `false`.

Dengan cara ini, pompa tidak bekerja setiap kali terjadi perubahan kecil pada nilai sensor, melainkan hanya merespons ketika kondisi tanah benar-benar kering atau sudah cukup basah. Pendekatan ini membantu menjaga efisiensi kerja sistem dan menghindari penyiraman yang tidak diperlukan.

```
// Ubah status relay berdasarkan pumpState
digitalWrite(RELAY_PIN, pumpState ? HIGH : LOW);

delay(1000); // Tunggu 1 detik sebelum pembacaan ulang
}
```

Bagian kode ini menjalankan tindakan akhir, yaitu mengaktifkan atau mematikan pompa berdasarkan status yang telah ditentukan oleh variabel `pumpState`.

Perintah `digitalWrite(RELAY_PIN, pumpState ? HIGH : LOW);` berarti bahwa jika `pumpState` bernilai `true`, pin relay diberi sinyal `HIGH` sehingga pompa menyala. Sebaliknya, jika `pumpState` bernilai `false`, pin diberi sinyal `LOW` sehingga pompa mati. Penggunaan operator ternary (`? :`) berfungsi menyingkat penulisan kondisi `if-else`.

Selanjutnya, `delay(1000)`; digunakan untuk memberikan jeda selama 1 detik sebelum sensor dibaca kembali. Jeda ini membantu sistem bekerja lebih stabil karena sensor tidak dibaca terlalu sering dan pompa memiliki waktu untuk merespons perubahan kondisi tanah. Dengan demikian, pompa merespons perubahan kelembapan tanah secara berkala berdasarkan batas nilai yang telah ditentukan.

Pada tahap pertama, dilakukan pembelian bibit kedelai dengan memilih bibit yang masih dalam kondisi baik.



Gambar 4. Kacang kedelai

Setelah pembelian bibit kedelai, tahap kedua ialah penanaman bibit dengan memilih tekstur tanah yang baik dan menggunakan media tanam yang sesuai. Pada gambar berikut, botol plastik dimanfaatkan sebagai media tanam untuk menanam bibit kedelai.



Gambar 5. Penanaman kedelai

Pada gambar tersebut telah dimasukkan lima butir bibit kedelai. Tahap selanjutnya ialah penyesuaian sensor kelembapan tanah untuk menganalisis kondisi tanah. Apabila tanah kering, sistem penyiraman akan aktif secara otomatis untuk menyesuaikan kelembapan tanah dan akan mati ketika tanah telah mencapai kondisi lembap. Selanjutnya, penyiraman berkala dilakukan menggunakan alat yang telah dirancang ketika tanah mulai kering. Dengan demikian, alat tersebut berpotensi membantu menjaga kelembapan media tanam pada kisaran yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai. Penerapan sensor kelembapan tanah berdasarkan tingkat kekeringan atau kebasahan tanah ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan sensor kelembapan tanah

Gambar 6 menunjukkan tampilan sensor kelembapan tanah dengan nilai 73%, sehingga tanah berada dalam kondisi lembap. Sesuai dengan pembahasan sebelumnya, ketika tanah telah lembap, sistem penyiraman dinonaktifkan. Selanjutnya, Gambar 7 menunjukkan rangkaian keseluruhan sistem pada perancangan alat ini.



Gambar 7. Rangkaian sistem

Sistem yang telah dirancang masih memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan untuk pengembangan pada masa mendatang. Salah satu kendala utama terletak pada penggunaan sensor kelembapan tanah tipe YL-69/FC-28 yang bersifat konduktif dan rentan terhadap korosi dalam jangka panjang, terutama apabila digunakan pada media tanam yang bersifat asam. Hal ini dapat memengaruhi akurasi sensor dan masa pakainya.

Selain itu, sistem masih bergantung pada sumber listrik eksternal sehingga tidak dapat berfungsi secara mandiri ketika terjadi gangguan daya listrik. Keterbatasan lain ialah belum tersedianya fasilitas penyimpanan data atau akses jarak jauh karena informasi kelembapan hanya ditampilkan secara lokal melalui LCD dan Serial Monitor.

Sebagai upaya pengembangan, sistem dapat ditingkatkan melalui beberapa langkah, seperti penggunaan sensor kapasitif yang lebih tahan lama dan stabil, penambahan modul penyimpanan data seperti microSD, integrasi dengan modul Wi-Fi (misalnya ESP8266 atau ESP32) untuk pemantauan jarak jauh, serta pemasangan panel surya agar alat dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional.

Pengembangan tersebut diharapkan dapat menjadikan alat lebih adaptif dan berdaya tahan tinggi serta sesuai diterapkan pada skala pertanian yang lebih luas. Selain itu, pengembangan ini diharapkan mendukung efisiensi dan akurasi dalam praktik pertanian modern.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan implementasi alat pendeteksi kelembapan tanah serta sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno dan sensor kelembapan tanah pada tanaman kedelai, dapat disimpulkan bahwa alat telah berhasil dirancang menggunakan komponen utama Arduino Uno CH340, sensor YL-69/FC-28, modul relay, pompa air, dan LCD 16 × 2. Logika pembacaan sensor menggunakan nilai analog (0–1023) yang dibalik dan dikonversi menjadi persentase kelembapan (0–100%). Sistem relay dan pompa bekerja secara otomatis berdasarkan ambang batas; pompa menyala ketika tanah kering dan mati ketika tanah lembap. Dengan demikian, informasi kelembapan dapat ditampilkan secara waktu nyata pada LCD 16 × 2. Keterbatasan sistem meliputi sensor YL-69/FC-28 yang rentan terhadap korosi, ketergantungan pada sumber listrik eksternal, serta belum tersedianya fasilitas penyimpanan data dan akses jarak jauh. Untuk pengembangan selanjutnya, direkomendasikan penggunaan sensor kapasitif yang lebih tahan lama, penambahan modul Wi-Fi (ESP8266/ESP32) untuk pemantauan jarak jauh, serta pemasangan panel surya agar alat dapat beroperasi secara mandiri.

5 Referensi

- [1] H. Sujadi, I. Marina, E. Koswara, and K. R. Indriana, “Smart agriculture: Optimizing soybean cultivation through technology in crop monitoring,” vol. 1, no. 2, pp. 101–114, 2023.
- [2] J. O. Payero, A. M. Nafchi, R. Davis, and A. Khalilian, “An Arduino-based wireless sensor network for soil

moisture monitoring using Decagon EC-5 sensors,” pp. 288–300, 2017, doi: 10.4236/ojss.2017.710021.

- [3] S. Gogate, S. Satra, A. Agrawal, R. Daryapurkar, and N. Mehendale, “Design and implementation of Arduino-based automatic irrigation with moisture sensor,” pp. 1–5.
- [4] E. C. W. Dimaghi Schwamback, Magnus Persson, Ronny Berndtsson, Luis Eduardo Bertotto, and Alex Naoki Asato Kobayashi, “Cost and accuracy,” 2023.
- [5] A. M. P. Rajeswaran Nagalingam, Vijayalakshmi Chintamaneni, and Kannan Paramasivan, “Smart agriculture: Automatic monitoring of soil moisture and irrigation control for farming land,” vol. 11, no. 3, 2023.