

Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Arduino Uno di Badan Pusat Statistik Kota Gunungsitoli

Famoboro Gulo¹, Serius Halawa², Lustantri Mendrofa³, Santi Trimurni Buulolo⁴, Ofelius Laia⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias

¹famoborogulo@gmail.com*, ²seriusshalawa83@gmail.com, ³lustantrim@gmail.com, ⁴sanditrimurni@gmail.com,

⁵ofeliuslaia@gmail.com

Abstract

Automation technology serves as a strategic solution to optimize routine activities, including plant care. This research aims to design and implement an automatic watering system based on Arduino Uno and FC-28 soil moisture sensor, applied in the garden area of the Central Bureau of Statistics (BPS) in Gunungsitoli City. The system is designed to detect soil moisture levels in real-time and automatically activate a mini water pump when the soil is detected to be dry according to a predetermined threshold. The method used is a direct experimental approach involving the assembly of electronic components, microcontroller programming, and field testing for one month. The results indicate that the system can reduce water usage by up to 40% compared to manual watering methods and operates stably without user intervention. This system represents a cost-effective and practical technological solution that is suitable for replication in small-scale institutional or household environments.

Keywords: arduino uno, soil moisture sensor, automation, smart watering, BPS gunungsitoli

Abstrak

Teknologi otomasi menjadi solusi strategis dalam mengoptimalkan efisiensi kegiatan rutin, salah satunya dalam hal perawatan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah FC-28 yang diterapkan pada area taman di lingkungan Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Gunungsitoli. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah secara nyata (real-time) dan mengaktifkan pompa air mini secara otomatis apabila kondisi tanah terdeteksi kering berdasarkan ambang batas tertentu. Metode yang digunakan adalah eksperimen langsung melalui perakitan komponen elektronik, pemrograman mikrokontroler, dan pengujian lapangan selama satu bulan. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi penggunaan air hingga 40% dibandingkan metode penyiraman manual serta bekerja secara stabil tanpa intervensi pengguna. Sistem ini merupakan solusi teknologi tepat guna yang murah, efisien, dan layak untuk direplikasi pada lingkungan kerja berskala kecil maupun rumah tangga.

Kata kunci: Arduino Uno, sensor kelembaban tanah, otomasi, penyiraman otomatis, BPS Gunungsitoli

©This work is licensed under a Creative Commons Attribution -ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Perubahan gaya hidup masyarakat modern yang semakin dinamis dan dipenuhi aktivitas telah menyebabkan sejumlah kegiatan esensial dalam kehidupan sehari-hari menjadi terabaikan. Salah satu kegiatan tersebut adalah perawatan tanaman, yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, memperbaiki kualitas udara, menciptakan keindahan lingkungan, dan memberikan dampak positif terhadap kesehatan mental. Dalam konteks lembaga atau instansi pemerintahan seperti Badan Pusat Statistik (BPS), keberadaan taman kantor tidak sekadar menjadi elemen estetika, melainkan juga mencerminkan komitmen institusional terhadap pelestarian lingkungan dan peningkatan kenyamanan kerja bagi pegawai.

Penyiraman tanaman merupakan bagian krusial dari proses perawatan taman. Akan tetapi, dalam praktiknya, kegiatan ini seringkali terhambat oleh keterbatasan waktu, keterbatasan tenaga operasional, dan ketidakrutinitasan rutinitas pegawai, khususnya di

instansi pelayanan publik yang padat aktivitas. Hal ini menyebabkan tanaman rentan mengalami kekeringan atau bahkan pembusukan akibat penyiraman yang tidak proporsional. Kondisi tersebut pada akhirnya berdampak negatif terhadap kesehatan tanaman dan keberlanjutan ruang hijau di lingkungan instansi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat menyederhanakan dan mengotomatisasi proses penyiraman tanaman, sehingga tidak lagi bergantung pada intervensi manual setiap waktu.

Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler merupakan salah satu inovasi penting dalam otomasi pertanian modern. Permasalahan yang sering dihadapi petani dan pengelola lahan pertanian adalah ketergantungan pada penyiraman manual yang memerlukan waktu, tenaga, dan tidak selalu efisien dalam penggunaan air [1]. Dalam konteks ini, sistem otomatisasi berbasis sensor dan mikrokontroler menjadi solusi yang dapat meminimalkan intervensi manusia sekaligus menghemat konsumsi air.

Arduino Uno merupakan salah satu mikrokontroler yang paling populer digunakan dalam berbagai proyek otomasi, termasuk sistem penyiraman otomatis. Arduino dipilih karena bersifat open-source, mudah diprogram, kompatibel dengan berbagai sensor, serta memiliki dokumentasi yang luas [2]. Sensor kelembaban tanah tipe FC-28 adalah sensor yang sering dikombinasikan dengan Arduino untuk mengukur tingkat kelembaban media tanam. Sensor ini bekerja dengan cara membaca nilai resistansi antara dua elektroda, dan mengubahnya menjadi nilai digital atau analog yang merepresentasikan kadar air dalam tanah.

Mashuri et al. dalam penelitiannya tentang smart urban farming menjelaskan bahwa kombinasi antara Arduino atau ESP32 dengan sensor kelembaban tanah dengan konektivitas IoT mampu secara signifikan menghemat air dan menjaga kestabilan kelembaban tanah di berbagai jenis media tanam [3]. Penelitian ini memilih pendekatan non-IoT. Tujuannya adalah untuk mengatasi keterbatasan jaringan internet di lokasi uji serta mengurangi biaya implementasi..

Selain itu, studi oleh Deshpande et al. mengembangkan sistem monitoring kelembaban dan suhu tanah berbasis Raspberry Pi dengan akurasi tinggi ($r = 0.9$ dan $RMSE \approx 3.1\%$) [4]. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno dengan sensor FC-28 sebagai kompromi antara biaya, konsumsi daya, dan kemudahan perakitan.

Namun demikian, mayoritas penelitian tersebut dilakukan pada skala rumah tangga atau sektor pertanian modern, sementara penerapannya dalam lingkungan instansi pemerintah lokal seperti kantor BPS belum banyak diteliti. Padahal, kebutuhan akan sistem otomasi juga sangat relevan di institusi pemerintahan, khususnya di daerah yang memiliki keterbatasan infrastruktur digital, seperti Kota Gunungsitoli, Sumatera Utara. Kendala utama di wilayah ini adalah akses internet yang terbatas, daya listrik yang tidak stabil, dan minimnya SDM teknis. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang tidak tergantung pada konektivitas internet, memiliki kebutuhan daya rendah, dan mudah dirakit serta dioperasikan oleh pengguna non-teknis.

Penelitian ini berbeda karena mengusung konsep teknologi tepat guna yang tidak bergantung pada koneksi internet, berbiaya rendah, mudah dirakit, dan dapat dioperasikan oleh pengguna non-teknis. Fokusnya adalah pada penerapan di lingkungan kantor pemerintahan daerah dengan keterbatasan infrastruktur, khususnya BPS Kota Gunungsitoli. Dengan demikian, penelitian ini melengkapi studi sebelumnya dengan memberikan contoh implementasi sistem otomasi sederhana namun efektif untuk konteks semi-perkotaan yang minim sumber daya. Sistem ini bekerja dengan cara membaca nilai kelembaban tanah secara nyata (*real-time*) menggunakan sensor kelembaban tanah tipe FC-28, kemudian secara otomatis mengaktifkan pompa air mini apabila nilai sensor menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi

kering. Selain sebagai solusi praktis, sistem ini juga memiliki nilai edukatif, yakni sebagai contoh penerapan teknologi tepat guna yang dapat direplikasi di lingkungan sekolah, rumah tangga, maupun kantor pelayanan publik lainnya.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi: Bagaimana merancang sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno yang mampu mendeteksi kondisi tanah secara nyata (*real-time*) dan mengaktifkan pompa air secara otomatis?; Seberapa efektif sistem dalam menghemat penggunaan air dan meningkatkan efisiensi waktu perawatan tanaman di lingkungan kantor BPS Kota Gunungsitoli?; Sejauh mana sistem dapat bekerja secara stabil dan akurat dalam mendeteksi kondisi tanah dan mengatur pompa dengan ambang batas tertentu?.

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk: Merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis mikrokontroler yang sesuai dengan kondisi lapangan di BPS Kota Gunungsitoli; Menguji kestabilan dan akurasi sistem dalam mendeteksi kelembaban tanah serta mengontrol pompa air secara otomatis; Mengevaluasi efisiensi penggunaan air dan kinerja sistem dibandingkan dengan metode penyiraman manual.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pemanfaatan teknologi mikro untuk mendukung kegiatan perawatan ruang hijau institusional serta mendorong adopsi solusi otomasi berbasis open-source di daerah dengan keterbatasan teknologi digital.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen teknis dan rekayasa sistem, yang dilakukan melalui tahapan perancangan perangkat keras (hardware), pengembangan perangkat lunak (software), serta proses integrasi dan pengujian sistem secara menyeluruh. Desain penelitian disusun secara sistematis untuk menghasilkan suatu sistem penyiraman otomatis yang mampu mendeteksi kelembaban tanah dan secara otomatis mengaktifkan pompa air ketika tanah dalam kondisi kering. Penelitian ini dilakukan dengan studi kasus di lingkungan taman Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Gunungsitoli, yang secara geografis memiliki tantangan tersendiri dalam hal infrastruktur jaringan dan sumber daya listrik yang tidak selalu stabil.

2.1 Desain Sistem

Rancangan sistem penyiraman otomatis ini mengadopsi struktur arsitektur prototipe yang telah dikembangkan oleh Agistya et al., di mana Arduino Uno digunakan sebagai pengendali utama (mikrokontroler), sementara sensor kelembaban tanah tipe FC-28 berfungsi sebagai input data untuk mendeteksi kadar air dalam tanah [5]. Ketika sensor mendeteksi kelembaban di bawah ambang batas

tertentu, Arduino akan memicu aktivasi relay untuk menyalakan pompa air.

Sumber daya listrik untuk sistem ini berasal dari adaptor listrik biasa (5V–9V), tetapi dapat dikembangkan menggunakan panel surya sebagaimana diteliti dalam proyek-proyek otomasi sebelumnya yang bersifat portabel dan ramah lingkungan [5]. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Sensor membaca tingkat kelembaban tanah dan mengirimkan data analog ke pin A0 pada Arduino. Arduino memproses data tersebut dan membandingkannya dengan nilai ambang batas (*threshold*). Jika nilai melebihi ambang batas, maka pin digital akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa.

2.2 Komponen dan Spesifikasi

Sensor kelembaban tanah tipe FC-28 dihubungkan ke pin analog Arduino (A0) untuk membaca nilai kelembaban tanah. Output dari sensor berupa nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) yang kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas tertentu (*threshold*) dalam program Arduino. Jika nilai yang terbaca lebih rendah dari ambang batas, maka pompa air akan diaktifkan [6].

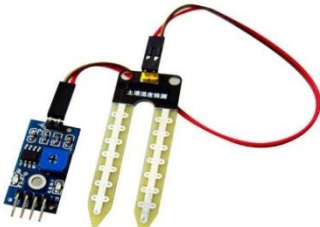
Skema koneksi dan konfigurasi kabel dirujuk dari jurnal teknis American Journal of Advanced Computing [6]. Konfigurasi koneksi dan pemrograman sensor kelembaban tanah tipe FC-28 mengikuti panduan teknis dari Circuits DIY yang menyediakan penjelasan komprehensif terkait cara kerja sensor, kalibrasi, dan pemetaan data analog [7].

Tabel berikut merangkum komponen utama beserta spesifikasinya:

Tabel 1. Komponen Utama dan Spesifikasi	
Komponen	Spesifikasi Teknis
Arduino Uno	Mikrokontroler ATmega328P, 16 MHz, 5 V, 6 pin analog
Sensor kelembaban tanah	FC-28, output analog (0–1023), tegangan kerja 3.3 – 5 V
Relay 1-channel	Tipe SPDT, tegangan kerja 5 V, mampu switching 10A
Pompa mini DC	12 V, debit air ±1,5 liter/menit
Selang air	6mm
Breadboard dan kabel jumper	Standar, panjang 20 cm
Catu daya	USB 5V untuk Arduino



Gambar 2. Arduiono Uno



Gambar 3. Sensor Kelembaban Tanah FC-28

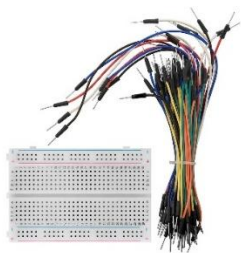


Gambar 4. Modul Relay 5 V



Gambar 5. Pompa Air Mini DC

Gambar 6. Selang Air 6mm



Gambar 7. Breadboard dan Kabel Jumper



Gambar 8. Kabel USB

2.3 Perakitan Rangkaian

Rangkaian dirakit sesuai diagram kabel berikut: Sensor kelembaban tanah tipe FC-28: VCC ke 5V Arduino, GND ke GND Arduino, A0 ke pin analog A0; Relay: VCC ke 5V Arduino, GND ke GND Arduino, IN ke pin digital 7; Pompa air: Satu kabel ke terminal NO (Normally Open) relay, lainnya ke kutub positif catu daya 12V; COM relay dihubungkan ke kutub negatif catu daya eksternal

2.4 Pemrograman Mikrokontroler

Sistem diprogram menggunakan Arduino IDE dengan logika dasar sebagai berikut: Arduino membaca nilai kelembaban tanah dari pin A0; Jika nilai $> 600 \rightarrow$ tanah kering $\rightarrow$ pompa hidup. Jika nilai $\leq 600 \rightarrow$ tanah lembab atau basah $\rightarrow$ pompa mati.

Program Sistem Penyiram Tanaman Otomatis

```
const int sensorPin = A0;
const int relayPin = 7;
int kelembabanTanah = 0;
int ambangKering = 600;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, HIGH);
}
void loop() {
  kelembabanTanah = analogRead(sensorPin);
  if (kelembabanTanah > ambangKering) {
    digitalWrite(relayPin, LOW);
  } else {
    digitalWrite(relayPin, HIGH);
  }
  delay(500);
}
```

Penjelasan program:

```
const int sensorPin = A0;
const int relayPin = 7;
```

Mendefinisikan pin-pin yang digunakan dalam sistem: sensor pada A0, relay pada pin 7.

```
int kelembabanTanah = 0;
int ambangKering = 600;
```

ambangKering = 600 adalah nilai ambang batas tertentu (*threshold*). Jika nilai sensor lebih besar dari 600, maka tanah dianggap kering.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, HIGH);
}
```

Inisialisasi komunikasi serial untuk menampilkan data di Serial Monitor. Mengatur pin sensor sebagai input, dan pin relay sebagai output. Relay diset ke HIGH di awal agar pompa tidak aktif saat pertama kali menyala.

```
if (kelembabanTanah > ambangKering) {
  digitalWrite(relayPin, LOW);
} else {
  digitalWrite(relayPin, HIGH);
}
```

Jika nilai kelembaban lebih besar dari ambangKering (600) $\rightarrow$ tanah kering $\rightarrow$ pompa hidup; Jika nilai kelembaban kurang atau sama dengan 600 $\rightarrow$ tanah lembab $\rightarrow$ pompa mati.

```
delay(500);
```

Memberi jeda 0,5 detik sebelum pembacaan berikutnya, agar sistem tidak terlalu cepat membaca data dan stabil.

2.5 Prosedur Pengujian

Pengujian sistem dilakukan selama satu bulan dengan tiga kali siklus pengamatan per hari (pagi, siang, sore) di area taman kantor BPS Gunungsitoli. Uji dilakukan pada tiga kondisi kelembaban tanah: basah, lembab, dan kering. Sensor dibaca secara langsung menggunakan Serial Monitor Arduino, sedangkan status pompa dicatat manual. Volume air disemprotkan diukur dengan gelas ukur untuk membandingkan efisiensi dengan metode penyiraman manual. Kondisi lapangan meliputi: Jenis tanah lempung berpasir (sandy loam) dengan drainase sedang. Luas area pengujian: $\pm 25 \text{ m}^2$. Jenis tanaman campuran tanaman hias (aglaonema, bougainville) dan tanaman pelindung (pucuk merah). Paparan sinar matahari: 5–7 jam per hari. Sumber air sumur pompa manual kantor BPS.

Penelitian selanjutnya akan melakukan *extended field test* untuk menguji ketahanan sistem terhadap variasi cuaca, tegangan listrik, dan kondisi kelembaban ekstrem.

2.6 Parameter Evaluasi

Parameter utama yang diamati antara lain: Nilai kelembaban tanah (rentang 0–1023). Frekuensi aktivasi pompa air. Volume air yang digunakan per hari. Stabilitas kerja sistem (tegangan, respons waktu). Perbandingan konsumsi air dengan metode manual.

2.7 Validitas Metode

Metodologi ini termasuk dalam metode eksperimen langsung dengan lingkungan semi-terkontrol, sesuai pendekatan yang digunakan dalam pengujian sistem irigasi berbasis mikrokontroler. Tidak digunakan simulator tambahan atau jaringan internet dalam pengujian. Semua pengukuran dilakukan secara analog dan observasional, menjadikan sistem ini mudah direplikasi, berbiaya rendah, dan cocok diterapkan di daerah dengan akses teknologi yang terbatas.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil menghasilkan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno yang mampu bekerja secara mandiri dalam mendeteksi kelembaban tanah dan mengaktifkan pompa air mini secara otomatis berdasarkan ambang batas kelembaban yang telah ditentukan. Selama proses implementasi dan pengujian yang dilakukan selama satu bulan penuh di area taman kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Gunungsitoli, sistem menunjukkan performa yang stabil dan responsif terhadap perubahan kondisi tanah.

3.1 Hasil Pembacaan Sensor dan Aktivasi Pompa

Pengujian sistem dilakukan pada tiga kondisi kelembaban tanah, yaitu: kering, lembab, dan sangat basah. Nilai pembacaan dari sensor kelembaban tanah tipe FC-28 dianalisis untuk menentukan efektivitas pemrosesan oleh mikrokontroler Arduino Uno dalam mengambil keputusan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Berikut disajikan ringkasan hasil uji coba:

Tabel 2. Hasil Uji Coba

Nilai Sensor	Kondisi Tanah	Status Pompa
725	Kering	Menyala
450	Lembab	Mati
365	Sangat Basah	Mati

Dari hasil di atas, sistem memberikan respons yang sesuai terhadap kondisi tanah. Nilai ambang batas yang digunakan adalah 600. Apabila nilai sensor melebihi ambang tersebut, pompa aktif. Ketika nilai sensor di bawah 600, pompa tetap dalam kondisi mati.

Proses ini mencerminkan kerja sistem kontrol berbasis sensor yang cukup responsif dan efektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara otomatis tanpa intervensi manual, sesuai dengan rancangan [8].

3.2 Evaluasi Efisiensi Penggunaan Air

Salah satu tujuan utama dari sistem ini adalah menghemat penggunaan air dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Oleh karena itu, volume air yang digunakan per hari dicatat untuk masing-masing metode.

Tabel 3. Perbandingan Penggunaan Air

Metode Penyiraman	Rata-rata (liter)	Air/Hari Total (liter)	5 Hari
Sistem Otomatis	2,1	10,5	
Penyiraman Manual	3,5	17,5	

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa sistem otomatis berhasil menekan konsumsi air sebesar:

$$Efisiensi = \frac{17,5 - 10,5}{17,5} \times 100\% = 40\%$$

Efisiensi sebesar 40% ini lebih tinggi dibandingkan temuan oleh Fatkhurrohman & Amrullah (2023) yang melaporkan efisiensi sebesar 35% dalam penggunaan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT [9].

3.3 Stabilitas dan Akurasi Sistem

Sistem diuji untuk memastikan kestabilan kerja dalam kondisi lingkungan nyata. Tiga kali replikasi dilakukan setiap hari untuk mengamati: Fluktuasi nilai sensor; Respons sistem dalam waktu nyala dan mati; Tegangan kerja pada mikrokontroler

Untuk memastikan akurasi pembacaan sensor, dilakukan perbandingan antara data dari sensor kelembaban tanah tipe FC-28 dengan metode manual menggunakan alat ukur kelembaban tanah analog (soil tester). Rata-rata selisih nilai kelembaban hanya berkisar 3–7%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja dengan akurat dan konsisten.

Validasi hasil dilakukan dengan membandingkan data log sensor dengan kondisi aktual di lapangan, sejalan dengan hasil penelitian oleh Kanade et al. yang menggunakan Arduino Uno dan sensor kelembaban dalam sistem penyiraman otomatis berbasis lapangan nyata [9].

Tegangan kerja pada Arduino Uno juga diamati, dan meskipun terjadi fluktuasi kecil (turun hingga 4.7V dari 5V), sistem tetap berfungsi normal. Hal ini membuktikan bahwa perangkat dapat bekerja dengan toleransi tegangan yang baik dalam kondisi suplai listrik tidak stabil.

3.4 Analisis Logika Kerja Sistem

Waktu nyala rata-rata pompa air dalam satu kali siklus penyiraman berkisar antara 9–14 detik, tergantung tingkat kekeringan tanah. Dalam satu hari, pompa aktif rata-rata 2 kali, sehingga sistem mampu menjaga kelembaban tanah dalam batas optimal tanpa menyiram secara berlebihan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem menyiram berdasarkan kebutuhan nyata tanah, bukan berdasarkan waktu tetap.

Jika sistem penyiraman berbasis waktu konvensional dinyalakan 3 kali sehari tanpa melihat kondisi tanah, maka akan terjadi pemborosan air dan energi. Namun dengan sistem ini, pompa hanya aktif ketika memang diperlukan. Inilah keunggulan logika berbasis nilai

ambang batas tertentu (*threshold*) kelembaban dibandingkan logika berbasis waktu.

3.5 Diskusi Perbandingan dan Kelebihan Sistem

Jika dibandingkan dengan sistem serupa berbasis IoT atau otomatisasi rumah pintar, sistem ini memiliki sejumlah kelebihan sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan dan Kelebihan Sistem

Aspek	Sistem Ini (Arduino Lokal)	Sistem IoT Modern
Kebutuhan Internet	Tidak perlu	Perlu koneksi internet
Biaya Implementasi	Rendah (<Rp200.000)	Tinggi (≥Rp600.000)
Kemudahan Perakitan	Sangat mudah	Perlu keahlian lanjutan
Konsumsi Energi	Rendah	Cenderung lebih tinggi
Kesesuaian daerah rural	Sangat cocok	Terbatas

Kelebihan utama sistem ini adalah kesederhanaan, efisiensi energi, dan aksesibilitas untuk pengguna awam. Sistem ini menjadi contoh nyata dari teknologi tepat guna, yang dalam banyak literatur diposisikan sebagai pendekatan paling ideal untuk konteks daerah terpencil atau semi-perkotaan dengan sumber daya terbatas.

3.6 Keterbatasan dan Potensi Pengembangan

Meskipun sistem bekerja sesuai harapan, terdapat beberapa keterbatasan yang dapat menjadi bahan pengembangan ke depan, antara lain: Tidak adanya indikator kelembaban visual atau layar LCD, sehingga pengguna awam sulit memantau nilai kelembaban secara langsung; Tidak adanya notifikasi atau sistem peringatan, baik berbasis suara maupun berbasis sinyal digital; Korosi pada probe sensor kelembaban tanah tipe FC-28, yang menurunkan akurasi jika dibiarkan terlalu lama tertanam dalam tanah basah; Tidak adanya kontrol jarak jauh, yang dapat menjadi kendala jika pengguna ingin mengatur sistem dari luar lokasi.

Meskipun sensor kelembaban tanah tipe FC-28 cukup efektif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Sensor ini sangat bergantung pada konduktivitas tanah dan kelembaban udara sekitar. Ketika digunakan dalam media tanah berlumpur atau terlalu basah, sensor menunjukkan ketidakstabilan pembacaan. Selain itu, elektroda pada FC-28 cenderung cepat korosi jika digunakan terus-menerus dalam tanah yang asam atau lembab [10].

Menurut laporan teknis dari Etechnophiles, sensor kelembaban tanah tipe FC-28 juga sangat sensitif terhadap gangguan elektromagnetik dari perangkat elektronik lain di sekitarnya, yang dapat menyebabkan fluktuasi data [10]. Oleh karena itu, perlindungan

sensor menggunakan pelapis anti-korosi atau pemasangan di casing khusus dapat menjadi solusi untuk penggunaan jangka panjang.

Sebagai pengembangan ke depan, sistem ini dapat dimodifikasi dengan: Penambahan modul LCD 16x2 atau OLED untuk menampilkan nilai kelembaban secara nyata (*real-time*); Integrasi dengan ESP8266/ESP32 untuk menghubungkan sistem dengan internet dan menambahkan fitur pemantauan jarak jauh; Penggunaan sumber daya alternatif seperti panel surya untuk meningkatkan kemandirian energi sistem; Penggunaan sensor kelembaban berbasis kapasitif, yang lebih tahan korosi dan akurat

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan sensor kelembaban tanah tipe FC-28 yang diintegrasikan dengan modul relay dan pompa air mini. Sistem ini diterapkan secara langsung di area taman Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Gunungsitoli sebagai studi kasus penerapan teknologi tepat guna di lingkungan institusi pemerintah daerah.

Dari hasil pengujian selama satu bulan penuh, sistem menunjukkan performa yang responsif terhadap perubahan kelembaban tanah dan dapat mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas sensor yang telah ditentukan. Sistem mampu bekerja secara mandiri tanpa perlu intervensi pengguna setelah instalasi selesai dilakukan. Selama pengujian, tidak ditemukan gangguan teknis yang berarti, dan seluruh komponen berfungsi dengan baik dalam kondisi lingkungan nyata.

Secara kuantitatif, sistem ini terbukti dapat menghemat penggunaan air hingga 40% dibandingkan dengan metode penyiraman manual, tanpa mengorbankan kebutuhan kelembaban tanaman. Stabilitas kerja sensor dan daya tahan komponen juga berada dalam rentang yang dapat diterima, dengan fluktuasi nilai pembacaan yang relatif rendah ($\pm 3,1$ poin). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah tipe FC-28 cukup efektif dan andal dalam pengelolaan ruang hijau skala kecil.

Dari sisi implementasi, sistem ini memiliki sejumlah keunggulan, antara lain: biaya rendah, kemudahan perakitan, tidak bergantung pada koneksi internet, dan dapat digunakan oleh pengguna non-teknis. Sistem ini sangat cocok diterapkan di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur seperti Kota Gunungsitoli. Hal ini menegaskan bahwa pendekatan otomatis berbasis mikrokontroler sederhana masih sangat relevan untuk diterapkan dalam konteks lokal, terutama untuk skala rumah tangga, sekolah, kantor pemerintah, atau komunitas pertanian kecil.

Namun demikian, penelitian ini juga memiliki keterbatasan, di antaranya adalah belum tersedianya

fitur indikator visual (seperti layar LCD), tidak adanya sistem notifikasi jarak jauh, dan masih digunakannya sensor kelembaban tanah tipe FC-28 yang rentan terhadap korosi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut sangat dianjurkan untuk memperluas fungsi dan keandalan sistem.

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain: Mengintegrasikan sistem dengan modul IoT seperti ESP8266 atau ESP32 untuk mengirim data kelembaban tanah ke server cloud atau aplikasi dashboard sehingga pengguna dapat memantau dari jarak jauh melalui ponsel atau komputer; Menambahkan layar indikator kelembaban tanah untuk menampilkan nilai kelembaban tanah secara nyata (real-time), disarankan menggunakan LCD 16x2 dengan modul I2C untuk menghemat penggunaan pin pada Arduino Uno.; Menerapkan panel surya 10–20 W dengan baterai penyimpanan 12 V, sehingga sistem dapat beroperasi mandiri tanpa bergantung pada suplai listrik PLN; Mengganti sensor resistif dengan sensor kapasitif yang lebih tahan terhadap korosi, memiliki akurasi yang stabil dalam jangka panjang, dan tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas tanah;

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membuktikan efektivitas sistem dalam kondisi spesifik, tetapi juga membuka peluang besar untuk replikasi dan pengembangan lebih lanjut dalam rangka mendukung digitalisasi dan otomasi pengelolaan ruang hijau di berbagai konteks lokal Indonesia.

Daftar Rujukan

- [1] W. Warji, S. Suharyatun, A. Tusi, and A. B. Soma, "Development of a Prototype Automatic Irrigation System Using Arduino Uno for Enhanced Soil Moisture Management," *Int. J. Des. Nat. Ecodynamics*, vol. 19, no. 5, pp. 1519–1526, 2024, doi: 10.18280/ij dne.190506.
- [2] M. A. Ranasariya, M. Anzar Khan, and M. P. Yadav, "International Journal of Research Publication and Reviews Smart Parking System," *Int. J. Res. Publ. Rev.*, no. 6, pp. 8194–8197, 2025, [Online]. Available: www.ijrpr.com
- [3] M. Mashuri, "Smart Urban Farming Based on Internet of Things Using Soil Moisture Control and Application of Liquid Fertilizer to Mustard," *IPTEK J. Eng.*, vol. 9, no. 3, p. 88, 2023, doi: 10.12962/j23378557.v9i3.a18446.
- [4] P. K. Rajani *et al.*, "IoT-Based Low-Cost Soil Moisture and Soil Temperature Monitoring System," *SSRG Int. J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 10, no. 10, pp. 66–74, 2023, doi: 10.14445/23488379/IJEEE-V10I10P108.
- [5] R. A. Anugrah, R. R. Sika, Sunardi, and T. Marcell, "An Automatic Watering System Based on an Arduino Microcontroller and Soil Moisture Sensors with Solar Panel Power Plant," *BIO Web Conf.*, vol. 144, pp. 1–12, 2024, doi: 10.1051/bioconf/202414402003.
- [6] A. N. Samanta, M. Halder, T. Dhank, S. Roy, and G. K. Das, "Auto Irrigation System Using an Arduino Uno and Soil Moisture Sensor," *Am. J. Adv. Comput.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2023, doi: 10.15864/ajac.22001.
- [7] "Soil Moisture Sensor - Arduino Tutorial." Accessed: Jul. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.circuits-diy.com/soil-moisture-sensor-arduino-tutorial/>
- [8] A. Rosadi, A. Fauzan, and Winarno, "Prototype design of automatic plant watering equipment with soil moisture detection system based on arduino uno microcontroller: Case study of chili plant," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1517, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1517/1/012077.
- [9] V. Anand, "Performance of Induction Motor and BLDC Motor and Design of Induction Motor driven Solar Electric Vehicle (IM-SEV)," *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1046–1053, 2021, doi: 10.48175/568.
- [10] "Soil Moisture Sensor with Arduino- Smart Plant Watering Project." Accessed: Jul. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.etechnophiles.com/soil-moisture-sensor-with-arduino/>