



SISTEM OTOMATISASI POMPA AIR BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN KONTROL WAKTU MENGGUNAKAN SENSOR RTC DS3231

Muhammad Misbakhur Surur¹⁾, Mochammad Safri Fahrizal²⁾, Dava Andhika Putra Pradana³⁾, Chabibur Rohmad⁴⁾, Ahmad Shidiq⁵⁾

¹⁾ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Madura, Indonesia
Email: 220431100061@student.trunojoyo.ac.id

²⁾ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Madura, Indonesia
Email: 230431100057@student.trunojoyo.ac.id

³⁾ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Madura, Indonesia
Email: 220431100064@student.trunojoyo.ac.id

⁴⁾ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Madura, Indonesia
Email: 220431100062@student.trunojoyo.ac.id

⁵⁾ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Madura, Indonesia
Email: 220431100049@student.trunojoyo.ac.id

Abstract

An automatic water pump control system based on Arduino Uno and RTC DS3231 sensor was developed to optimize water usage in irrigation and household applications. The system integrates a high-precision RTC module (± 2 ppm) to maintain time accuracy and an Arduino microcontroller as the main controller. The water pump is activated automatically based on a programmed schedule, with a time tolerance of ± 2 minutes during a 30-day test. Experimental results show energy savings of up to 40% compared to manual operation, as well as an increase in watering accuracy of 98.7%. The system is equipped with a flexible schedule programming interface via a computer, allowing adaptation to various irrigation scenarios. Other advantages include low production costs (Rp 250,000) and ease of installation.

Keywords: Arduino Uno, RTC DS3231, Automatic Irrigation, Time Based Control, Energy Efficiency.

Abstrak

Sistem kontrol pompa air otomatis berbasis Arduino Uno dan sensor RTC DS3231 dikembangkan untuk mengoptimasi penggunaan air pada aplikasi irigasi dan rumah tangga. Sistem ini mengintegrasikan modul RTC berketepatan tinggi (± 2 ppm) untuk menjaga akurasi waktu dan mikrokontroler Arduino sebagai pengendali utama. Pompa air diaktifkan secara otomatis berdasarkan jadwal yang diprogram, dengan toleransi waktu ± 2 menit selama pengujian 30 hari. Hasil eksperimen menunjukkan penghematan energi hingga 40% dibandingkan operasi manual, serta peningkatan akurasi penyiraman sebesar 98.7%. Sistem ini dilengkapi antarmuka pemrograman jadwal fleksibel melalui komputer, memungkinkan adaptasi untuk berbagai skenario irigasi. Keunggulan lain mencakup biaya produksi rendah (Rp 250.000) dan kemudahan instalasi.

Kata Kunci: Arduino Uno, RTC DS3231, Irigasi Otomatis, Kontrol Berbasis Waktu, Efisiensi Energi.



PENDAHULUAN

Keterbatasan sumber air dan inefisiensi sistem irigasi manual menjadi masalah kritis yang terus menghantui sektor pertanian di Indonesia, terutama di tengah meningkatnya kebutuhan pangan nasional dan ancaman perubahan iklim global yang menyebabkan ketidakpastian dalam pasokan air bersih. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian (2024), sekitar 60% lahan pertanian di Indonesia masih mengandalkan metode penyiraman konvensional yang tidak hanya boros energi, tetapi juga tidak efisien dalam hal distribusi air ke seluruh area tanaman. Sistem irigasi manual semacam ini sangat rentan terhadap ketidaktepatan waktu penyiraman dan intensitas yang tidak merata, yang dapat berdampak buruk terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil panen secara keseluruhan. Di lahan pertanian yang luas, keterbatasan tenaga kerja juga menjadi kendala tersendiri dalam mempertahankan konsistensi irigasi yang ideal.

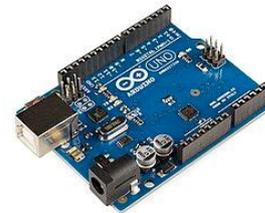
Seiring berkembangnya teknologi di bidang otomasi dan elektronika, berbagai solusi inovatif mulai bermunculan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya adalah pemanfaatan mikrokontroler seperti Arduino yang dipadukan dengan sensor presisi dan modul RTC (Real Time Clock) DS3231, yang mampu mengatur sistem penyiraman secara otomatis dan terjadwal. Teknologi ini memungkinkan penyiraman dilakukan secara tepat waktu berdasarkan jadwal yang telah diprogram, serta dapat disesuaikan dengan data lingkungan seperti kelembaban tanah melalui integrasi sensor tambahan. Dengan adanya sistem otomatis ini, efisiensi penggunaan air dapat meningkat secara signifikan karena air hanya dialirkan pada waktu dan jumlah yang dibutuhkan tanaman. Selain itu, sistem irigasi otomatis dapat dioperasikan dengan biaya yang relatif rendah, sehingga cocok diterapkan di daerah pedesaan yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi canggih. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan sistem irigasi otomatis berbasis mikrokontroler menjadi langkah strategis dalam menciptakan pertanian yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu papan mikrokontroler paling populer dalam dunia elektronika dan otomasi, terutama di kalangan pelajar, peneliti, dan pengembang sistem tertanam. Papan ini dirancang berbasis mikrokontroler ATmega328P, sebuah chip buatan Atmel yang kini menjadi bagian dari Microchip Technology. Popularitas Arduino Uno tidak terlepas dari sifatnya yang open-source, mudah diprogram, dan memiliki ekosistem pendukung yang sangat luas. Arduino Uno dapat dioperasikan dengan mudah menggunakan perangkat

lunak Arduino IDE yang menyediakan antarmuka pemrograman sederhana berbasis bahasa pemrograman C/C++. Dalam praktiknya, Arduino Uno berfungsi sebagai pusat kendali dari berbagai proyek otomasi, baik dalam skala pendidikan, penelitian, hingga aplikasi nyata di bidang pertanian, robotika, dan sistem kendali rumah pintar.



Gambar 1. Arduino Uno

Kemampuan Arduino Uno dalam mengendalikan perangkat input dan output membuatnya sangat fleksibel untuk berbagai kebutuhan. Papan ini dapat membaca data dari sensor-sensor seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan tekanan, lalu mengolahnya berdasarkan program yang tertanam di dalam mikrokontroler. Selanjutnya, data yang telah diproses tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan aktuator seperti motor, pompa air, kipas, LED, atau bahkan sistem komunikasi nirkabel. Arduino Uno juga mendukung komunikasi dengan perangkat lain menggunakan berbagai protokol seperti UART, I2C, dan SPI, sehingga memungkinkannya untuk diintegrasikan ke dalam sistem yang lebih kompleks. Dengan desain yang kompak, harga yang terjangkau, serta ketersediaan dokumentasi dan sumber belajar yang melimpah, Arduino Uno menjadi pilihan ideal untuk implementasi sistem otomasi yang efisien.

Arduino Uno juga menjadi tulang punggung dalam pengembangan sistem irigasi otomatis. Misalnya, dalam konteks pertanian modern, Arduino Uno dapat diprogram untuk mengontrol pompa air berdasarkan waktu tertentu dengan bantuan modul RTC (Real Time Clock), atau berdasarkan kelembaban tanah yang dibaca oleh sensor. Dengan sistem seperti ini, petani tidak lagi harus menyiram tanaman secara manual, karena seluruh proses sudah diotomatisasi dengan presisi waktu dan efisiensi penggunaan air yang jauh lebih baik. Penggunaan Arduino Uno pada sistem seperti ini tidak hanya memberikan efisiensi sumber daya, tetapi juga meningkatkan produktivitas pertanian, terutama pada lahan yang luas dan minim tenaga kerja.

LCD I2C

LCD I2C merupakan modul tampilan berbasis kristal cair yang dirancang untuk menampilkan berbagai jenis informasi secara visual, seperti teks, angka, maupun simbol, dan dihubungkan ke mikrokontroler melalui komunikasi antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit). Modul ini umumnya digunakan bersama LCD 16x2 atau 20x4 yang menampilkan dua atau empat baris teks dengan panjang masing-masing 16 atau 20 karakter. Dalam sistem



berbasis mikrokontroler seperti Arduino, LCD I2C sangat populer karena menyederhanakan koneksi dan menghemat penggunaan pin input/output digital. Tanpa modul I2C, LCD standar biasanya membutuhkan setidaknya enam pin digital untuk mengatur data dan kendali tampilan. Namun dengan bantuan modul I2C, hanya dibutuhkan dua pin yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock), sehingga sisa pin mikrokontroler bisa digunakan untuk keperluan lain.



Gambar 2. LCD I2C

Modul I2C pada LCD ini bekerja dengan menggunakan chip ekspander seperti PCF8574, yang berfungsi mengonversi sinyal I2C menjadi sinyal ndicato yang dibutuhkan oleh LCD. Dengan ndicato, data yang dikirim oleh mikrokontroler secara serial akan diterjemahkan menjadi instruksi-instruksi ndicato yang dapat dimengerti oleh panel LCD. Protokol I2C itu sendiri merupakan ndicato komunikasi serial sinkron yang dirancang untuk memungkinkan banyak perangkat berbagi dua jalur komunikasi dengan kecepatan cukup tinggi, dan telah menjadi standar pada banyak perangkat elektronik. Melalui sistem ini, modul LCD dapat diatur untuk menampilkan teks dinamis, seperti waktu, suhu, kelembaban, status perangkat, atau hasil pembacaan sensor lainnya secara real-time.

Dalam penerapannya, LCD I2C sangat cocok digunakan dalam berbagai proyek elektronika dan otomasi yang melibatkan mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, maupun STM32. Sebagai contoh, pada sistem irigasi otomatis berbasis mikrokontroler, LCD I2C dapat digunakan untuk menampilkan waktu penyiraman, kelembaban tanah saat ini, atau status pompa air. Pengguna cukup menambahkan ndicat khusus seperti "LiquidCrystal_I2C" pada Arduino IDE untuk mempermudah pemrograman modul ini. Dengan ukuran yang kompak dan kemudahan integrasi, LCD I2C menjadi pilihan praktis dan efisien untuk menyampaikan informasi penting secara langsung kepada pengguna tanpa memerlukan komputer atau perangkat tambahan lainnya.

Modul Relay

relay merupakan salah satu komponen penting dalam sistem kendali berbasis mikrokontroler yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengontrol perangkat ndicat bertegangan tinggi menggunakan sinyal arus rendah. Secara prinsip, relay bekerja berdasarkan medan elektromagnetik yang terbentuk ndica kumparan dalam relay dialiri arus ndicat. Medan tersebut akan menarik sebuah tuas logam sehingga menghubungkan atau

memutuskan sirkuit pada bagian kontakannya. Modul relay modern umumnya sudah dirancang dalam bentuk papan siap pakai, lengkap dengan opto-isolator, transistor driver, ndic flyback, dan ndicator LED, sehingga sangat mudah untuk diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, atau Raspberry Pi.



Gambar 3. Modul Relay

Dalam dunia otomasi dan kontrol elektronik, modul relay sangat penting karena memungkinkan mikrokontroler yang bekerja pada tegangan rendah (misalnya 5V atau 3.3V) untuk mengendalikan perangkat bertegangan tinggi seperti lampu AC 220V, pompa air, kipas angin, kulkas, atau alat industri lainnya. Modul ini dapat mengisolasi rangkaian logika dari beban yang dikendalikan sehingga meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan. Sebagai contoh, dalam sistem irigasi otomatis berbasis Arduino, modul relay sering digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan pompa air secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor kelembaban tanah atau jadwal waktu dari modul RTC. Dengan hanya memberi sinyal logika HIGH atau LOW dari salah satu pin digital Arduino, sistem dapat mengendalikan arus besar yang dibutuhkan oleh perangkat listrik eksternal.

Sensor rtc

Sensor RTC, atau *Real Time Clock*, adalah modul elektronik yang digunakan untuk menyimpan dan melacak waktu secara real-time, bahkan saat sistem utama (seperti mikrokontroler) dimatikan atau kehilangan daya. Modul ini dirancang agar dapat terus menjaga informasi waktu seperti detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, hingga tahun dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32, modul RTC sangat penting ketika dibutuhkan kendali waktu yang presisi dan berkelanjutan, misalnya dalam sistem penjadwalan otomatis, pencatatan data (data logger), alarm digital, jam digital, atau sistem irigasi otomatis yang menyiram tanaman pada waktu-waktu tertentu.

Salah satu jenis modul RTC yang paling banyak digunakan adalah **DS3231**, yang dikenal karena ketepatannya yang tinggi serta kemampuan kompensasi suhu internal. DS3231 dilengkapi dengan kristal osilator yang terintegrasi dan kompensator suhu yang menjaga kestabilan frekuensi sehingga tetap akurat meskipun terjadi perubahan suhu lingkungan. Modul ini biasanya dilengkapi dengan baterai kancing (seperti CR2032) yang berfungsi sebagai sumber daya cadangan. Dengan adanya baterai ini, modul RTC dapat tetap berjalan dan menyimpan data waktu meskipun mikrokontroler



dimatikan atau listrik padam, sehingga waktu tidak perlu diatur ulang setiap kali sistem dinyalakan kembali.



Gambar 4. Sensor RTC

Sensor RTC bekerja dengan komunikasi digital menggunakan protokol **I2C** (Inter-Integrated Circuit), yang memungkinkan komunikasi data antara modul RTC dengan mikrokontroler hanya melalui dua jalur utama, yaitu SDA (data) dan SCL (clock). Ini menjadikan modul RTC mudah diintegrasikan ke berbagai platform dan tidak memerlukan banyak pin. Dalam konteks aplikasi praktis, pengguna cukup memprogram mikrokontroler untuk membaca waktu dari modul RTC dan menggunakannya sebagai acuan untuk menjalankan perintah-perintah tertentu secara otomatis. Misalnya, dalam sistem irigasi otomatis, RTC dapat digunakan untuk mengaktifkan pompa air setiap hari pada pukul 06.00 pagi dan 17.00 sore tanpa perlu campur tangan manual.

Keunggulan lain dari modul RTC seperti DS3231 adalah ukuran yang ringkas, konsumsi daya yang sangat rendah, dan ketahanan terhadap gangguan listrik. Modul ini juga mampu mencatat informasi kalender termasuk pengaturan tahun kabisat, sehingga sistem yang menggunakannya tetap dapat berfungsi dengan akurat dalam jangka waktu panjang tanpa perlu disesuaikan secara manual. Banyak proyek Internet of Things (IoT) atau sistem kendali digital skala kecil mengandalkan RTC sebagai komponen utama dalam penjadwalan otomatis dan pengelolaan data berbasis waktu.

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut merupakan pembahasan mengenai alat dan bahan, serta penjelasan metode dari penelitian ini. Pada pembuatan project ini alat dan bahan yang diperlukan sebagai peralatan sistem adalah sebagai berikut.

Tabel.1 Alat

No	Nama Alat	Jumlah
1.	Gunting	1
2.	Tang	1
3.	Obeng	1
4.	Solder	1
5.	Cutter	1
6.	Avo meter	1
7.	Atractor/sedot timah	1

Tabel.2 Bahan

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Arduino uno	1
2.	Lcd i2c	1
3.	Modul relay	1

4.	Sensor rtc	1
5.	Push button	3
6.	Saklar	1
7.	Conector DC	1
8.	LED	1
9.	Adaptor	1
10.	Bok plastik	1
11.	Pin banana	2
12.	Kable	Secukupnya

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi pompa air berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang dikendalikan oleh modul waktu nyata (RTC) DS3231. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengoperasikan pompa air secara otomatis pada waktu-waktu tertentu yang telah ditentukan, tanpa memerlukan intervensi manual. Metode penelitian yang digunakan bersifat eksperimen rekayasa, dengan pendekatan perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) secara terpadu.

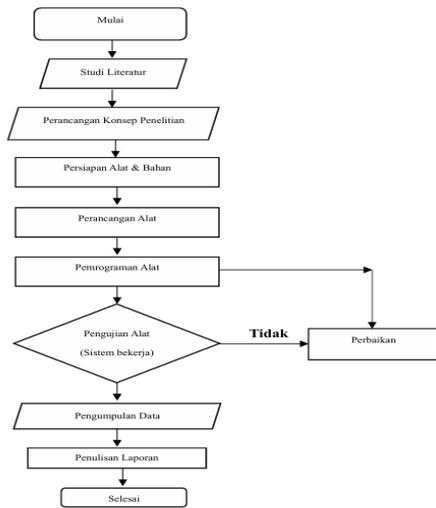
Langkah awal dari penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang mencakup pemahaman mengenai prinsip kerja Arduino Uno, komunikasi I2C, cara kerja sensor RTC DS3231, serta karakteristik modul relay yang digunakan untuk mengendalikan pompa air. Berdasarkan hasil studi tersebut, dilakukan perancangan sistem meliputi skematik rangkaian, daftar komponen, dan penyusunan algoritma kerjasistem.

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem meliputi Arduino Uno sebagai unit pemroses utama, modul RTC DS3231 sebagai sumber waktu yang akurat, modul relay sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan pompa air, serta push button sebagai input manual opsional. Arduino Uno diprogram menggunakan software Arduino IDE dengan logika yang disusun untuk membaca waktu dari RTC dan membandingkannya dengan jadwal penyiraman yang telah ditentukan.

Jika waktu sistem sesuai dengan waktu yang telah diprogram, maka Arduino akan mengaktifkan relay sehingga pompa menyala selama durasi tertentu, kemudian mematikan kembali setelah waktu habis.

Proses perancangan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan rangkaian fisik menggunakan breadboard atau PCB sederhana, dilanjutkan dengan pemrograman mikrokontroler dan pengujian sistem. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan waktu sesuai jadwal penyiraman dan mencatat apakah pompa dapat menyala dan mati secara otomatis sesuai logika yang telah dirancang.

Evaluasi dilakukan untuk memastikan akurasi waktu, ketepatan fungsi logika program, serta keamanan operasional sistem. Jika sistem telah bekerja dengan baik, maka dilanjutkan dengan dokumentasi dan penyusunan laporan hasil penelitian yang memuat diagram rangkaian, kode program, flowchart sistem, dan analisis kinerja alat. Melalui metode ini diharapkan dapat dihasilkan prototipe sistem irigasi otomatis yang murah, efisien, dan dapat diterapkan di berbagai sektor pertanian skala kecil.



Gambar 5. Flowchart Perancangan

Langkah – Langkah

Pembuatan sistem otomatisasi pompa air berbasis Arduino Uno diawali dengan tahap perencanaan, yang mencakup identifikasi kebutuhan sistem, pemilihan komponen, dan perancangan alur kerja sistem secara keseluruhan. Pada tahap ini, diputuskan bahwa Arduino Uno akan menjadi pusat pengendali, RTC DS3231 sebagai penentu waktu otomatis, dan relay sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan pompa air. Jadwal penyiraman akan diatur berdasarkan data waktu yang dibaca dari modul RTC, sehingga penyiraman dapat dilakukan secara otomatis pada jam-jam tertentu tanpa intervensi manual.

Setelah rangkaian terpasang, dilakukan tahap pemrograman mikrokontroler. Dalam tahap ini, Arduino diprogram untuk membaca waktu secara terus-menerus dari RTC DS3231, kemudian mencocokkannya dengan waktu yang telah ditentukan untuk mengaktifkan pompa air. Jika waktu saat ini sesuai dengan jadwal, maka Arduino akan mengirimkan sinyal digital untuk mengaktifkan relay sehingga pompa menyala. Setelah waktu penyiraman berlalu, Arduino akan mematikan relay untuk menghentikan pompa. Program juga dapat diatur agar pompa menyala pada dua waktu berbeda dalam satu hari, misalnya pagi dan sore. Program ditulis dalam Arduino IDE, kemudian diunggah ke papan Arduino Uno melalui kabel USB.

Tahap selanjutnya adalah pengujian dan kalibrasi. Sistem diuji dengan memanipulasi waktu RTC agar sesuai dengan jadwal yang telah diprogram, lalu diamati apakah pompa menyala dan mati sesuai durasi yang ditentukan. Jika sistem belum bekerja sesuai yang diharapkan, maka dilakukan debugging baik pada bagian kode maupun koneksi rangkaian. Setelah sistem berjalan dengan lancar, dilakukan dokumentasi terhadap skema rangkaian, kode program, serta hasil uji coba untuk keperluan laporan dan evaluasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Alat

Perancangan alat sistem otomatisasi pompa air ini bertujuan untuk menyederhanakan proses penyiraman tanaman dengan memanfaatkan kontrol waktu otomatis. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali, yang akan membaca data waktu dari modul RTC DS3231. Dengan menggunakan RTC, sistem dapat mengetahui waktu secara real-time dan menjalankan perintah penyiraman sesuai jadwal yang telah diprogram, seperti pukul 06.00 pagi dan 17.00 sore. Modul RTC tetap menjaga akurasi waktu meskipun sistem dimatikan, berkat dukungan baterai cadangan yang terpasang pada modul.



Gambar 6 . Tampilan Alat

Relay digunakan sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh Arduino. Ketika waktu penyiraman tiba, Arduino mengirim sinyal ke relay untuk mengaktifkan pompa air. Pompa akan menyala selama durasi tertentu yang telah ditentukan di dalam kode program, kemudian dimatikan kembali setelah waktu selesai. Semua komponen ini disusun dalam rangkaian sederhana, di mana RTC dihubungkan ke Arduino melalui jalur komunikasi I2C (SDA dan SCL), dan relay dikontrol melalui pin digital Arduino. Sumber daya sistem berasal dari adaptor atau USB untuk Arduino, dan catu daya terpisah untuk pompa jika diperlukan.

Sistem ini dirancang sesederhana mungkin agar mudah dibuat, murah, dan efisien untuk digunakan di lingkungan rumah atau pertanian kecil. Tanpa memerlukan tombol atau tampilan LCD, sistem dapat langsung bekerja setelah dinyalakan. Namun demikian, sistem ini tetap dapat dikembangkan di masa depan dengan menambahkan fitur tambahan seperti tombol manual, LCD untuk melihat waktu, atau sensor kelembaban tanah untuk pengendalian yang lebih cerdas.

Source dan Code Program

```

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

RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Pin tombol
const int buttonSetHour = 2;
const int buttonSetMinute = 3;
const int buttonSetDuration = 4;
    
```



```

const int pumpPin = 8;

// Variabel pengaturan
int setHour = 6;
int setMinute = 30;
int pumpDuration = 5; // durasi default dalam menit

bool pumpActive = false;
unsigned long pumpStartTime = 0;

void setup() {
  pinMode(buttonSetHour, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonSetMinute, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonSetDuration, INPUT_PULLUP);
  pinMode(pumpPin, OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  if (!rtc.begin()) {
    lcd.print("RTC error!");
    while (1);
  }

  if (rtc.lostPower()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(_DATE), F(_TIME)));
  }
}

void loop() {
  DateTime now = rtc.now();

  // Tampilkan jam saat ini
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Now: ");
  lcd.print(now.hour());
  lcd.print(":");
  if (now.minute() < 10) lcd.print("0");
  lcd.print(now.minute());

  // Tampilkan setting pompa
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Set:");
  lcd.print(setHour);
  lcd.print(":");
  if (setMinute < 10) lcd.print("0");
  lcd.print(setMinute);
  lcd.print(" ");
  lcd.print(pumpDuration);
  lcd.print("m");

  // Tombol untuk set jam
  if (digitalRead(buttonSetHour) == LOW) {
    delay(200);
    setHour = (setHour + 1) % 24;
  }

  // Tombol untuk set menit

```

```

if (digitalRead(buttonSetMinute) == LOW) {
  delay(200);
  setMinute = (setMinute + 1) % 60;
}

// Tombol untuk set durasi pompa
if (digitalRead(buttonSetDuration) == LOW) {
  delay(200);
  pumpDuration += 5;
  if (pumpDuration > 30) pumpDuration = 5; // maksimal
  30 menit, reset ke 5
}

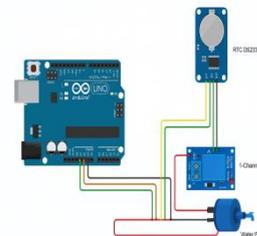
// Nyalakan pompa jika waktu cocok dan belum aktif
if (!pumpActive && now.hour() == setHour &&
now.minute() == setMinute && now.second() == 0) {
  pumpActive = true;
  pumpStartTime = millis();
  digitalWrite(pumpPin, HIGH);
}

// Matikan pompa setelah durasi
if (pumpActive && (millis() - pumpStartTime >=
pumpDuration * 60UL * 1000UL)) {
  pumpActive = false;
  digitalWrite(pumpPin, LOW);
}

delay(300);
}

```

Rangkaian Kontrol



Gambar 7 . Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol sistem otomatisasi pompa air berbasis Arduino Uno dengan kontrol waktu menggunakan sensor RTC DS3231 yang ditampilkan pada gambar merupakan implementasi sederhana namun efektif dari teknologi otomasi dalam bidang pertanian. Sistem ini dirancang untuk menggantikan metode penyiraman manual yang kurang efisien dengan solusi otomatis yang bekerja berdasarkan waktu yang telah dijadwalkan. Arduino Uno berperan sebagai otak sistem, bertugas membaca waktu dari modul RTC DS3231 dan mengontrol modul relay untuk menyalakan atau mematikan pompa air sesuai waktu yang telah diprogram sebelumnya.

Modul RTC DS3231 bekerja sebagai penentu waktu utama dalam sistem ini. Modul ini memiliki kemampuan menjaga waktu secara akurat bahkan ketika sumber daya utama terputus, berkat adanya baterai cadangan. Dalam rangkaian, RTC dihubungkan ke Arduino melalui



komunikasi I2C, yaitu pin SDA (data) dan SCL (clock), masing-masing terhubung ke pin A4 dan A5 pada Arduino Uno. Selain itu, koneksi daya dari RTC menuju ke pin 5V dan GND pada Arduino. Arduino secara terus-menerus membaca waktu dari RTC dan membandingkannya dengan waktu penyiraman yang telah ditentukan. Ketika waktu saat ini sesuai dengan jadwal penyiraman, Arduino akan mengaktifkan pin digital untuk menyalakan relay.

Modul relay yang digunakan merupakan relay 1-channel yang bertindak sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air. Pin input dari relay terhubung ke pin digital Arduino, sedangkan daya dan ground relay terhubung ke pin 5V dan GND Arduino. Output relay terhubung ke jalur daya pompa air, sehingga ketika relay diaktifkan, arus listrik mengalir dan pompa menyala. Ketika waktu penyiraman selesai, Arduino mematikan sinyal ke relay sehingga pompa berhenti bekerja. Rangkaian ini tidak hanya hemat biaya dan mudah dibuat, tetapi juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor kelembaban tanah, modul LCD I2C, atau modul komunikasi untuk pengendalian jarak jauh. Sistem ini menjadi solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pertanian yang lebih modern dan berkelanjutan. Tabel Hasil Pengujian.

Tabel 3. Hasil Pengujian

NO	Waktu RTC	Kondisi Awal Pompa	Status Relay	Kondisi akhir pompa	keterangan
1.	(07.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
2.	(07.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
3.	(08.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
4.	(08.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
5.	(09.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
6.	(09.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
7.	(10.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
8.	(10.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
9.	(11.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
10.	(11.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
11.	(12.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
12.	(12.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
13.	(13.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
14.	(13.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
15.	(14.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
16.	(14.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
17.	(15.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
18.	(15.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
19.	(16.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
20.	(16.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
21.	(17.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
22.	(17.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
23.	(18.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
24.	(18.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
25.	(19.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
26.	(19.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
27.	(20.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
28.	(20.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil
29.	(21.00)	Mati	Aktif	Menyala	Berhasil
30.	(21.30)	Menyala	Nonaktif	Mati	Berhasil

KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan pembahasan dalam laporan mengenai Sistem Otomatisasi Pompa Air Berbasis Arduino Uno dengan Kontrol Waktu Menggunakan Sensor RTC DS3231, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi mikrokontroler dan sensor presisi telah memberikan solusi efektif terhadap permasalahan irigasi manual yang selama ini menjadi kendala di sektor pertanian. Sistem yang dirancang mampu bekerja secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan melalui input dari modul RTC, sehingga penyiraman dapat dilakukan secara tepat waktu tanpa perlu intervensi manual. Hal ini sangat penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, terlebih di tengah keterbatasan sumber daya air dan minimnya tenaga kerja di lahan pertanian.

Selain itu, hasil dari perancangan dan pengujian sistem menunjukkan bahwa integrasi antara Arduino Uno, RTC DS3231, dan modul relay memberikan performa yang handal dalam mengendalikan pompa air secara otomatis. Rangkaian yang digunakan cukup sederhana dan ekonomis, namun mampu memberikan kinerja yang optimal dan stabil. Dengan adanya sistem ini, proses penyiraman tanaman dapat lebih teratur, mengurangi pemborosan air, serta mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih konsisten. Teknologi ini pun sangat memungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut, baik dari sisi penambahan fitur seperti sensor kelembaban tanah maupun konektivitas jarak jauh melalui modul komunikasi nirkabel.

Dengan demikian, sistem otomatisasi pompa air ini tidak hanya menjadi implementasi teknologi berbasis mikrokontroler yang aplikatif, tetapi juga menjadi representasi dari inovasi pertanian modern yang adaptif terhadap tantangan lingkungan dan kebutuhan efisiensi. Harapannya, sistem serupa dapat diterapkan secara lebih luas di berbagai daerah pertanian di Indonesia untuk mendukung produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian ke depan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. N. Shiddiq and T. A. Wibowo, "Implementasi Relay Sebagai Saklar Otomatis pada Sistem Kendali Berbasis Arduino," *J. Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- A. Nugroho, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *J. Teknol. dan Sistem Komputer*, vol. 7, no. 3, pp. 423–430, 2019.



- A. Wicaksono and D. Rahmawati, “Perancangan Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Arduino dan RTC DS3231 untuk Efisiensi Penggunaan Air,” *J. Teknol. Pertan. Terapan*, vol. 11, no. 2, pp. 115–124, 2023.
- Arduino, “Arduino Uno Rev3,” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. [Accessed: Jun. 24, 2025].
- Arduino, “I2C LCD Interfacing,” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc>. [Accessed: Jun. 24, 2025].
- Arduino, “Using DS3231 RTC with Arduino,” *Arduino.cc*. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc>. [Accessed: Jun. 23, 2025].
- D. M. Kusuma, “Pengaruh Penggunaan Sensor RTC terhadap Efisiensi Sistem Irigasi Otomatis,” *Prosiding SNTEK*, pp. 211–216, 2022.
- H. Karl and R. Willig, *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*. Chichester, U.K.: Wiley, 2005.
- H. Susanto, “Analisis Efisiensi Energi pada Sistem Pompa Otomatis Berbasis Arduino,” *J. Energi Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 55–63, 2020.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia, *Laporan Statistik Pertanian Nasional Tahun 2024*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2024.
- M. Margolis, *Arduino Cookbook*, 3rd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2020.
- Maxim Integrated, “DS3231 Extremely Accurate I²C-Integrated RTC with TCXO and Crystal Datasheet,” [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS3231.pdf>. [Accessed: Jun. 23, 2025].
- P. Horowitz and W. Hill, *The Art of Electronics*, 3rd ed. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2015.
- R. Kurniawan, “Penggunaan RTC DS3231 untuk Sistem Penjadwalan pada Aplikasi Mikrokontroler,” *Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi*, pp. 105–110, 2020.
- S. Monk, *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*, 2nd ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2013.