



**CYBER-PHYSICAL SYSTEM FINAL PROJECT REPORT
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
UNIVERSITAS INDONESIA**

AUTOMATED PLANT WATERING

GROUP 9

CHRISTOPER SUTANDAR	2206810414
BINTANG SIAHAAN	2206024322
AUDRINA CRISTELLA HASIBUAN	2206062926
NAUFAL HILMI ARRAYYAN	2206059761

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga penyusun makalah dapat menyelesaikan makalah proyek akhir ini. Ada banyak rintangan yang dihadapi selama penyelesaian proyek, mulai dari pembuatan program, rangkaian, sampai dengan penyusunan makalah. Namun, berkat bantuan dan doa dari banyak pihak terutama asisten pendamping, kami dapat menyelesaikan proyek ini dengan baik dan tepat waktu.

Kami, sebagai penyusun makalah, ingin berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu proses penyusunan makalah ini. Semua masukan yang didapat telah kami terapkan selama proses menyusun makalah. Kami harap makalah ini dapat membantu seluruh pihak dalam memberikan informasi yang dibutuhkan.

Makalah berjudul “Automatic Plant Watering” ini tentunya masih jauh dari kata kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan penyusun makalah. Oleh karena itu, kami menerima semua kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan makalah ini dan kedepannya agar tidak mengulangi kesalahan yang sama. Semoga makalah ini bermanfaat bagi kita semua yang membacanya.

Depok, Mei 23, 2024

Kelompok 9

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1.....	4
INTRODUCTION.....	4
1.1 LATAR BELAKANG.....	4
1.2 DESKRIPSI PROYEK.....	4
1.3 OBJEKTIF PROYEK.....	5
1.4 PEMBAGIAN TUGAS.....	5
1.5 TIMELINE PELAKSANAAN PROYEK.....	5
CHAPTER 2.....	7
IMPLEMENTATION.....	7
2.1 SKEMATIK DAN DESAIN RANGKAIAN.....	7
2.2 PENGEMBANGAN PROGRAM.....	7
2.3 INTEGRASI PROGRAM DAN RANGKAIAN.....	8
CHAPTER 3.....	9
TESTING AND EVALUATION.....	9
3.1 TESTING.....	9
3.2 HASIL AKHIR.....	9
3.3 EVALUASI.....	10
CHAPTER 4.....	11
KESIMPULAN.....	11

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam era modern ini, kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya alam secara efisien dan ramah lingkungan telah meningkat secara signifikan. Salah satu sumber daya yang sangat penting adalah air, yang tidak hanya menjadi kebutuhan pokok manusia, tetapi juga krusial bagi pertanian dan penghijauan. Di tengah krisis air yang semakin memburuk dan perubahan iklim yang tidak menentu, pemanfaatan teknologi untuk mengoptimalkan penggunaan air dalam pertanian dan perawatan tanaman menjadi semakin mendesak.

Pada umumnya, penyiraman tanaman dilakukan secara manual, yang istilahnya tidak terlalu efisien dalam hal waktu dan tenaga. Kelebihan atau kekurangan air dapat menyebabkan berbagai masalah pada tanaman, seperti pembusukan akar atau kekeringan, yang berujung pada penurunan produktivitas tanaman. Di sisi lain, banyak orang yang memiliki keterbatasan waktu untuk merawat tanaman yang mereka miliki, mengakibatkan kurangnya perawatan yang memadai. Beberapa masalah yang dapat timbul jika seseorang tidak merawat tanaman yang mereka miliki adalah tumbuhnya jamur, gulma, ataupun kutu yang dapat menyebar ke tanaman lainnya. Tentunya ini akan menjadi masalah besar bagi lingkungan dan ekosistem di sekitar makhluk hidup.

Pencetusan proyek "*Automated Plant Watering*" pun terjadi dan hadir sebagai solusi inovatif untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem ini dirancang untuk memudahkan semua penggunanya untuk merawat tanaman mereka karena penyiraman tanaman dilakukan secara otomatis dan bertahap, tergantung pada kelembapan lingkungannya.

1.2 DESKRIPSI PROYEK

Proyek "*Automated Plant Watering*" ini memiliki tujuan utama untuk membantu penggunanya menyiram tanaman secara otomatis dengan memanfaatkan fitur timer penyiraman sehingga air yang digunakan tidak terbuang sia-sia. Cara alat ini mengetahui

kanan untuk menyiram tanamannya adalah dengan menggunakan sensor kelembapan DHT11. Untuk lebih lengkapnya, berikut adalah penjabaran implementasi tiap modul pada alat penyiraman tanaman otomatis ini untuk mengetahui bagaimana setiap komponennya bekerja :

1. Modul 2 (Introduction to AVR Assembly)

Dalam pembuatan alat ini, praktikan menggunakan dasar bahasa *programming* Assembly pada mikrokontroler Atmega328p. Bahasa Assembly adalah bahasa programming yang paling sering dan efisien digunakan untuk memodifikasi perangkat elektronik yang menggunakan sistem real time dan performa kerja yang tinggi, sehingga cocok untuk diimplementasikan pada alat penyiraman tanaman otomatis ini.

2. Modul 4 (Serial Port)

Alat ini akan menampilkan output data persentase kelembapan pada layar serial. Hal ini untuk mempermudah pemantauan data kelembapan melalui serial port. Adapun data yang ditunjukkan pada serial port berupa angka kelembapan dalam *hexadecimal*.

3. Modul 6 (Timer)

Pada proyek ini, timer digunakan untuk menentukan kapan penyiraman dilakukan. Adapun timer yang digunakan adalah timer 0.2 detik yang dilakukan sebanyak 25 kali sehingga total delay-nya adalah 5 detik. Pemisahan ini dilakukan agar semua fungsionalitas lainnya dapat tetap bekerja selama delay berlangsung. Tentunya lama delay ini dapat diubah sesuai dengan keinginan *user*.

4. Modul 8 (SPI & I2C)

Program menggunakan fungsi-fungsi I2C untuk memungkinkan komunikasi antara mikrokontroler master dan slave melalui protokol I2C. Hal ini memungkinkan pertukaran data antara perangkat-perangkat tersebut, seperti membaca hasil sensor. Pada program assembly, fungsi I2C_init berfungsi untuk inisialisasi modul I2C dengan mengatur alamat slave dan mengaktifkan modul I2C, fungsi I2C_listen untuk mendengarkan untuk menerima data melalui protokol I2C, dan fungsi I2C_read yaitu untuk menerima data melalui protokol I2C dan mengembalikan datanya.

5. Modul 9 (Sensor Interfacing)

Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan lingkungan sekitar tanaman. Sensor DHT11 adalah sensor digital yang memberikan keluaran berupa nilai

suhu dan kelembapan lingkungan dalam bentuk sinyal digital. Pada bagian kode *assembly*, setelah proses inisialisasi dan pembacaan data menggunakan protokol I2C, fungsi DHT11_reading dipanggil untuk membaca data dari sensor DHT11. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menampilkan informasi suhu dan kelembapan lingkungan pada layar LCD.

Selain itu, DHT11 ini juga digunakan untuk men-*trigger* relay agar terus menerus menyalakan motor ketika nilai kelembapan di bawah 50%.

1.3 OBJEKTIF PROYEK

Objektif yang ingin dicapai dari pembuatan proyek ini adalah :

1. Mengembangkan sistem otomatis yang dapat mendeteksi kapan harus menyiram air melalui sensor kelembapan lingkungan dan timer.
2. Mengurangi beban pekerjaan dan waktu yang diperlukan untuk menyiram tanaman secara manual oleh pengguna alat penyiram tanaman otomatis ini.
3. Mengurangi pemborosan air dengan hanya menyiram tanaman saat dibutuhkan berdasarkan kelembapan lingkungan sekitar tanaman.

1.4 PEMBAGIAN TUGAS

Berikut adalah tabel pembagian tugas dan tanggung jawab untuk setiap anggota kelompok 9 :

Roles	Responsibilities	Person
Code + Proteus	Membuat code assembly	Christopher Sutandar
Menyusun Laporan	Membuat dan mengedit Laporan	Christopher Sutandar Audrina Cristella Hasibuan Bintang Siahaan Naufal Hilmi Arrayyan

Menyusun PPT	Membuat dan mengedit PPT	Audrina Cristella Hasibuan Bintang Siahaan Naufal Hilmi Arrayyan
README	Membuat dan mengedit README	Audrina Cristella Hasibuan
Rangkaian Asli	Menyusun rangkaian asli	Christopher Sutandar Bintang Siahaan Audrina Cristella Hasibuan Naufal Hilmi Arrayyan

Table 1. Roles and Responsibilities

1.5 TIMELINE PELAKSANAAN PROYEK



Fig 1. Gantt Chart

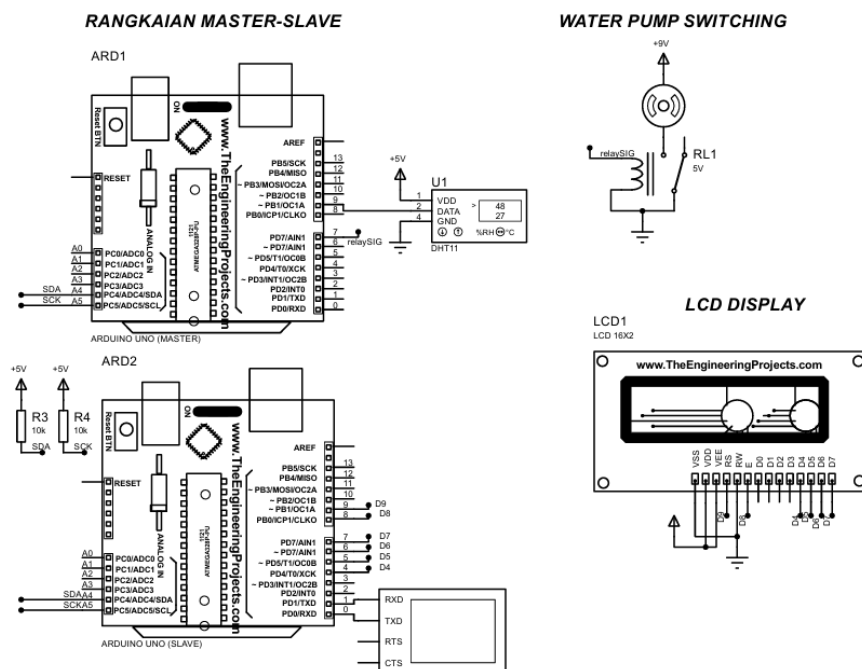
Berikut adalah timeline dari awal hingga akhir penuntasan proyek “*Automated Plant Watering*” yang praktikan kerjakan :

- a) Pengembangan program pada aplikasi : 23 - 24 Mei 2024
- b) Pengembangan rangkaian fisik : 25 - 27 Mei 2024
- c) Proses integrasi dan testing program dan rangkaian : 27 - 28 Mei 2024
- d) Hasil akhir (testing) : 28 Mei 2024

CHAPTER 2

IMPLEMENTATION

2.1 SKEMATIK DAN DESAIN RANGKAIAN



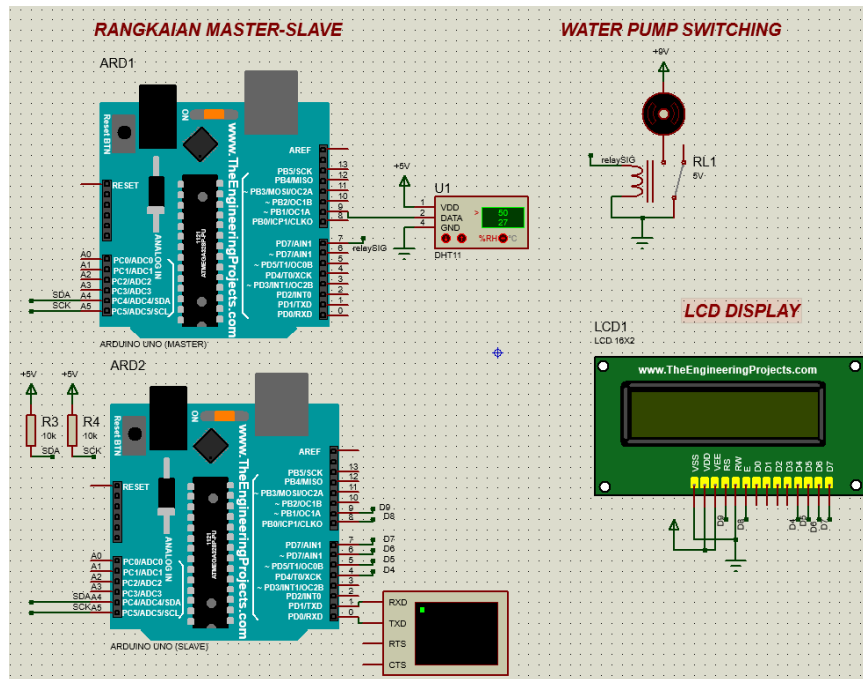


Fig 2. Skematik dan Desain Rangkaian pada Proteus

Pada foto di bagian atas terdapat skematik sederhana dari alur kerja alat “*Automated Plant Watering*” ini dan foto di bagian bawah adalah desain rangkaian yang sudah dibuat di Proteus.

Berikut adalah komponen-komponen yang digunakan dalam rangkaian tersebut:

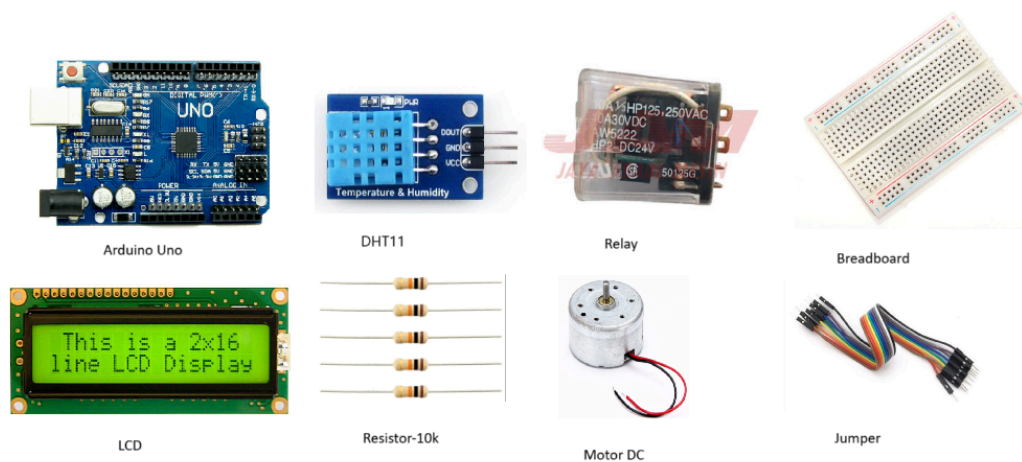


Fig 3. Komponen pada rangkaian

1. Arduino Uno (ARD1 - Master dan ARD2 - Slave)

Kegunaan : Arduino Uno digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengontrol dan berkomunikasi dengan berbagai sensor dan aktuator dalam sistem.

Cara Kerja :

- ❖ **Master (ARD1)** : Mengumpulkan data dari sensor DHT11, mengendalikan relay untuk switching pompa air, dan mengirimkan data kelembapan ke virtual terminal serta LCD.
- ❖ **Slave (ARD2)** : Berfungsi untuk berkomunikasi dengan master melalui protokol I2C, mengendalikan tampilan LCD, dan menerima data dari master.

2. DHT11 (Sensor Kelembapan dan Suhu)

Kegunaan : Mengukur kelembapan dan suhu lingkungan (dalam hal ini digunakan kelembapan saja)

Cara Kerja : Sensor ini mengirimkan data kelembapan melalui pin data yang dihubungkan ke pin digital pada Arduino Master (ARD1). Data tersebut kemudian diolah oleh Arduino untuk ditampilkan dan digunakan dalam pengendalian sistem.

3. Relay (RL1)

Kegunaan : Mengontrol pompa air.

Cara Kerja : Relay berfungsi sebagai switch elektronik yang diaktifkan oleh sinyal dari Arduino. Ketika kelembapan rendah (disini ambang batasnya jika dibawah 50% akan diaktifkan), Arduino mengirimkan sinyal ke relay untuk mengaktifkan pompa air, dan sebaliknya ketika kelembapan cukup, relay akan mematikan pompa dan akan mengaktifkan pompa berdasarkan timer saja.

4. LCD 16x2

Kegunaan : Menampilkan data kelembapan yang diukur oleh sensor DHT11.

Cara Kerja : LCD terhubung ke Arduino Slave (ARD2) dan menampilkan data yang diterima dari Master melalui komunikasi I2C. Data kelembapan dikirim dari Master ke Slave, dan kemudian ditampilkan pada layar LCD.

5. Resistor Pull-Up (R3 dan R4)

Resistor ini digunakan sebagai pull-up untuk jalur SDA dan SCL pada komunikasi I2C. Hal ini penting untuk memastikan bahwa jalur I2C berfungsi dengan baik. Besar resistornya 10k yang dihubungkan antara jalur SDA dan SCL dengan +5V.

2.2 PENGEMBANGAN PROGRAM

Alat “Automated Plant Watering” ini mengimplementasikan penggunaan protokol I2C, yang memungkinkan konfigurasi master dan slave dalam sistemnya. Dalam konfigurasi ini, perangkat master (ARD 1 pada rangkaian) bertanggung jawab untuk mengirimkan perintah dan mengatur komunikasi pada bus I2C, sedangkan perangkat slave (ARD 2 pada rangkaian) berfungsi untuk menerima dan mengeksekusi perintah yang diberikan oleh master.

Berikut adalah alur kerja program ini melalui penggambaran flowchart :

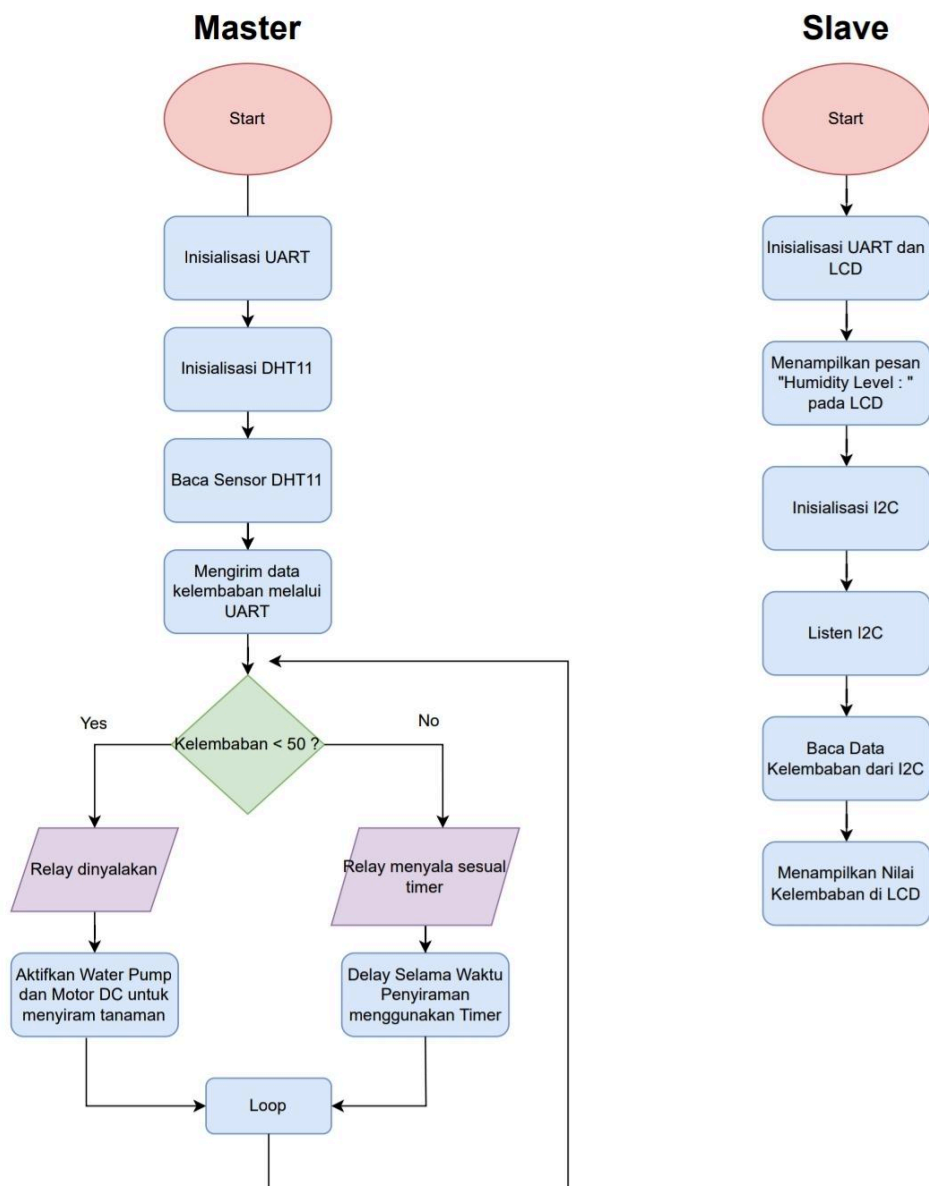


Fig 4. Flowchart

2.3 INTEGRASI PROGRAM DAN RANGKAIAN

Ketika program pada Arduino IDE diintegrasikan dengan rangkaian pada proteus dan disimulasikan, terdapat output sebagai berikut.

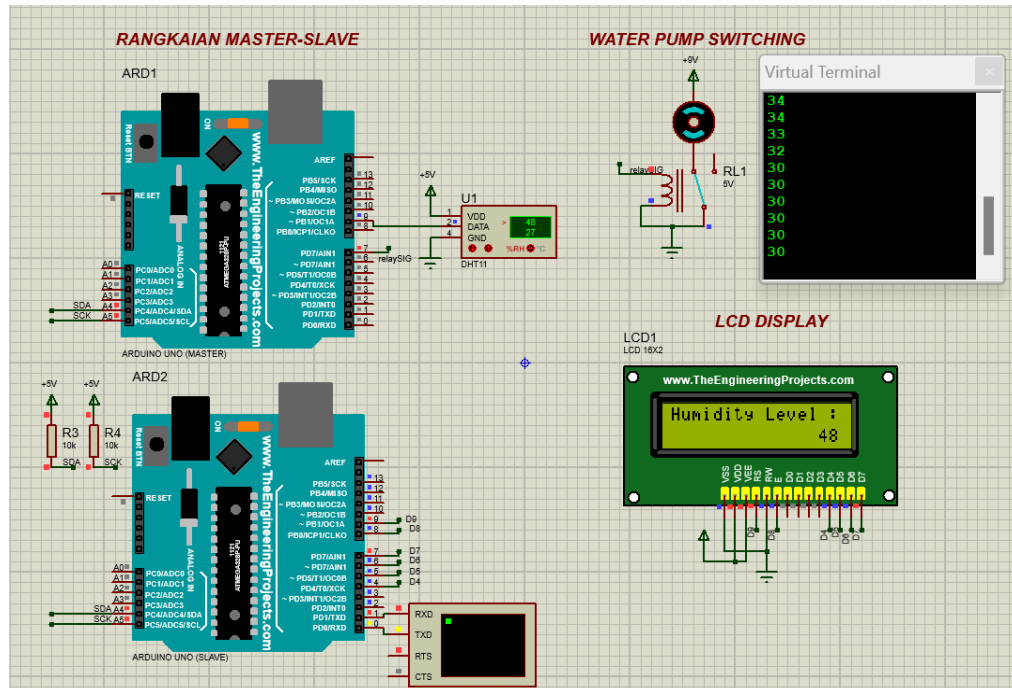


Fig 5. Hasil Simulasi Rangkaian

Dalam proses integrasi ini, pada rangkaian harus disesuaikan input dan outputnya dengan kode yang sudah dibuat.

❖ Input Sensor DHT11

- Sensor DHT11 yang membaca kelembapan dan suhu dihubungkan ke pin digital 9 (PB1) pada Arduino Master (ARD1).

❖ Output Relay

- Relay untuk mengontrol water pump dihubungkan ke pin digital 7 (PD7) pada Arduino Master (ARD1). Relay ini akan mengaktifkan atau mematikan water pump berdasarkan nilai kelembapan yang dibaca oleh sensor DHT11.

❖ LCD Display

- LCD display yang bertindak sebagai Slave dihubungkan melalui komunikasi I2C. Arduino Slave (ARD2) akan menerima data kelembapan dari Arduino Master (ARD1) dan menampilkan nilai kelembapan pada LCD. Pin I2C yang digunakan adalah :

- SDA (A4/PC4) pada ARD1 terhubung ke SDA (A4/PC4) pada ARD2.
- SCL (A5/PC5) pada ARD1 terhubung ke SCL (A5/PC5) pada ARD2.

❖ **Komunikasi I2C**

- Pin untuk Master/Slave select yaitu pada pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) pada kedua Arduino.

❖ **Timer**

- Timer diatur secara internal dalam kode untuk mengatur interval pengecekan kelembapan dan pengaktifan relay. Timer tidak memiliki pin fisik yang terhubung pada rangkaian tetapi diatur melalui fungsi `delay()` dan `millis()` dalam kode.

Setelah memasang pin, langkah selanjutnya adalah mengecek apakah kode berhasil dijalankan atau tidak. Menurut penjelasan kode yang sudah dibuat di atas, rangkaian ini akan memeriksa berapa persen kelembapan yang di cek oleh sensor DHT11. Ketika kelembapan di bawah 50%, maka water pump akan bekerja menyiram tanaman dengan mengaktifkan relay. Apabila kelembapan lingkungan di atas 50%, maka water pump akan berhenti menyiram tanaman karena relay akan dimatikan. Tetapi water pump akan bekerja sesuai timer yang sudah diatur, sehingga water pump masih menyala dalam waktu yang disesuaikan. Kelembapan yang terbaca oleh sensor DHT11 akan dikirimkan dari Arduino Master ke Arduino Slave melalui komunikasi I2C, dan Arduino Slave akan menampilkan data tersebut pada LCD.

CHAPTER 3

TESTING AND EVALUATION

3.1 TESTING

Testing dilakukan pada rangkaian di Proteus dan rangkaian asli. Percobaan berhasil dilakukan pada Proteus dengan menampilkan output seperti gambar di bawah.

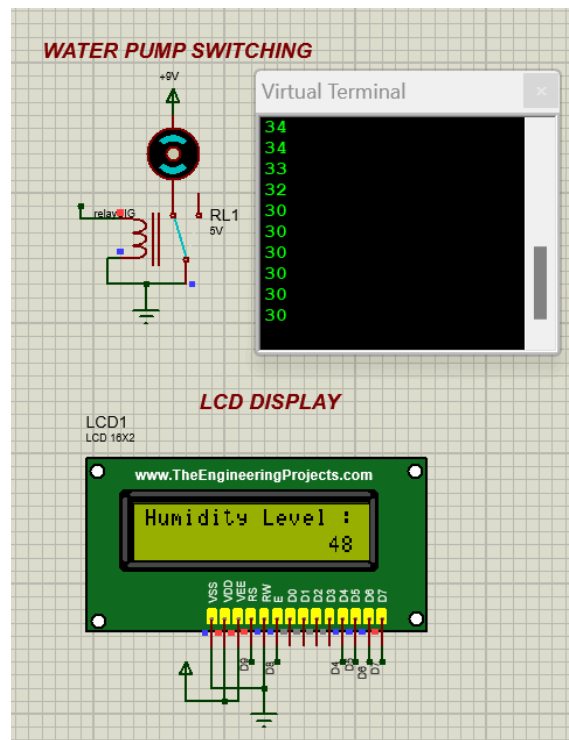


Fig 6. Testing proteus

Data kelembapan lingkungan dapat dilihat pada layar LCD 16x2 dengan tingkat kelembapan sebesar 48% yang artinya di bawah batas yang ditetapkan, yaitu sebesar 50% sehingga water pump (motor DC) menyala. Bisa dilihat bahwa motor DC-nya berputar. Virtual terminal menunjukkan angka hexadecimal dari *humidity level*-nya.

Sedangkan pada rangkaian fisik, harus dilakukan sebanyak dua kali karena terjadi kesalahan teknis pada relaynya. Pada percobaan pertama, LCD 16x2 dapat menyala dan motor DC-nya berjalan tetapi LCD tidak menampilkan output yang seharusnya, yaitu data kelembapan lingkungan (tulisan Humidity Level : x%). Berikut adalah tampilan dari rangkaian dan hasil testingnya yang pertama kali.

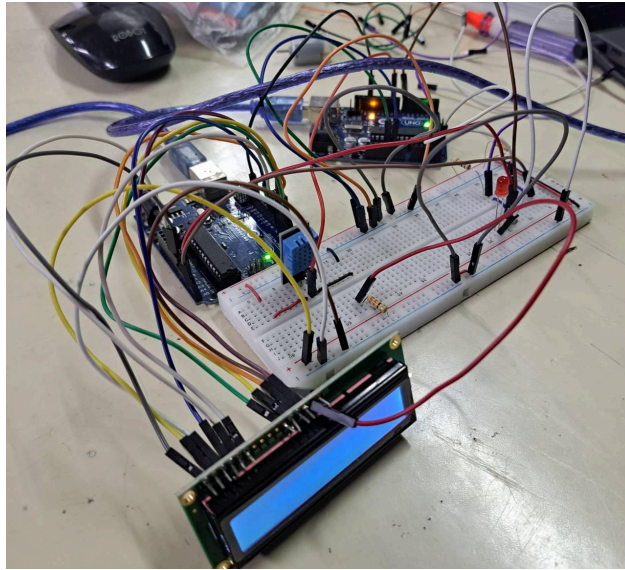


Fig 7. Testing pertama rangkaian fisik

Pada percobaan kedua, hasilnya hampir sama dengan percobaan pertama karena LCD masih menyala dan motor DC juga jalan tetapi kali ini terlihat output tingkat kelembapan lingkungan pada layar LCD. Untuk memastikan kebenaran tingkat kelembapannya, praktikan juga melihat output serial monitor pada kode slave di laptop dan angkanya sesuai dengan yang di LCD. Untuk melihat kebenaran switchingnya, praktikan menggunakan LED untuk sementara. Berikut adalah tampilan rangkaian pada testing yang kedua.

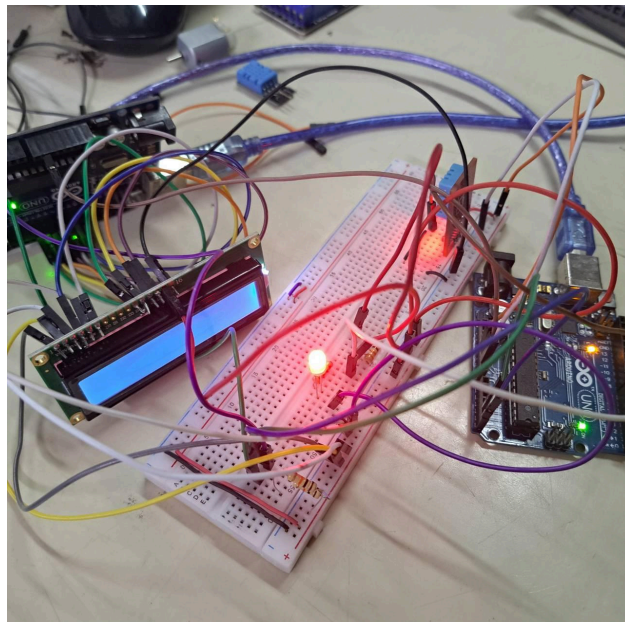


Fig 8. Testing kedua rangkaian fisik

3.2 HASIL AKHIR

Setelah melakukan testing terakhir rangkaian asli, didapatkan hasil akhir sebagai berikut pada layar LCD dan serial monitornya.

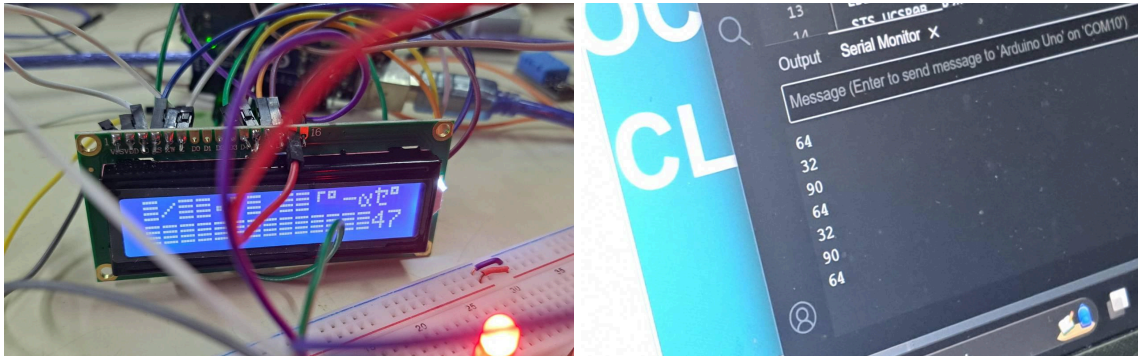


Fig 9. Hasil output serial port dan LCD

Rangkaian asli sudah dapat melakukan switching dengan tepat, tetapi hanya untuk 2 hingga 3 *cycle delay* pertama. Setelah itu, rangkaian berhenti pada kondisi *water pump on* dan baru dapat berjalan kembali dengan adanya beberapa faktor luar. Faktor tersebut antara lain jika load motor dilepas dan dipasang kembali, serta ketika arduino di reset. Adapun keadaan *stuck* ini disebabkan dapat disebabkan oleh proses *looping* yang tidak berlanjut apabila nilai kelembapan memiliki nilai di bawah 50%. Penyebab spesifik dari tidak berlanjutnya proses *looping* menjadi kondisi yang tidak diekspektasikan, mengingat rangkaian serta kode berjalan secara lancar pada simulasi Proteus. Kemudian setelah dievaluasi kembali, dilakukan juga perubahan timer pada program, yaitu pada saat relay menyala, timer dihitung untuk 2 detik, sedangkan saat relay mati timer dihitung untuk 5 detik. Hal ini bertujuan untuk memberikan waktu menyala yang lebih cepat ketimbang waktu mati, sehingga mencegah pemberian air berlebihan.

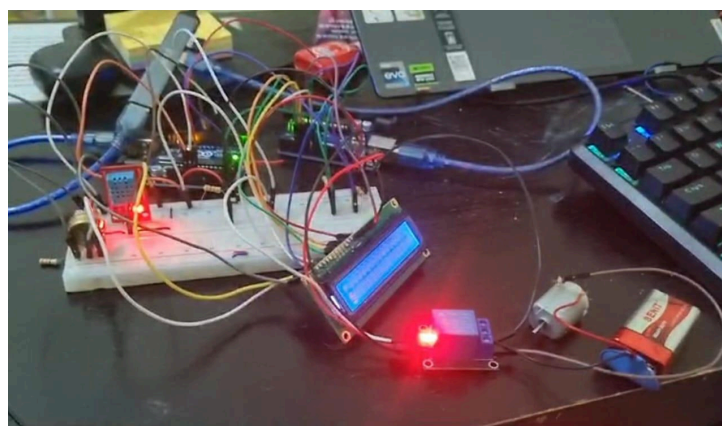


Fig 10. Hasil testing rangkaian dengan relay

Tingkat kelembapan pada LCD dan serial monitor terlihat berbeda karena didokumentasi pada waktu yang berbeda, tetapi setelah program master dan slave di-run beberapa kali hasilnya masih sama untuk tingkat kelembapan di layar LCD dan serial monitor. Adapun pada hasil akhir, dilakukan penambahan komponen relay yang berfungsi untuk memati-nyalakan motor *water pump*. Dengan begitu, segala komponen yang dibutuhkan untuk keseluruhan fungsionalitas proyek telah terpenuhi.

3.3 EVALUASI

Dari semua hasil testing rangkaian fisik dan rangkaian proteus, terdapat beberapa hal yang dapat ditingkatkan. Terdapat kesalahan teknis dari alat sensor DHT11 yang tidak menyala saat rangkaian dipasang dan dijalankan, tetapi masalah ini sudah dapat diatasi dengan mengganti alat tersebut. Untuk evaluasi yang diperlukan, seperti judul proyek yang praktikan angkat yaitu “*Automated Plant Watering*” , praktikan menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur kelembapan lingkungan. Padahal sebaiknya untuk mengukur kelembapan tanah lebih tepat menggunakan *sensor soil moisture*. Kemudian untuk penggunaan motor, karena faktor keterbatasan alat, praktikan menggunakan motor DC biasa, dimana sebenarnya terdapat motor DC khusus untuk menyiram tanaman yaitu *motor mini M20 Water Pump*.

Hal lain yang dapat ditingkatkan pada rangkaian adalah perbaikan kode delay pada rangkaian fisik. Meskipun rangkaian dapat berjalan sebagaimana mestinya pada simulasi Proteus, sayangnya hal yang sama tidak berlaku pada rangkaian fisik. Oleh karena itu, perlu dibuat algoritma yang lebih sesuai sehingga delay dapat berjalan secara kontinu tentunya tanpa mengganggu proses penerimaan input sensor.

CHAPTER 4

KESIMPULAN

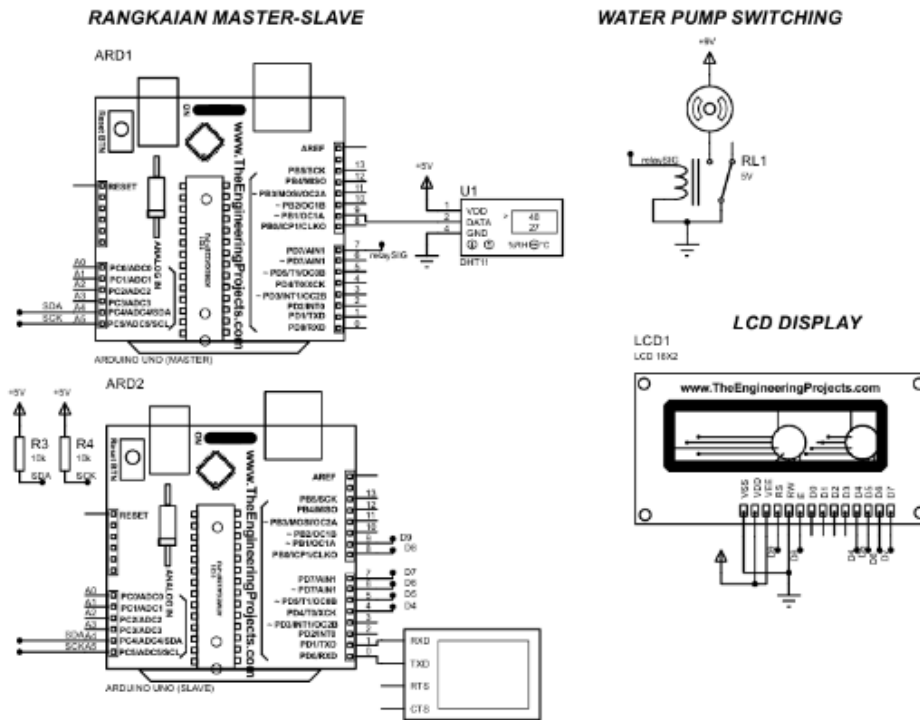
Program "*Automated Plant Watering*" merupakan solusi inovatif yang menawarkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan penyiraman tanaman. Dengan teknologi ini, penyiraman dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan lingkungan, sehingga menghindari masalah seperti pembusukan akar atau kekeringan yang dapat mengganggu produktivitas tanaman. Selain itu, program ini sangat membantu bagi mereka yang memiliki keterbatasan waktu untuk merawat tanaman, memastikan tanaman tetap terjaga dengan baik. Secara keseluruhan, alat penyiraman otomatis ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan demikian, proyek ini dapat mengintegrasikan pengukuran kelembapan menggunakan sensor DHT11, relay, dan 2 buah Arduino (Master-Slave). Sistem ini dapat bekerja dengan mengukur kelembapan, mengirimkan data ke Arduino slave, mengaktifkan / menonaktifkan relay yang mengendalikan motor DC untuk menjaga kelembapan lingkungan pada level yang diinginkan, sehingga proyek ini dapat menjadi sangat berguna terkhususnya di industri pertanian. Meski begitu, tidak dapat dipungkiri bahwa proyek ini memiliki beberapa hal yang dapat ditingkatkan, antara lain delay pada rangkaian fisik yang masih mengalami *stuck* dan penggunaan sensor yang dapat lebih disesuaikan, yakni menjadi *soil moisture sensor*. Dengan melakukan perbaikan serta riset lebih lanjut, tentunya proyek ini dapat memberikan dampak positif yang lebih besar bagi sektor pertanian dan cocok tanam.

REFERENCES

- [1] Digital Laboratory Universitas Indonesia, "Dasar Teori - Modul Praktikum Sistem Siber Fisik." 2024. EMAS2. Available on : <https://emas2.ui.ac.id/course/view.php?id=64823>.
- [2] W. Gay, "DHT11 Sensor," in *Advanced Raspberry Pi*, Berkeley, CA: Apress, 2018, pp. 1-12. doi: 10.1007/978-1-4842-3948-3_22.
- [3] J. Mankar, C. Darode, K. Trivedi, M. Kanoje, and P. Shahare, "Review of I2C protocol," *International Journal of Research in Advent Technology*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [4] L. O. Medici, F. Reinert, D. F. Carvalho, M. Kozak, and R. A. Azevedo, "What about keeping plants well watered?," *Environmental and Experimental Botany*, vol. 99, pp. 38-42, 2014. doi: 10.1016/j.envexpbot.2013.10.019.

APPENDICES

Appendix A: Project Schematic



Appendix B: Documentation

