

**SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIR PADA BURET
MENGUNAKAN *SOLENOID VALVE* BERBASIS ARDUINO UNO**

(Skripsi)

Oleh

**LIDYA LISTRA
1917041053**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIR PADA BURET MENGGUNAKAN *SOLENOID VALVE* BERBASIS ARDUINO UNO

Oleh

Lidya Listra

Penelitian ini telah merealisasikan sistem pengendalian laju alir pada buret menggunakan *solenoid valve* berbasis arduino uno. Selain itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa tingkat akurasi, presisi dan linearitas pada sistem yang telah dibuat. Sistem pengendalian laju alir pada buret ini berfungsi untuk memudahkan penggunaan buret, pengguna dapat mengatur laju alir dengan mengatur nilai volume dan waktu yang diinginkan menggunakan *keypad* dan ditampilkan pada *Liquid Crystal Display (LCD) Organic Light Emitted Diode (OLED)*. Pada sistem pengendalian laju alir pada buret, bahan utama yang digunakan yaitu *solenoid valve*, modul *relay* dan buret, buret yang digunakan berukuran 50 ml. Pada rancangan sistem kontrolnya menggunakan mikrokontroler arduino uno yang berguna untuk mengontrol modul *relay* sehingga membuka dan menutup katup *solenoid valve* yang dihubungkan ke bagian *outlet* pada buret. Tahap penelitian meliputi perancangan dan perangkaian alat, pengujian alat, pengambilan data dan analisis data. Berdasarkan hasil penelitian, sistem ini memiliki nilai *error* sebesar 1,0% dengan tingkat akurasi 99,0% dan tingkat presisi sebesar 98,9% dalam variabel volume dengan nilai regresi sebesar 0,99978 sehingga sistem pengendalian laju alir pada buret telah direalisasikan dan dapat berjalan dengan baik.

Kata kunci: Buret, *Solenoid valve*, Laju Alir, Arduino Uno.

ABSTRACT

FLOW RATE CONTROL SYSTEM ON BURETTE USING *SOLENOID VALVE* BASED ON ARDUINO UNO

By

Lidya Listra

This research has realized the flow rate control system on burette using *solenoid valve* based on Arduino uno. In addition, the aim of this research is also to analyse the level of accuracy, precision and linearity in the flow rate control system on a burette that has been made. The flow rate control system on this burette serves to facilitate the usage of the burette, the user can adjust the flow rate by setting the desired volume value and time using the keypad and displayed on the Liquid Crystal Display (LCD) Organic Light Emitted Diode (OLED). The basic materials of the flow rate control system on the burette are *solenoid valve*, *relay* module and burette, which is a 50 ml burette. In the control system design using an arduino uno microcontroller which is useful for controlling the *relay* module so that it opens and closes the *solenoid valve* which is connected to the outlet of the burette. The research phase includes designing and assembling tools, testing tools, collecting data and analysing data. Based on the research results, this system has an error value of 1,0% with an accuracy rate of 99,0% and a precision rate of 98,9% in the volume variable with average regression of 0,99978 so that the flow rate control system on the burette has been realised and can run well.

Keywords: Burette, *Solenoid valve*, Flow Rate, Arduino Uno.

**SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIR PADA BURET MENGGUNAKAN
SOLENOID VALVE BERBASIS ARDUINO UNO**

Oleh

Lidya Listra

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

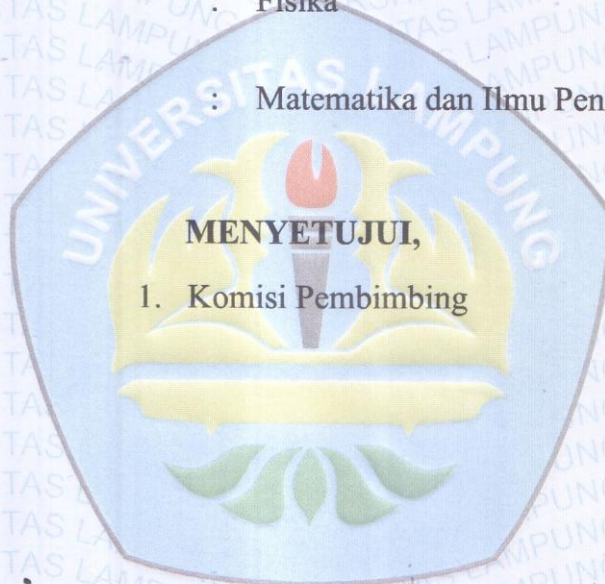
Judul Skripsi : Sistem Pengendalian Laju Alir pada Buret Menggunakan *Solenoid valve* Berbasis Arduino Uno

Nama Mahasiswa : Lidya Listra

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041053

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.
NIP. 198206182008121001

Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

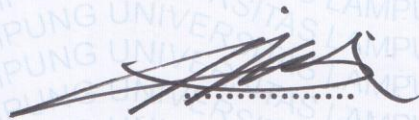
2. Ketua Jurusan Fisika

Dr. Si. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002


MENGESAHKAN

1. Tim penguji

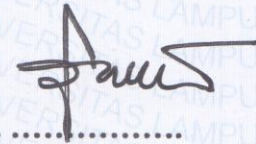
Ketua : **Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**



Sekretaris : **Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.**



Penguji : **Dr. Si. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Februari 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.



ndar Lampung, 22 Februari 2024

Lidya Listra
NPM.1917041053

RIWAYAT HIDUP



Lidya Listra lahir di Tangerang pada tanggal 26 Oktober 2001. Penulis merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Bisker Silitonga dan Ibu Arenta Gultom. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Abdi Negara pada tahun 2007, Saint Enoch Elementary School pada tahun 2013, SMPN 1 Cibusah pada tahun 2016 dan SMAN 1 Cikarang Selatan pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis pernah aktif dalam kegiatan organisasi sebagai anggota Kaderisasi HIMAFI FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2020 dan 2021, Bendahara Pelaksana Paskah Civitas Akademika Universitas Lampung 2021, Sekretaris dan Bendahara Umum POM MIPA Universitas Lampung. Penulis juga asisten dosen mata kuliah Agama Kristen pada tahun 2021, Elektronika II pada tahun 2022 dan Fisika Komputasi pada tahun 2022 dan 2023.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (P3TKEBTKE), Gunung Sindur, Kabupaten Bogor, Jawa Barat dengan judul “**Pra Studi Kelayakan Pembangunan PLTS Terapung di Waduk Karangates Menggunakan *Software* PVSYST**”. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat penuh penulis ikuti dalam program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2022 di Desa Karya Tani, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Penulis melaksanakan penelitian untuk menyusun skripsi dengan judul “**Sistem Pengendalian Laju Alir pada Buret**

Menggunakan *Solenoid valve* Berbasis Arduino Uno” dibawah bimbingan
Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc., dan Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.

MOTTO

“Ora et Labora”

"Serahkanlah perbuatanmu kepada Tuhan, maka terlaksanalah segala rencanamu”

- Amsal 16:3

"Don't be afraid to fail. You'll never achieve what you want to achieve until you keep on trying”

- Nick Vujicic

"There are no short and easy paths to a long and lasting happiness”

- Nick Vujicic

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, kupersembahkan skripsi ini kepada :

Bapak Bisker Silitonga dan Ibu Arenta Gultom

Kedua orang tuaku yang selalu memberikan dukungan serta doa yang tiada hentinya untuk kesuksesan putrinya

Nancy Christy, Efraim Evander dan Chelcscy Maria

Kakakku, Abangku dan Adikku tersayang yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi sehingga membuat aku mampu menyelesaikan pendidikan S1

Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang membangun hati dan pikiran agar saya menjadi lebih baik

Rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2019

Terima kasih untuk kebersamaan selama kuliah yang sangat berarti dan menjadi kenangan yang tidak terlupakan.

Serta

Almamater Tercinta
UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem Pengendalian Laju Alir pada Buret Menggunakan Solenoid valve Berbasis Arduino Uno**”. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 28 Februari 2024

Penulis,

Lidya Listra

SANWACANA

Segala puji Syukur bagi Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan Kasih dan Berkat-Nya yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sistem Pengendalian Laju Alir pada Buret Menggunakan *Solenoid valve* Berbasis Arduino Uno**”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Lidya Listra, S.Si. yaitu saya sendiri yang mau bertahan dan terus berjuang untuk menyelesaikan studi hingga mendapatkan gelar sarjana setelah melewati banyak lika-liku selama ini.
2. Orang tua Bapak Bisker Silitonga dan Ibu Arenta Gultom yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang kepada penulis .
3. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan ilmu dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Si. Gurum Ahmad Pauzi S.Si., M.T., selaku Dosen Pembahas sekali Kepala Jurusan Fisika yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
6. Ibu Dr. Yanti Yulianti S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.

7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung
8. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
9. Para Tenaga Kependidikan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
10. Efraim Evander Silitonga, S.T. sebagai abang penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan doa kepada penulis.
11. Nancy Christy, A.md. dan Chelscy Maria Margaretha sebagai kakak dan adik penulis yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis.
12. Teman-teman seperjuangan Rifki Mohamad Kurniawansyah, S.Si., Haposan Lehon Hamonangan Sihombing, S.Si., Ruth Sanilawati Sipangkar, S.Si., Razka Wildan, Ester Lusiana Siregar dan Rhabeca Fetrylia yang telah memberikan bantuan, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
13. Teman-teman POM MIPA dan UKM Kristen Universitas Lampung yang telah menjadi wadah pelayanan kekristenan penulis selama menjalankan studi.
14. Teman-teman fisika 2019, Intan Permatasari, S.Si., Dwina Nur Rizky, S.Si., dan Larasati Handayani, S.Si., yang telah membantu dan menemani penulis selama penelitian dan menyelesaikan studi.

Semoga Tuhan membalas segala kebaikan dengan yang lebih baik.

Bandar Lampung, 28 Februari 2024

Penulis,

Lidya Listra

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iiiv
HALAMAN PENGESAHKAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Teori Dasar.....	9
2.2.1 Buret.....	9
2.2.2 Laju Alir	10
2.2.3 Mikrokontroler	13
2.2.4 <i>Solenoid valve</i>	17

2.2.5 Modul <i>Relay</i>	18
2.2.6 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) OLED Arduino	20

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksana	24
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.2.1 Alat-alat Penelitian.....	25
3.2.2 Bahan-bahan Penelitian.....	25
3.3 Prosedur Penelitian	25
3.3.1 Desain dan Perancangan Alat.....	28
3.3.2 Pengujian Alat.....	29
3.3.3 Pengambilan dan Analisis	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Perancangan Perangkat.....	33
4.2 Pengujian Sistem Pengendalian Laju Alir pada Buret	36
4.3 Tampilan pada LCD.....	39
4.4 Pengambilan Data dan Analisis	41

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	49
5.2 Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik kalibrasi hubungan antara volume dan waktu	7
Gambar 2.2 Grafik perbandingan antara volume keluaran dengan volume	8
Gambar 2.3 Buret	10
Gambar 2.4 Ilustrasi pembacaan buret	10
Gambar 2.5 Mikrokontroler ATMEGA 328P	14
Gambar 2.6 Blok diagram mikrokontroler ATMEGA 328P	15
Gambar 2.7 Arduino Uno R3	16
Gambar 2.8 <i>Relay</i>	18
Gambar 2.9 Struktur <i>relay</i>	19
Gambar 2.10 Struktur komponen OLED	21
Gambar 2.11 LCD OLED	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	26
Gambar 3.2 Skema rancangan sistem	27
Gambar 3.3 Desain sistem pengendali laju alir pada buret	28
Gambar 3.4 Diagram blok sistem	29
Gambar 3.5 Grafik uji alat	31
Gambar 4.1 Realisasi sistem pengendalian laju alir buret	33
Gambar 4.2 Bagian keluaran sistem pengendalian laju alir buret	34
Gambar 4.3 Kotak kontrol pengendalian laju alir buret bagian luar	34
Gambar 4.4 Rangkaian elektronik sistem pengendalian laju alir buret	35
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara <i>flow rate</i> terhadap volume (a) Saat <i>delay open</i> 40 ms dan (b) Saat <i>delay open</i> 50 ms	38
Gambar 4.6 Tampilan saat menjalankan sistem pengendalian laju buret	40
Gambar 4.7 Grafik linieritas debit saat 5 ml	42

Gambar 4.8 Grafik linieritas debit saat 10 ml	43
Gambar 4.9 Grafik linieritas debit saat 15 ml	44
Gambar 4.10 Grafik linieritas debit saat 20 ml	45
Gambar 4.11 Grafik linieritas debit saat 25 ml	46
Gambar 4.12 Hubungan waktu terhadap debit	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi <i>mini solenoid valve</i>	18
Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian.....	24
Tabel 3.2 Nilai uji alat menggunakan gelas ukur dengan <i>delay open</i> 40 ms	30
Tabel 3.3 Nilai uji alat menggunakan gelas ukur dengan <i>delay open</i> 50 ms	30
Tabel 3.4 Data uji kesesuaian masukan pada keypad dengan keluaran	32
Tabel 4.1 Data pengujian sistem pengendalian laju alir pada buret	37
Tabel 4.2 Data hasil pada saat menginput volume sebesar 5 ml	41
Tabel 4.3 Data hasil pada saat volume 10 ml.....	43
Tabel 4.4 Data hasil pada saat volume 15 ml.....	44
Tabel 4.5 Data hasil pada saat volume 15 ml.....	44
Tabel 4.6 Data hasil pada saat volume 20 ml.....	45
Tabel 4.7 Data hasil pada saat volume 25 ml.....	46

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dapat mempengaruhi seluruh aspek kehidupan manusia. Adanya teknologi dapat membantu dan mempermudah kehidupan manusia. Kemudahan dalam teknologi ini juga dapat dirasakan dalam dunia pendidikan salah satunya pada laboratorium. Laboratorium merupakan komponen penting dan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari proses belajar mengajar. Laboratorium adalah tempat dilakukannya studi ilmiah, eksperimen, pengukuran, penelitian maupun riset ilmiah yang berhubungan dengan ilmu sains (kimia, fisika, biologi) dan ilmu lainnya dengan menggunakan alat bantu yang menjadi kelengkapan dari fasilitas dengan kuantitas serta kualitas yang memadai (Amna, 2017).

Menurut Gunawan (2019) laboratorium merupakan tempat dilakukannya kegiatan praktek atau penelitian yang ditunjang dengan adanya seperangkat alat-alat laboratorium serta adanya infrastruktur laboratorium yang lengkap, istilah laboratorium dalam pengertian sederhana ialah suatu ruangan yang didalamnya terdapat sejumlah alat-alat dan bahan praktikum. Laboratorium haruslah memiliki sifat yang nyaman dan aman. Salah satu faktor keberhasilan praktikum di laboratorium ialah alat laboratorium. Alat laboratorium digunakan untuk memudahkan dan melancarkan berlangsungnya praktikum, pengetahuan mengenai penggunaan alat sangat diperlukan. Alat-alat laboratorium biasanya dapat rusak atau bahkan berbahaya jika penggunaannya tidak sesuai dengan prosedur (Andriani, 2016). Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan alat laboratorium untuk mempermudah praktikan dalam pemahaman penggunaan alat laboratorium saat menjalankan praktikum.

Pada alat-alat ukur yang digunakan untuk analisa kuantitatif terdapat dua kelompok

yaitu alat kuantitatif (alat-alat yang teliti) dan alat kualitatif (alat tidak teliti). Alat yang digunakan dalam pengukuran kualitatif adalah gelas ukur, erlenmeyer dan lainnya. Sedangkan alat yang digunakan dalam pengukuran kuantitatif volume adalah buret, pipet dan labu volumetrik. Satuan pengukuran yang biasa digunakan adalah mililiter dan liter. Ketepatan kerja volumetrik bergantung pada keakuratan volume cairan yang dapat diukur. Hal ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan akurasi penimbangan. Ada beberapa sumber kesalahan tertentu yang harus dipertimbangkan secara hati-hati (Iqbal and Satake, 2003).

Buret adalah salah satu alat laboratorium yang terbuat dari kaca berbentuk silinder yang biasa digunakan dalam analisis kimia kuantitatif. Buret memiliki fungsi yaitu untuk mengukur volume suatu cairan ataupun gas. Buret berbentuk silinder yang memiliki garis ukur atau skala seperti pipet ukur atau gelas ukur dan terdapat katup atau keran dibawahnya.

Buret digunakan untuk mengalirkan volume yang bervariasi. Volume diukur dengan mengisi buret dengan cairan ke bagian atas skala, membaca volume cairan, dan kemudian membaca volume lagi setelah cairan habis melalui keran. Dalam membaca buret garis pemisah disesuaikan sehingga bertepatan dengan meniskus cairan ketika dilihat pada tingkat yang sama (Iqbal and Satake, 2003). Saat menggunakan buret haruslah berhati-hati dalam proses titrasi terutama saat mengontrol keluarnya cairan dari keran pada saat melakukan titrasi. Maka dari itu untuk meminimalisir kesalahan tersebut diperlukan pengembangan pada alat buret tersebut.

Selama ini, pengukuran cairan dilakukan dengan alat ukur analog. Alat ukur yang mengukur dengan pembacaan analog sering kali menimbulkan ketidakpastian pengukuran. Hal ini disebabkan karena setiap individu melakukan pembacaan yang berbeda dan menyebabkan terjadinya *human error*. Untuk menghindari kesalahan manusia ini dan untuk mengefisiensi sistem, dibutuhkan sistem otomatis yang mengukur laju aliran dan volume air atau fluida lainnya (Goel *et al.*, 2021).

Instrumentasi modern yang dilengkapi dengan mikrokontroler cukup efektif dalam pengukuran dan pengumpulan data. Mikrokontroler merupakan alat motor pembelajaran yang canggih. Salah satu yang paling populer adalah Arduino, karena

cocok untuk orang yang tidak memiliki pengetahuan tentang elektronika. Alat tersebut dapat digunakan bersama dengan berbagai sensor berbiaya rendah untuk menghasilkan pengukuran yang akurat. Oleh karena itu, ini dianggap sebagai alat yang berharga untuk mengimplementasikan pekerjaan laboratorium dalam pendidikan sains (Papadimitropoulos *et al.*, 2021).

Solenoid valve merupakan katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan katup magnet yang dapat digerakkan oleh arus *Alternative Current* (AC) maupun *Direct Current* (DC) (Subandi, 2014). *Solenoid valve* merupakan keran yang bekerja secara elektromagnetik. Keran akan aktif bekerja apabila *input* rangkaian *solenoid valve* mendapat sinyal *high* yang akan mengaktifkan kerja dari katup yang terdapat pada *solenoid valve* (Kurniasih dkk., 2016). Pada penelitian ini, *solenoid valve* berfungsi untuk membuka dan menutup keran pada buret.

Saat ini penerapan sistem pengendalian laju alir sudah mulai berkembang dengan berbagai macam pengaplikasian dan metode yang digunakan. Beberapa penelitian berkaitan dengan sistem kendali dengan menggunakan sensor *flow rate*. Salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Gunawan (2018) tentang sistem monitoring dan kontrol pemakaian air PDAM. Pada penelitian ini menggunakan Wemos ESP-8266 sebagai mikrokontroler dan menggunakan sensor *water flow meter* YF-B1 untuk mengukur volume air yang dikeluarkan oleh konsumen PDAM dengan aplikasi android *Blynk* melalui ponsel pintar. Hasil pengujian pembacaan sensor pada penelitian ini bekerja dengan baik karena memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan hasil kalibrasi menggunakan gelas ukur.

Genialdi dan Syahrul (2019) juga melakukan penelitian yaitu membuat sistem kontrol dengan menggunakan sensor *flow rate* yang diaplikasikan untuk pengisian volume cairan dalam botol secara otomatis. Pada penelitian ini sensor *water flow* digunakan untuk mendeteksi aliran air serta volume yang akan dikeluarkan dan mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno, kemudian digerakkan dengan menggunakan motor *stepper* untuk menjalankan botol pada proses pengisian.

Junaidi *et al.* (2019) melakukan penelitian kontrol laju aliran dan volume fluida berbasis Arduino untuk sintesis *silver nanowires*. Sistem ini terdiri dari wadah yang berisi cairan, motor DC (*Direct Current*), *keypad* dan Arduino Uno yang berfungsi sebagai kontroler. Sistem ini mengendalikan *Pulse Width Modulation* (PWM) dan waktu jeda dari motor DC menggunakan Arduino. Sistem kontrol laju aliran dan volume fluida ini mengontrol seberapa besar volume fluida yang masuk ke dalam suatu ruangan untuk pencampuran larutan. Sistem ini memiliki tingkat akurasi 0,5 ml dan memiliki jangkauan pengukuran hingga 100 ml untuk satu kali proses. Sistem ini diaplikasikan pada bidang medis sebagai pengganti *syringe pump* dan laboratorium penelitian untuk mengontrol laju aliran pada sampel material.

Berdasarkan penjelasan di atas sistem pengendalian laju aliran dan volume air telah diaplikasikan diberbagai bidang. Namun, pengaplikasian dalam bidang pendidikan khususnya pada laboratorium masih cukup sedikit. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat pengembangan alat laboratorium pengukuran volume yaitu buret dimana akan dibuat sistem pengendalian laju aliran dengan memasukkan nilai volume dan waktu. Sistem pengendalian laju alir pada buret ini menggunakan *solenoid valve* untuk membuka dan menutup buret yang dikendalikan dengan Arduino Uno. Arduino akan mengirimkan perintah ke *relay* untuk mendeklarasikan saklar dengan *solenoid valve* yang berguna untuk katup aliran air menjadi aktif atau tidak aktif. Sistem ini dilengkapi *keypad* sebagai masukan dan *Liquid Crystal Display* (LCD) untuk menampilkan jumlah volume dan kecepatan yang telah di *input* melalui *keypad*.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana merancang sistem pengendali laju alir pada buret berbasis arduino?
2. Bagaimana menentukan tingkat akurasi, presisi dan linieritas dari buret yang dikembangkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan merealisasikan sistem pengendali laju alir pada buret menggunakan *solenoid valve* berbasis Arduino Uno.
2. Menganalisa tingkat akurasi, presisi dan linieritas pada sistem pengendali laju aliran buret berbasis arduino.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Terealisasikannya sistem pengendali laju alir buret berbasis Arduino Uno yang dapat memudahkan dalam penggunaan buret.
2. Meminimalisasi kesalahan dalam mengendalikan tetesan pada buret.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Buret yang digunakan dalam penelitian ini adalah buret berukuran 50 ml.
2. Arduino Uno sebagai pengendali *relay* untuk mendeklarasikan saklar dengan *solenoid valve* yang berguna untuk katup aliran air menjadi aktif atau tidak aktif.
3. Mengembangkan buret dengan *solenoid valve* berbasis Arduino uno yang dapat mengatur laju aliran dengan memasukkan nilai volume dan durasi menggunakan *keypad*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

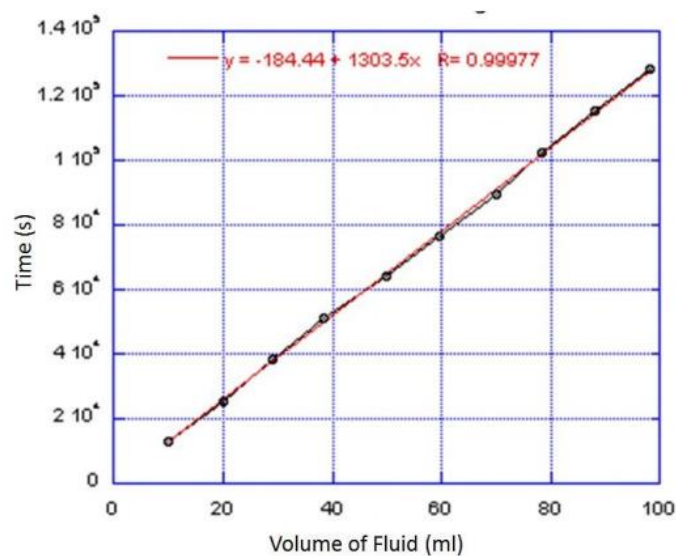
Penelitian terkait dengan sistem pengendalian laju alir telah dilakukan oleh beberapa peneliti, masing-masing memiliki karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Gunawan (2018) melakukan penelitian sistem monitoring distribusi air menggunakan android *Blynk* untuk memonitoring dan mengontrol jumlah pemakaian air, mendeteksi lokasi kebocoran dan menghitung biaya pemakaian air. Pada penelitian ini, debit air diukur dengan menggunakan sensor *flow meter*, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan dalam bentuk aplikasi pada *smartphone* berupa volume dan biaya. Pada penelitian ini sensor *flow meter* dapat berjalan dengan baik, namun dikarenakan tekanan laju air mempengaruhi putaran *impeller* pada sensor *flow meter*, harus dilakukan kalibrasi terhadap akurasi pada bacaan sensor tersebut.

Genialdi dan Syahrul (2019) melakukan penelitian membuat sistem kontrol otomatis pengisian volume cairan dalam botol. Penelitian ini menggunakan sensor *flow rate* yang digunakan untuk mendeteksi aliran air, jumlah volume yang akan dikeluarkan dan berfungsi untuk memberi instruksi untuk menutup pompa, serta mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Uno. Sistem kerja pada penelitian ini yaitu dimulai dengan Arduino yang akan mengirimkan perintah pada motor *stepper* agar bergerak searah sumbu x menuju pada botol pertama, pada saat pengisian *stepper* berhenti dan mikrokontroler akan mengirimkan perintah pada *water pump* agar memompa air yang kemudian aliran air membuat *water flow sensor* membaca data lalu mengirimkan kembali pada Arduino apakah kondisi

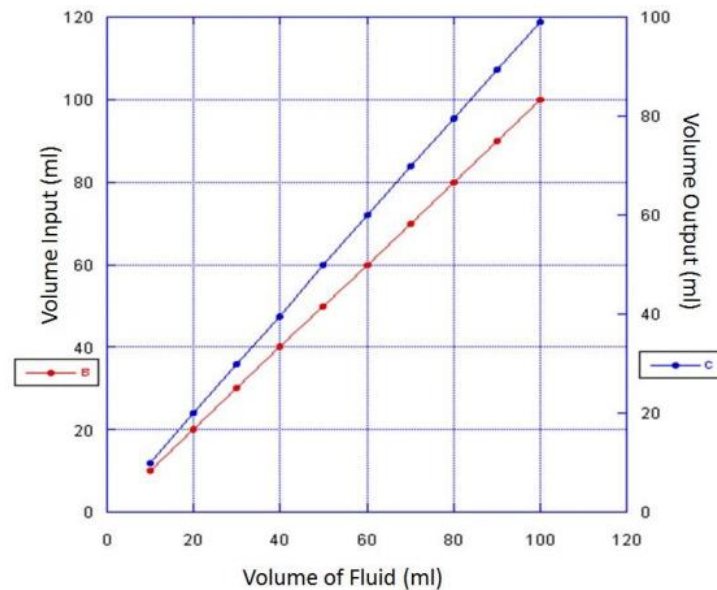
kondisi volume pada botol pengisian pertama dengan volume 330 ml sudah terpenuhi. Jika sudah terpenuhi, maka *stepper* kembali aktif dan bergerak hingga posisi pengisian botol kedua dengan volume 600 ml, jika kondisi sudah terpenuhi maka *stepper* Kembali aktif untuk bergerak pada pengisian botol ketiga dengan volume 1500 ml. Namun, pada sistem kerja alat ini hasil pengujian pengukuran sensor *water flow* masih kurang akurat yang disebabkan oleh faktor tegangan arus listrik yang tidak stabil.

Junaidi *et al.* (2019) melakukan penelitian kontrol laju aliran dan volume fluida berbasis arduino untuk sintesis kawat nano perak. Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan sistem kontrol volume berbasis Arduino sebagai kontroler untuk mengontrol *motor driver* yang dihubungkan dengan motor pompa DC, Arduino yang digunakan ialah Arduino Uno berbasis mikrokontroler ATmega328. Penelitian ini menggunakan motor DC (*direct current*) yang mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang akan menjadi tenaga penggerak air dari sumber air yang memasukkan nilai volume yang diinginkan dengan menggunakan *keypad*. Penelitian ini menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) yang secara umum merupakan teknik manipulasi lebar sinyal. Hasil penelitian ini diverifikasi dengan menggunakan gelas ukur untuk menghitung nilai akurasi, presisi, dan ketidakpastian. Hasil kalibrasi dari sistem ini ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Grafik kalibrasi hubungan antara volume dan waktu (Junaidi *et al.*, 2019)

Gambar 2.1 menunjukkan kalibrasi volume dan waktu yang diperoleh dari persamaan $y = 1303,5x - 184,44$, dengan x merupakan nilai volume yang diinginkan dan y merupakan nilai waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume yang diinginkan. Persamaan linieritas yang diperoleh dapat dimasukkan ke dalam program Arduino untuk mendapatkan nilai volume yang sama dengan masukan yang diberikan.



Gambar 2.2 Grafik perbandingan antara volume keluaran dengan volume masukan (Junaidi *et al.*, 2019)

Gambar 2.2 menunjukkan perbedaan antara nilai volume keluaran yang seharusnya diperoleh dengan hasil yang diperoleh dari pengukuran pada penelitian tersebut. Meskipun perbedaan yang diperoleh semakin kecil tetapi jika alat ukur tersebut digunakan untuk keperluan medis atau sintesis kimia yang berpengaruh pada nilai yang kecil, maka akan sangat berbahaya. Kemudian peneliti tersebut menambahkan nilai 500 ms (milisekon) pada persamaan yang diperoleh untuk meminimalisir *error*. Nilai volume keluaran yang diperoleh sesuai dengan volume masukan yang diinginkan. Setelah mendapatkan nilai keluaran yang sesuai dengan yang diinginkan alat ukur harus diuji jika diulang berkali-kali apakah bisa mendapatkan nilai yang sama.

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Buret

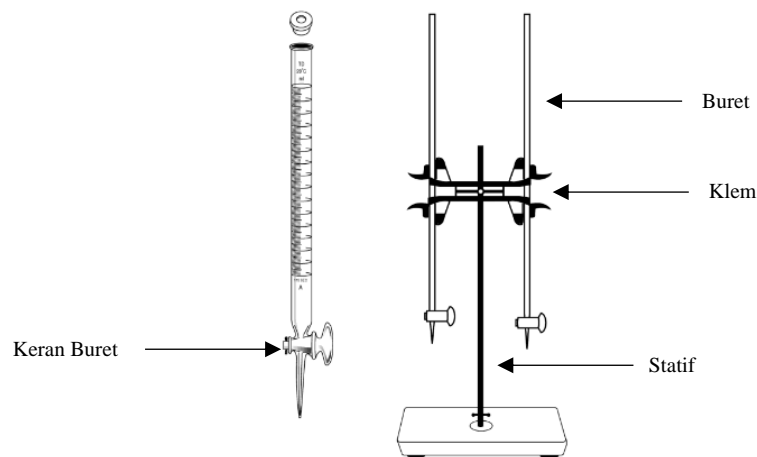
Alat ukur volume sering digunakan dalam suatu praktikum. Salah satu alat ukur volume yang banyak digunakan ialah buret. Buret merupakan alat labotatorim yang terbuat dari kaca atau *glassware* berbentuk silinder yang memiliki garis ukur dan sumbat keran pada bagian bawahnya (Kahar, 2022).

Buret digunakan untuk meneteskan sejumlah reagen cair dalam eksperimen yang memerlukan presisi tinggi seperti pada eksperimen titrasi, tetapi dalam keadaan tertentu juga dapat digunakan untuk mengukur volume suatu larutan (Ismail and Pernadi, 2022). Titrasi merupakan salah satu metode analisis suatu sampel dalam kimia yang disebut dengan analisis volumetrik (Khaldun, 2019).

Buret digunakan untuk mengukur jumlah larutan dalam jumlah yang bervariasi secara akurat. Penggunaan utamanya adalah dalam titrasi, dengan larutan standar ditambahkan ke larutan sampel hingga titik akhir. Buret secara khusus didesain untuk mengeluarkan larutan titrasi, dan membantu untuk mempermudah bagi mereka yang mengalami kesulitan dalam mengontrol pipet, dapat menggunakan buret sebagai pengganti yang nyaman untuk mengukur volume secara akurat larutan standar yang digunakan dalam pengukuran kolorimeter (Anonim, 2002).

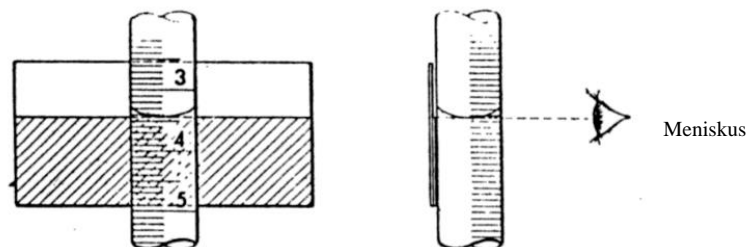
Akurasi buret lebih tinggi daripada gelas kimia atau labu *Erlenmeyer*. Buret memiliki tiga bagian yaitu terdiri dari bagian kepala, bagian batang, dan bagian sumbat keran. Bagian batang buret memiliki skala, bagian ini dapat dibuat dengan memanfaatkan bentuk grafik batang yang memiliki skala pada bagian sisinya (Khaldun, 2019).

Pada umumnya buret memiliki beberapa ukuran yaitu 10, 25 dan 50 ml. buret yang berisikan cairan menunjukkan kelengkungan pada permukaan atasnya, yang dikenal sebagai meniskus. Air raksa melengkung ke atas dan air melengkung ke bawah. Dalam pembacaan buret diharapkan selalu baca buret dua kali. Perbedaan antara pembacaan menunjukkan volume titrasi yang dikeluarkan (Anonim, 2002). Gambar buret ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Buret (Anonim, 2002)

Buret digunakan untuk mengalirkan volume yang bervariasi. Volume diukur dengan mengisi buret dengan cairan ke bagian atas skala, membaca volume cairan, dan kemudian membaca volume lagi setelah cairan habis melalui keran. Dalam membaca buret garis pemisah disesuaikan sehingga bertepatan dengan meniskus cairan ketika dilihat pada tingkat yang sama seperti pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Ilustrasi pembacaan buret (Khaldun, 2019)

2.2.2 Laju Alir

Debit atau laju alir merupakan jumlah volume air yang mengalir dalam waktu tertentu suatu penampang air, sungai, pipa atau keran. Aliran air dikatakan memiliki sifat ideal apabila air tidak dapat dimanfaatkan dan berpindah tanpa mengalami gesekan, hal ini berarti pada Gerakan air tersebut memiliki kecepatan yang tetap pada masing-masing titik dalam pipa dan gerakannya beraturan akibat pengaruh gravitasi bumi (Maulana dkk., 2018).

Pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung dan secara tidak langsung. Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan berupa alat pengukur arus maupun debit. Debit hasil pengukuran dapat dihitung segera setelah pengukuran selesai dilakukan. Pengukuran debit secara tidak langsung adalah pengukuran debit yang dilakukan dengan menggunakan rumus hidrolika (Ramadhan *et al.*, 2019).

Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, debit dilambangkan dengan Q dalam satuan ($l/detik$).

Debit dapat diperoleh melalui rumusan seperti pada Persamaan (2.1).

$$Q = A \cdot v \quad (2.1)$$

dengan Q merupakan jumlah fluida yang mengalir lewat suatu penampang tiap detik (m^3/s atau l/s), A merupakan luas penampang (m^2) dan v merupakan laju aliran fluida (m/s). Aliran fluida sering dinyatakan dalam debit aliran atau dapat dirumuskan seperti Persamaan (2.2).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.2)$$

dengan V merupakan volume (m^3) dan t adalah selang waktu (s). Prinsip penting dalam gerak fluida adalah persamaan kontinuitas, yang mengungkapkan kekalnya massa fluida. Debit fluida yang memasuki pipa sama dengan debit fluida yang keluar dari pipa, persamaan tersebut ditunjukkan pada Persamaan (2.3).

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2.3)$$

Dengan A_1 merupakan luas penampang bidang pertama, A_2 merupakan luas penampang bidang kedua, v_1 merupakan laju aliran pada bidang pertama dan v_2 merupakan laju aliran pada bidang kedua. Gerakan fluida dipengaruhi oleh gaya tekan (F_1) akibat tekanan P_1 (N/m^2) dan P_2 (N/m^2) serta akibat pengaruh gaya gravitasi. Setelah waktu Δt , fluida di ujung kiri telah menempuh jarak Δx_1 (m). Besarnya usaha (W_1) (N) yang dilakukan oleh gaya tekan akibat tekanan P_1 ditunjukkan pada Persamaan (2.4).

$$W_1 = F_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta t \quad (2.4)$$

Dengan cara yang sama, diperoleh usaha (W_2) dengan satuan N yang dilakukan oleh gaya tekan pada ujung tabung kanan yang ditunjukkan pada Persamaan (2.5).

$$W_2 = -P_2 A_2 \Delta t \quad (2.5)$$

Tanda negatif menyatakan bahwa gaya yang bekerja ke arah kiri sedangkan perpindahan ke arah kanan. Jadi, usaha total yang dilakukan oleh gaya-gaya tekan ini ditunjukkan pada Persamaan (2.6).

$$W_{tekan} = P_1 A_1 v_1 \Delta t - P_2 A_2 v_2 \Delta t \quad (2.6)$$

Di samping usaha oleh gaya tekan, fluida juga mengalami gaya gravitasi. Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi sehingga Persamaan (2.7) dan Persamaan (2.8).

$$W_{gravitasi} = -\Delta E_p = (m_2 g h_2 - m_1 g h_1) \quad (2.7)$$

$$W_{tekan} = -g(V\rho_2 h_2 - V\rho_1 h_1) \quad (2.8)$$

Dengan ΔE_p merupakan energi potensial ($Kg.m/s^2$), m_1 dan m_2 menyatakan massa fluida, g merupakan gravitasi (m/s^2), h_1 merupakan ketinggian pipa pertama dan h_2 merupakan ketinggian pada pipa kedua, ρ_1 merupakan massa jenis pertama dan ρ_2 merupakan massa jenis kedua. Karena fluida inkompresibel maka, usaha oleh gaya gravitasi menjadi Persamaan (2.9).

$$W_{gravitasi} = -\rho g V (h_2 - h_1) \quad (2.9)$$

Menurut prinsip usaha-energi, besarnya usaha total (akibat gaya tekan ditambah gravitasi) sama dengan perbedaan energi kinetik ΔE_k ($Kg.m^2/s^2$), sehingga diperoleh Persamaan (2.10) hingga Persamaan (2.12).

$$W_{total} = \Delta E_k \quad (2.10)$$

$$W_{tekan} + W_{gravitasi} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \quad (2.11)$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (2.12)$$

Dengan P_1 merupakan tekanan pada pipa pertama, P_2 merupakan tekanan pada pipa kedua, ρ adalah massa jenis fluida v_1 adalah kecepatan fluida pada pipa pertama, v_2 adalah kecepatan fluida pada pipa kedua, h_1 merupakan ketinggian pipa pertama dan h_2 merupakan ketinggian pada pipa kedua (Rohman, 2021).

2.2.3 Mikrokontroler

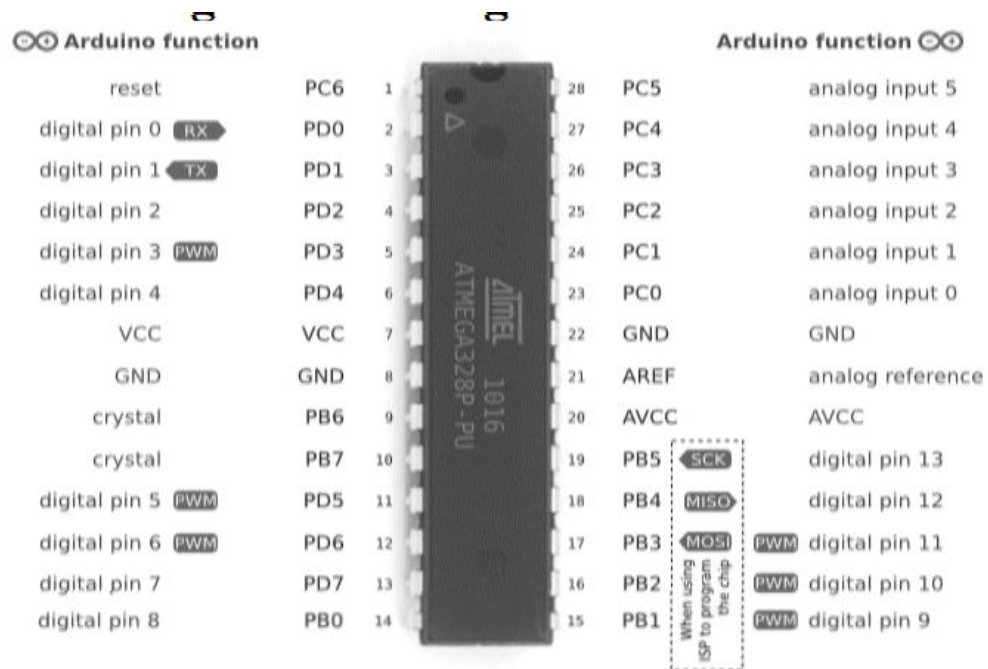
Mikrokontroler berasal dari kata “*micro*” yang berarti kecil dan “*control*” yang berarti kendali, maka mikrokontroler dapat diartikan sebagai pengendali kecil (Dalimunte dan Sitorus, 2021). Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mikroprosesor dimana didalamnya terdapat *Central Processing Unit* (CPU), *Read Only Memory* (ROM), antar muka *input-output* (*I/O Interface*), *clock*, dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam suatu chip yang siap digunakan (Assaad dkk., 2015).

Mikrokontroler adalah sirkuit terpadu yang ringkas yang dirancang untuk mengontrol proses tertentu, menerima sinyal dari berbagai macam sensor dan berinteraksi dengan aktivator. Mikrokontroler dapat digunakan untuk akuisisi data dari berbagai sensor, atau sumber analog lainnya, setelah diperlukan pengkondisian sinyal analog. Data yang diperoleh oleh mikrokontroler dapat diproses secara lokal dan kemudian ditransfer ke komputer pribadi dengan *port* serial (Papadopoulos and Jannakoudakis, 2016).

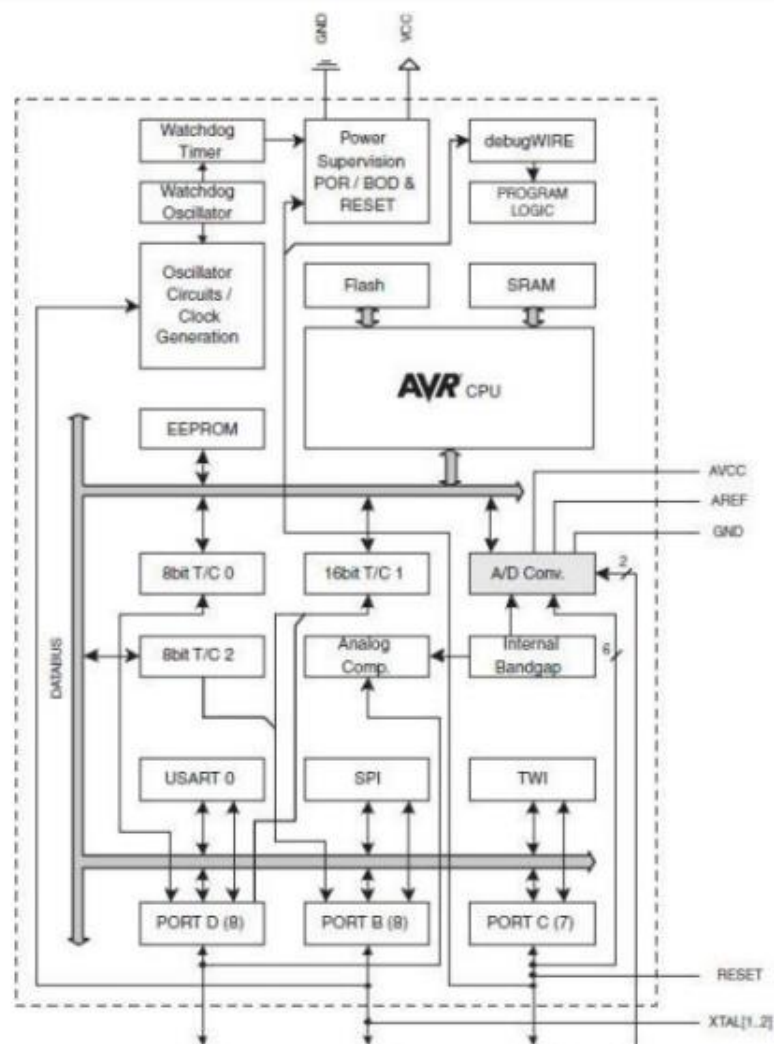
Saat ini pemanfaatan mikrokontroler sangat populer di bidang kendali dan instrumentasi elektronik. Mikrokontroler dalam aplikasinya digunakan sebagai pengendali secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remot kontrol, mesin kantor, peralatan olahraga, alat berat dan mainan (Dalimunte dan Sitorus, 2021).

Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source* yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam Arduino memiliki prosesor Atmel *Atmega* dan menggunakan perangkat lunak dan Bahasa sendiri. Perangkat keras dalam Arduino memiliki beberapa jenis yang memiliki kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis Arduino disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan (Pebers dkk., 2022).

Arduino memiliki banyak jenis, salah satu jenis Arduino yang paling banyak digunakan adalah Arduino Uno. Arduino Uno adalah salah satu jenis Arduino yang mudah didapat dan harganya terjangkau. Arduino Uno terdiri dari mikrokontroler ATMEGA328P dan terdapat versi terakhir yang dibuat yaitu versi R3 (Junaidi dan Prabowo, 2018). Mikrokontroler ATMEGA 328P dan blok diagram dari mikrokontroler ATMEGA 328P ditunjukkan pada **Gambar 2.5** dan **Gambar 2.6**.

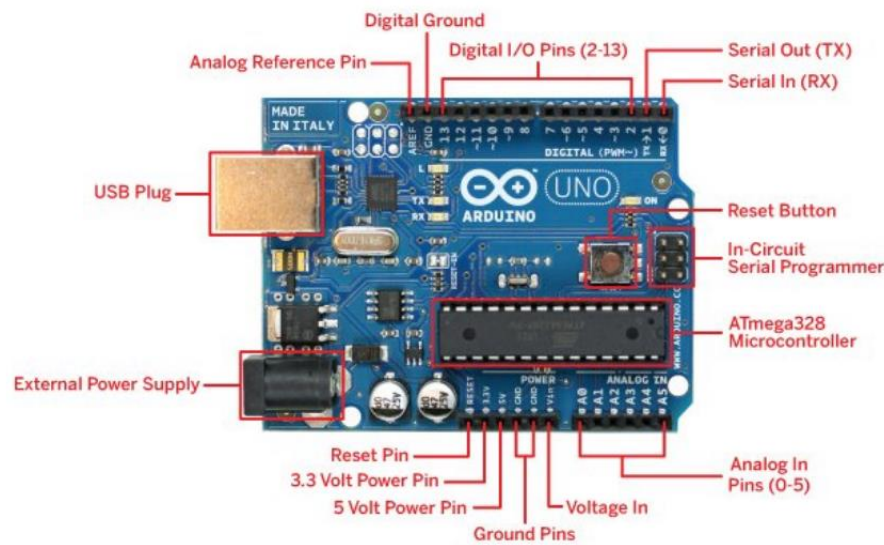


Gambar 2.5 Mikrokontroler ATMEGA 328P (Fatoni dkk., 2015)



Gambar 2.6 Blok diagram mikrokontroler ATMEGA 328P (Fatoni dkk., 2015)

Arduino Uno memiliki 14 pin digital masukan maupun keluaran (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM), 6 masukan analog (Angga dkk., 2022). Arduino Uno dilengkapi dengan osilator 16 MHz, regulator 5 V, konektor *Universal Serial Bus* (USB), konektor catu daya, *header In-Circuit Serial Programming* (ICSP), dan tombol *reset*, *Static Random Access Memory* (SRAM) berukuran 2 kB, *flash memory* berukuran 32 kB dan *Erasable Programmable Read-Only Memory* (EPROM) untuk menyimpan data. Pada Arduino Uno terdapat sejumlah pin yaitu 0-13 yang merupakan masukan digital dan pin A0-A5 yang merupakan input analog (Subagyo dan Suprianto, 2017). Modul dari Arduino Uno ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Arduino Uno R3 (Risal, 2017)

Adapun bagian-bagian dari papan Arduino Uno antara lain:

1. Pin *input/output* digital (diberi label 0 hingga 13)

Pin *input/output* ini merupakan pin digital, yaitu pin yang bekerja pada level tegangan digital (0 V hingga 5 V) baik untuk *input* ataupun *output*. Namun pada beberapa pin *output* analog, yang dapat mengeluarkan tegangan analog 0 V hingga 5 V, pin tersebut adalah pin 3,5,6,9,10 dan 11, selain itu untuk pin 0 dan 1 juga memiliki fungsi khusus sebagai pin komunikasi serial.
2. Pin *input* analog (A0 hingga A5)

Pin tersebut dapat menerima input tegangan analog antara 0 V hingga 5 V, tegangan ini akan direpresentasikan sebagai bilangan 0 – 1023 dalam program.
3. Pin untuk sumber tegangan

Kelompok pin ini merupakan kumpulan pin yang berhubungan dengan sumber tenaga, misalnya output 5 V, output 3,3 V, *Ground* (terdapat 2 pin) dan *Vref* (tegangan referensi untuk pembacaan *Analog to Digital Converter* (ADC) internal).
4. IC ATmega328

Integrated Circuit (IC) ini bertindak sebagai pusat kendali pemrosesan data
5. IC ATmega16U

IC ini berfungsi untuk menangani komunikasi data dengan PC melalui port USB
6. Jack USB

Merupakan soket *Universal Serial Bus* (USB) tipe B sebagai penghubung data serial dengan *Personal Computer* (PC).

7. Jack *Power*

Merupakan soket untuk catu daya eksternal antara 9 V hingga 12 V DC.

8. Port ICSP

Port ini digunakan untuk memprogram Arduino tanpa *bootloader*.

9. Tombol *Reset*

Digunakan untuk memuat ulang papan mikrokontroler Arduino untuk memulai program dari awal.

(Bahrin, 2017).

2.2.4 *Solenoid valve*

Solenoid valve atau katup listrik merupakan katup yang dikendalikan oleh energi listrik, mempunyai koil sebagai penggerakannya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC melalui kumparan atau solenoida. *Solenoid valve* adalah katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya yang mana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran A atau B dari *solenoid valve* akan keluar udara yang berasal dari P atau *supply*, pada umumnya *solenoid valve* mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC (Joi dan Anggraini, 2013).

Solenoid valve merupakan elemen kontrol yang sering digunakan untuk mengontrol sistem fluida. Seperti pada sistem *pneumatic*, sistem *hidrolic* ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen control otomatis. Contohnya pada sistem *pneumatic*, *solenoid valve* digunakan untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju *actuator pneumatic (cylinder)*. Contoh lainnya yaitu pada sebuah tandon air *solenoid valve* digunakan sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tersebut tidak sampai kosong (Nainggolan dan Caniago, 2023). Pada perancangan ini, *solenoid valve* digunakan sebagai alat untuk membuka dan

menutup kran air. Spesifikasi dari *Solenoid valve* yang digunakan pada penelitian dan perancangan alat ini sebagai berikut:

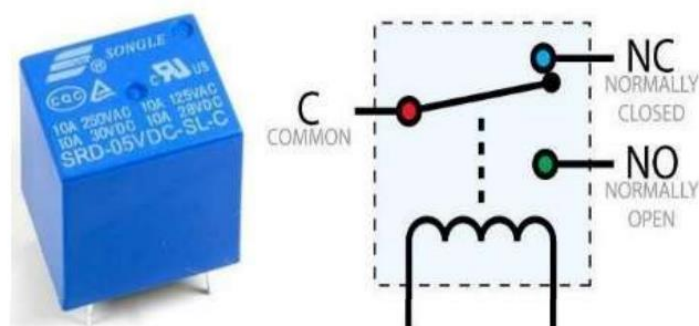
Tabel 2.1 Spesifikasi *mini solenoid valve*

Paramater	Spesifikasi
Arus	400mA
Tegangan kerja	5 – 6 V
Daya	3 Watt
Tekanan maksimal	0,2 MPa

Solenoid valve memiliki 2 buah saluran yaitu saluran masuk (*inlet port*) dan saluran keluar (*outlet port*). Saluran masuk berfungsi sebagai lubang masukan cairan atau air, saluran keluar berfungsi sebagai terminal atau tempat keluarnya cairan (Manukalo dkk., 2022).

2.2.5 Modul *Relay*

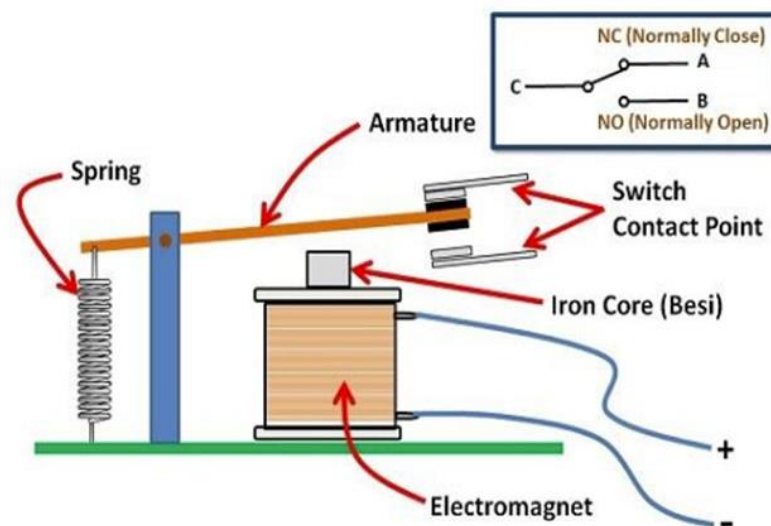
Relay adalah bagian dari sistem proteksi tenaga listrik yang berupa sakelar (*switch*) yang dioperasikan semi otomatis. *Relay* merupakan komponen elektromekanik yang memiliki 2 bagian utama yaitu elektromagnet yang berupa koil dan mekanika yang berupa seperangkat kontak sakelar. *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak sakelar sehingga dengan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi (Farasi dkk, 2019). Modul *relay* ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 *Relay* (Farasi dkk., 2019)

Relay memiliki fungsi yaitu untuk memutuskan dan menghubungkan suatu rangkaian elektronika yang satu dengan rangkaian elektronika yang lainnya atau merupakan jenis saklar elektromagnetik. *Relay* terdiri dari *coil* dan *contact*. *Coil* adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedangkan *contact* adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil* (Rahardi dkk., 2018).

Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu elektromagnet (*coil*), *armature*, *switch Contact Point* (saklar) dan *spring*. Bagian-bagian *relay* ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Struktur *relay* (Shafitri dkk., 2022)

Coil adalah gulungan kawat yang mendapat arus Listrik, sedangkan *contact* adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*. *Contact point* pada *relay* terdiri dari 2 jenis yaitu, *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *Close* (tertutup) dan *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum di aktifkan akan selalu berada di posisi *Open* (terbuka) (Rahardi dkk., 2018). Berdasarkan **Gambar 2.9**, sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* yang diberikan arus Listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi

saklar yang dapat menghantarkan arus Listrik di posisi *Normally Open* (NO). Posisi Dimana *armature* tersebut berada sebelumnya (Shafitri dkk, 2022).

Relay dapat memutuskan dan menghubungkan *supply* ke peralatan Listrik lainnya. Rangkaian *driver* ini didesain sesuai program mikrokontroler Dimana terdapat sinyal kontrol dari mikrokontroler (Friansyah dkk., 2021).

2.2.6 *Liquid Crystal Display* (LCD) OLED Arduino

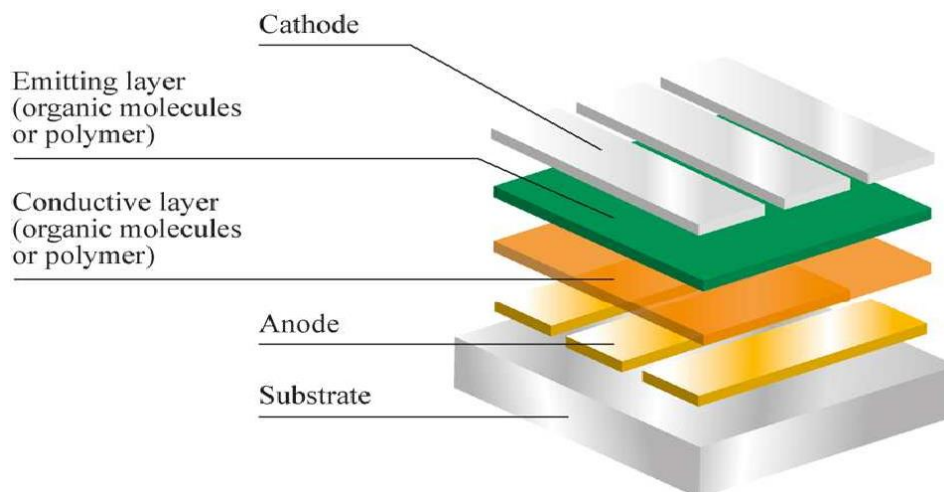
Organic Light Emitting Diode (OLED) telah mendapatkan banyak perhatian di seluruh dunia sebagai jenis teknologi layar terbaru. OLED memiliki banyak keunggulan dibandingkan teknologi layar konvensional. OLED adalah perangkat konversi energi (listrik ke cahaya) berdasarkan elektroluminesensi. Elektroluminesensi adalah pancaran cahaya dari benda padat yang dilalui arus listrik.

Keunggulan dari LCD OLED ini yaitu, proses fabrikasinya mudah dan perangkat lebih tipis dan ringan daripada yang dibuat oleh teknologi layar tabung sinar katoda (*Cathode Ray Tube* atau CRT). Terdapat beberapa keunggulan dibandingkan *Liquid Crystal Display* (LCD) yaitu OLED dapat dilihat dari berbagai sudut dan tidak membutuhkan lampu latar. Keunggulan OLED lainnya yaitu tegangan penggerak dan konsumsi daya yang rendah (Patel and Prajapati, 2014).

LCD OLED memiliki beberapa kelebihan diantaranya mampu memberikan cahaya yang lebih terang dan jelas serta penggunaan daya lebih efisien dibanding dengan teknologi *Light Emitting Diode* (LED) (Muslimin dan Winardi, 2021).

Karena sifatnya yang unggul seperti ringan, fleksibel, transparan dan kemampuan menyelaraskan warna, OLED menjadi sumber cahaya modern yang ideal. Perangkat ini memancarkan cahaya ketika dirangsang emisi yang diperoleh dari listrik. Layer OLED terdiri dari elektroluminesensi organik (dibuat oleh molekul kecil atau polimer). Elektroluminesensi pertama kali diamati pada tahun 1950-an Ketika *acridine* orange dan *quinacrine* mengalami arus bolak-balik tegangan tinggi. Pada pengamatan ini menunjukkan bahwa perangkat elektroluminesensi yang bergantung pada bahan organik sangat menarik (Singh and Vishwakarma, 2014). Perangkat ini memiliki ketebalan 100 nm hingga 500 nm dan merupakan perangkat

semikonduktor bentuk padat yang terdiri dari lapisan konduksi dan lapisan emisif, semuanya diapit diantara dua elektroda dan diendapkan pada substrat (Karzazi, 2014). Struktur komponen OLED ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2. 10 Struktur komponen OLED (Karzazi, 2014)

Lapisan konduksi terbuat dari molekul plastik organik yang mengangkut “lubang” dari anoda. Lapisan emisif adalah lapisan senyawa organik yang mengangkut elektron dari katoda dan memancarkan cahaya menanggapi arus listrik. Konduksi pada lapisan organik didorong oleh delokalisasi elektron π yang disebabkan oleh konjugasi pada seluruh atau sebagian molekul organik. Oleh karena itu, tingkat konduksi dalam molekul organik dapat bervariasi dari bentuk isolator ke konduktor. Antarmuka antara dua lapisan menyediakan tempat yang efisien untuk rekombinasi pasangan lubang elektron yang disuntikkan dan hasilnya elektroluminesensi. Dengan demikian, OLED adalah perangkat injeksi muatan ganda yang membutuhkan pasokan simultan baik elektron dan lubang ke bahan elektroluminesensi yang diapit di antara dua elektroda (Karzazi, 2014).

OLED merupakan *Light Emitting Diode* (LED) dimana lapisan *emissive electroluminescent* merupakan lembaran senyawa organik yang akan memancarkan cahaya bila dilalui arus elektrik. Lapisan bahan semikonduktor organik ini diletakkan di antara dua elektroda. Umumnya salah satu elektroda tersebut tembus pandang (Setyawan, 2017).

Layar OLED merupakan layar yang memiliki panel. Panel yang dimiliki bukanlah sembarang panel melainkan panel yang memiliki kandungan elemen-elemen organik yang mampu memancarkan cahaya saat dialiri listrik. Pada umumnya layar OLED banyak digunakan pada perangkat elektronik seperti televisi dan ponsel pintar. Layar OLED dikenal sebagai teknologi yang dapat memberikan konsumsi daya, imbasnya layar ini dapat menghasilkan level warna hitam lebih pekat dan dalam. Dengan kata lain layar OLED tidak memerlukan sinar latar yang digunakan untuk menampilkan layar (Ismail dkk., 2022).

LCD OLED yang digunakan pada penelitian ini adalah LCD OLED I2C 1,3". Pemrograman modul OLED ini menggunakan mikrokontroler Arduino yang berkomunikasi I2C. LCD ini berukuran kecil yaitu 1,3", namun memiliki tingkat kontras cahaya yang tinggi sehingga mampu menampilkan tulisan dan gambar yang mudah terbaca.

LCD OLED 1,3" ini memiliki resolusi 128×64 *pixel*. Untuk mengirim atau menerima data/perintah dari mikrokontroler, layar ini menggunakan *interface* perifer *Inter Integrated Circuit (I2C)* atau *Serial Peripheral Interface (SPI)*. Layar ini juga menggunakan *chip* pengontrol *Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)* bertipe SSD1306 yang dilengkapi dengan kontrol kontras, *Random Access Memory (RAM) display* dan isolator yang dapat mengurangi komponen luar dan konsumsi daya. Layar ini memiliki tegangan operasi VCC 3,3 V sampai 5 V dan hanya memiliki 4 pin agar mempermudah untuk menghubungkan dengan mikrokontroler (Kodali and Mahesh, 2016). LCD OLED ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 LCD OLED (Kodali and Mahesh, 2016)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksana

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2023 hingga Januari 2024. Kegiatan penelitian ini terdiri dari studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, pengambilan data, dan analisis hasil. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan ke-)			
		1	2	3	4
1.	Studi Literatur dan pembuatan proposal penelitian	■			
2.	Perancangan sistem	■	■		
3.	Pengujian sistem		■	■	
4.	Pengambilan data			■	
5.	Analisis data dan pembuatan laporan akhir			■	■

Tempat pelaksanaan pembuatan alat dan pengambilan data dilaksanakan di Ruang *Workshop* Laboratorium Fisika Dasar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Alat-alat Penelitian

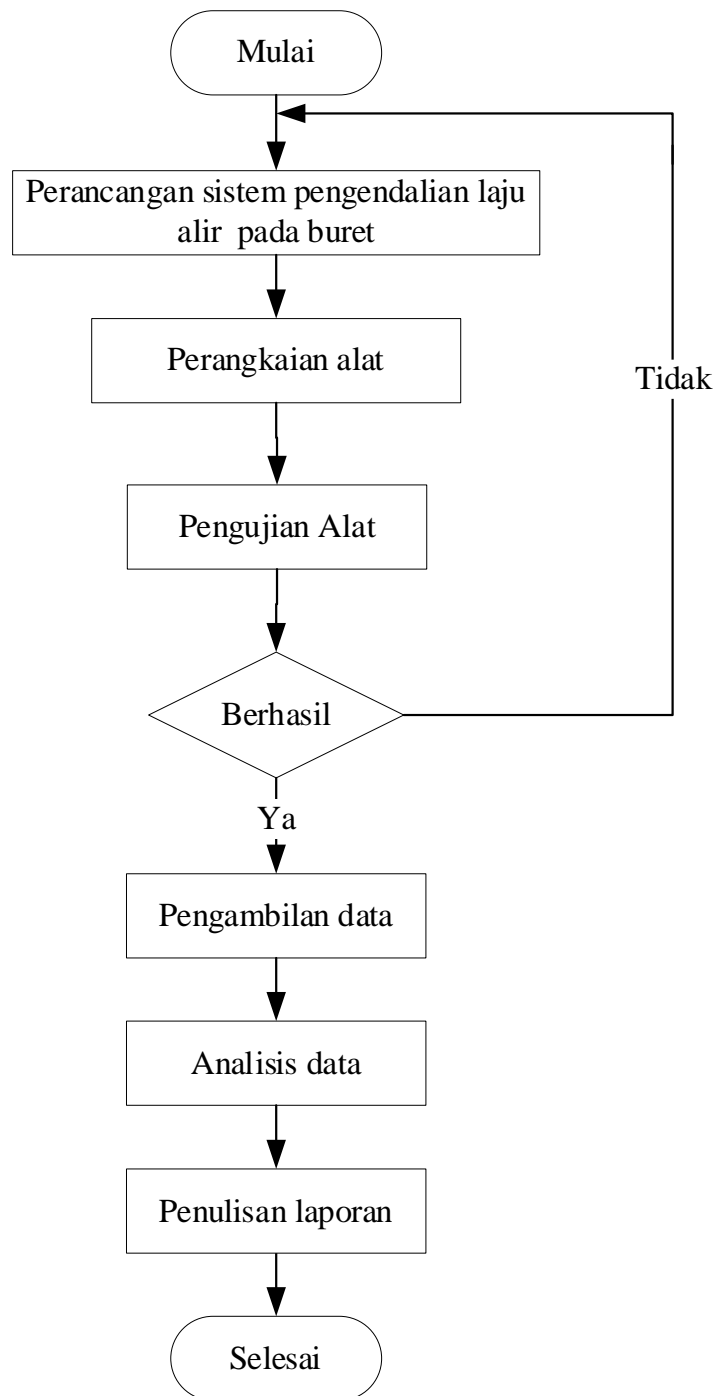
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur sebagai kalibrasi *solenoid valve*, *Personal Computer* (PC) digunakan untuk memasukkan algoritma dan pemrograman pada Arduino Uno dan solder digunakan untuk memasang komponen pada rangkaian.

3.2.2 Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Solenoid valve*, digunakan sebagai katup untuk mengalirkan cairan, arduino uno, digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengolah sinyal masukan dari *solenoid valve*, modul *relay 1 channel* yang digunakan untuk menyambung dan memutuskan arus pada *solenoid valve*, LCD OLED 1,3” yang digunakan sebagai menampilkan masukan nilai volume yang diinginkan dan *keypad*, digunakan sebagai masukan nilai volume yang diinginkan.

3.3 Prosedur Penelitian

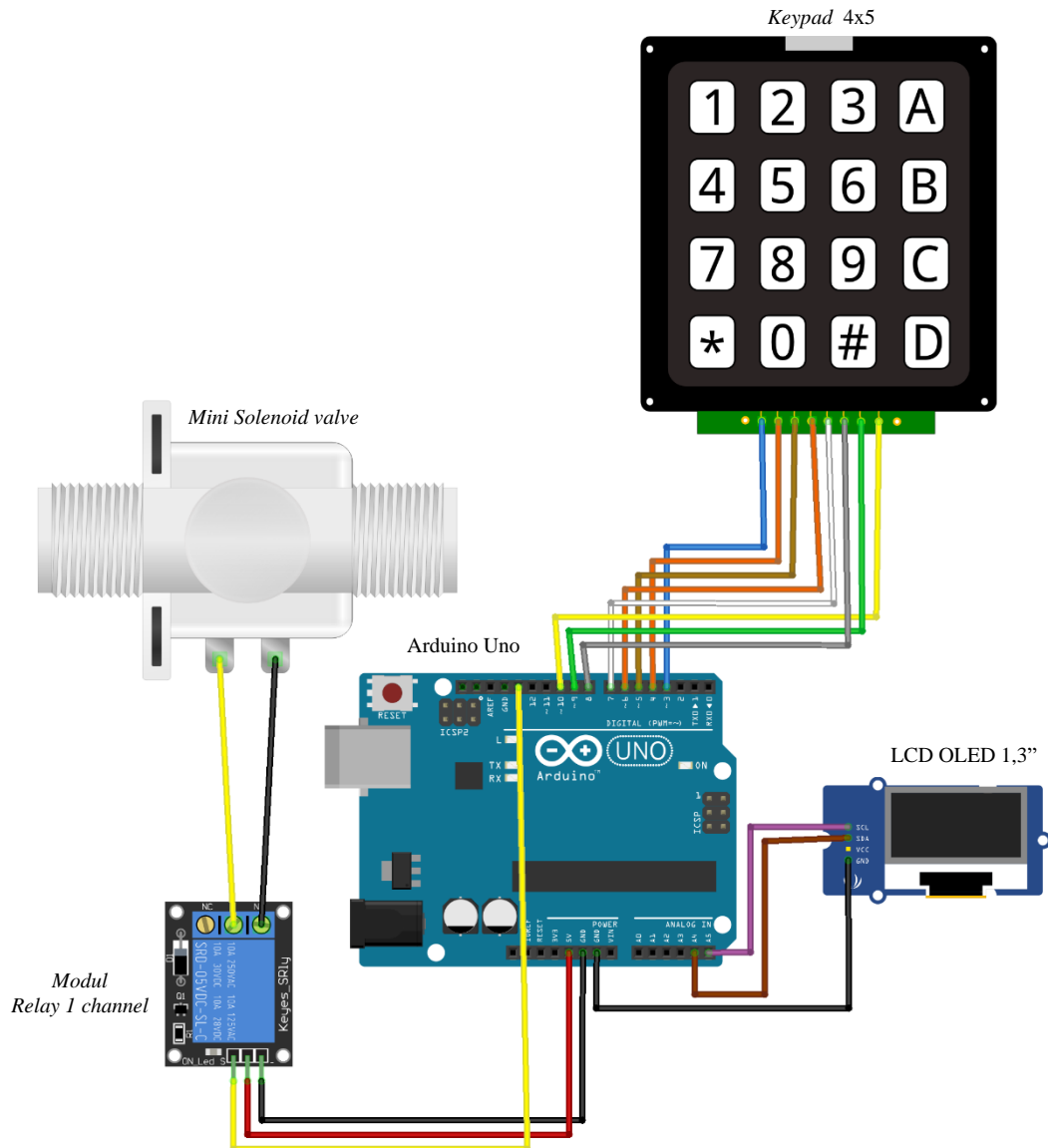
Metode yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, pengambilan data serta analisis hasil. Untuk keseluruhan proses perancangan dan pembuatan alat sistem pengendalian kecepatan tetesan pada buret dengan menggunakan *solenoid valve* berbasis mikrokontroler Arduino Uno disajikan dalam diagram alir pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Perancangan alat sistem pengendalian kecepatan tetesan pada buret diawali dengan membuat skema sistem pengendalian kecepatan tetesan pada buret. Sistem pengendalian kecepatan pada buret ini terdiri atas buret, *mini solenoid valve*, Arduino Uno, *relay*, LCD dan *keypad*. Berikut ini adalah skema rancangan sistem

pengendalian kecepatan tetesan pada buret yang akan digunakan ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.

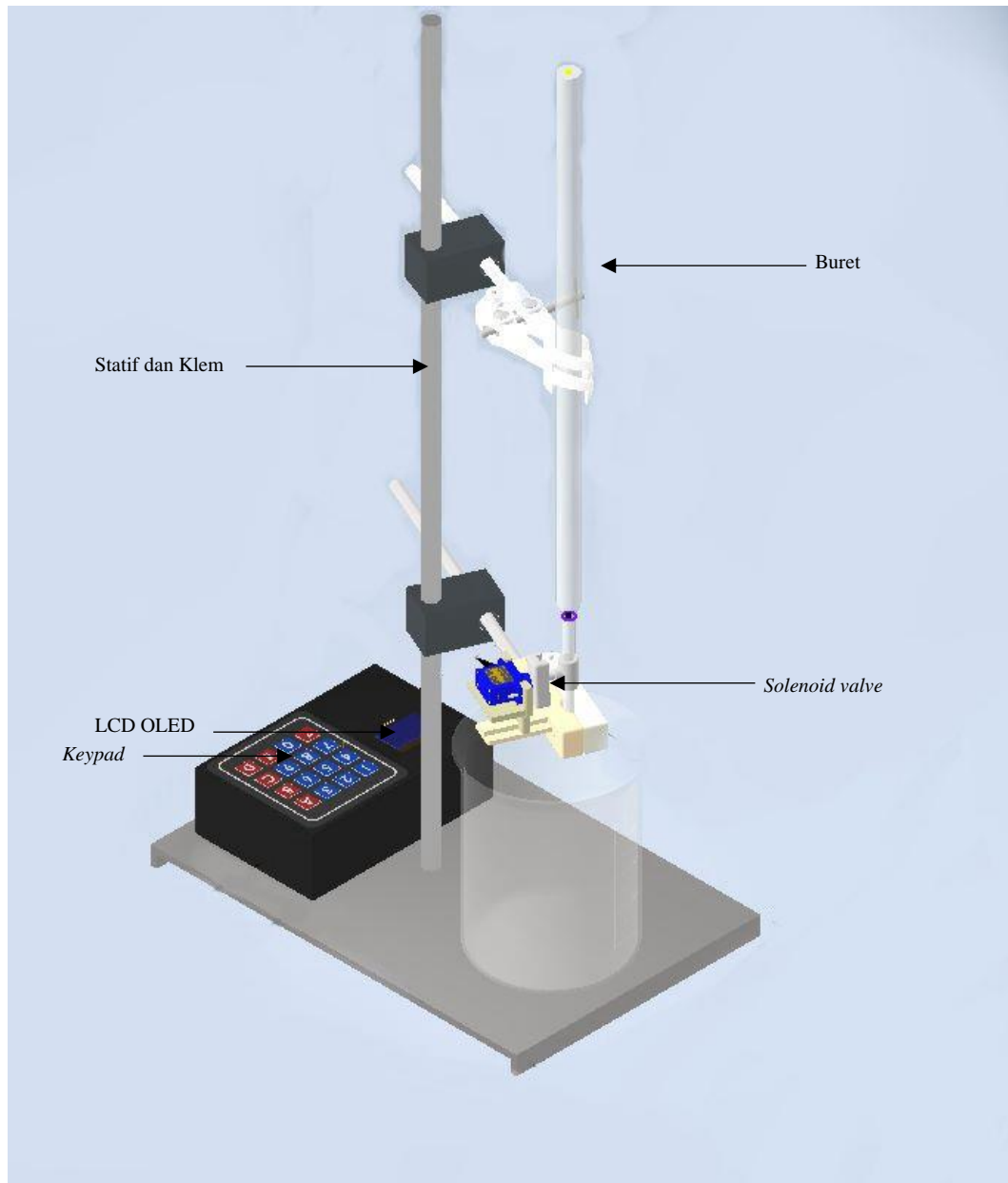


Gambar 3.2 Skema rancangan sistem

Pengujian pada sistem pengendalian yang telah dibuat bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat berjalan dengan baik atau tidak. Selain itu pengujian juga bertujuan agar mengetahui kualitas sistem tersebut.

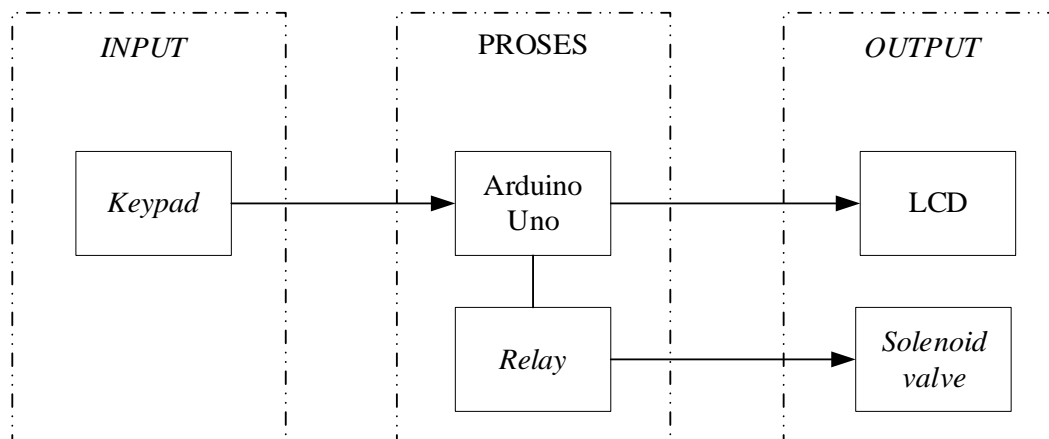
3.3.1 Desain dan Perancangan Alat

Pada penelitian ini didesain dan dirancang sebuah alat sistem kendali kecepatan tetesan pada buret dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno berbasis *solenoid valve*. Adapun tampilan dari alat sistem pendalian kecepatan tetesan pada buret ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Desain sistem pengendali laju alir pada buret

Berikut ini merupakan diagram blok rancangan sistem pengendalian laju alir pada buret yang akan digunakan ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3 4 Diagram blok sistem

Pada perancangan sistem kendali kecepatan tetesan buret menggunakan buret berukuran 50 ml yang diletakkan pada *stand* buret. Pada bagian keran buret dihubungkan dengan *solenoid valve* yang dikontrol oleh *relay* yang diproses mikrokontroler Arduino uno dan data tersebut akan ditampilkan pada LCD. Kemudian *keypad* 4x5 sebagai komponen yang berfungsi untuk memasukkan nilai volume dan durasi keluaran pada buret.

3.3.2 Pengujian Alat

Sebelum alat sistem pengendalian debit buret dengan menggunakan *solenoid valve* dapat digunakan untuk mengukur volume dan waktu untuk memberikan debit yang diinginkan, alat akan diuji terlebih dahulu. Pengujian dilakukan dengan mengukur hasil keluaran volume (ml) dari sistem yang telah dirangkai dengan waktu jeda (*delay close*) tiap tetesan yang berbeda dimulai dari 1 detik hingga 6 detik dalam durasi 60 detik. Variasi durasi buka katup (*delay open*) yang digunakan adalah 40 ms dan 50 ms. Pengujian pada penelitian ini dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali dan menggunakan air sebagai sampel uji coba. Volume air akan diukur dengan menggunakan alat ukur yaitu gelas ukur berukuran 10 ml. Adapun tabel hasil nilai uji alat yang ditunjukkan pada **Tabel 3.2** dan grafik uji alat pada **Gambar 3.5**.

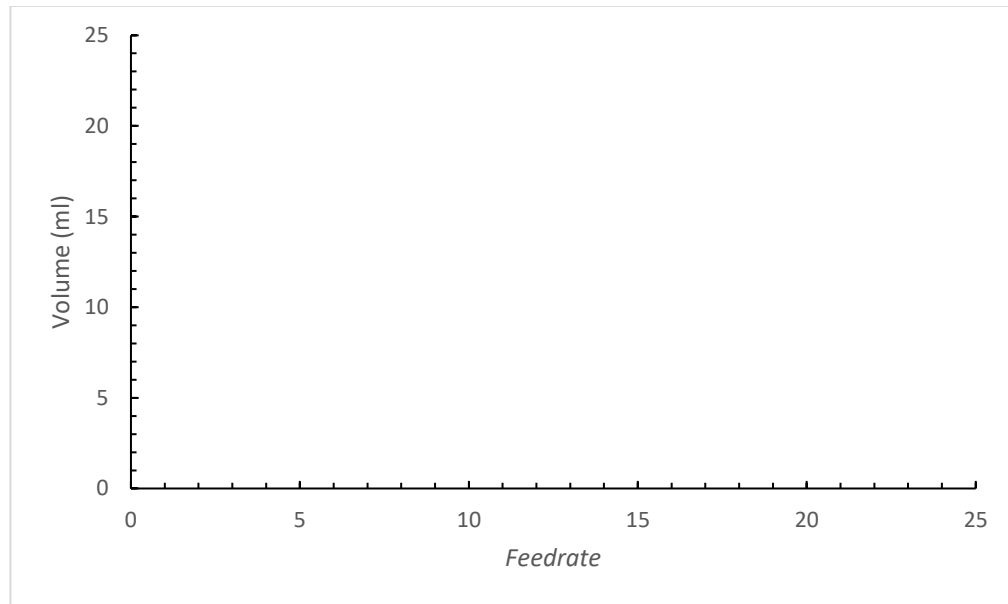
Tabel 3.2 Nilai uji alat menggunakan gelas ukur dengan *delay open* 40 ms

<i>Delay close</i> (ms)	1 <i>V</i> (ml)	2 <i>V</i> (ml)	3 <i>V</i> (ml)	4 <i>V</i> (ml)	5 <i>V</i> (ml)	Jumlah tetesan	Volume / tetes (ml)
1000							
1500							
2000							
2500							
3000							
3500							
4000							
4500							
5000							
5500							
6000							

Tabel 3.3 Nilai uji alat menggunakan gelas ukur dengan *delay open* 50 ms

<i>Delay close</i> (ms)	1 <i>V</i> (ml)	2 <i>V</i> (ml)	3 <i>V</i> (ml)	4 <i>V</i> (ml)	5 <i>V</i> (ml)	Jumlah tetesan	Volume / tetes (ml)
1000							
1500							
2000							
2500							
3000							
3500							
4000							
4500							
5000							
5500							
6000							

membandingkan hasil keluaran dari sensor dengan gelas ukur. Parameter yang diuji adalah volume air yang dikeluarkan oleh sensor dalam rentang waktu tertentu. Kemudian untuk mendapatkan nilai *error*, akurasi dan presisi dari pembacaan sensor dengan nilai alat ukur ditunjukkan pada Persamaan (3.1) – (3.3).



Gambar 3.5 Grafik uji alat

3.3.3 Pengambilan dan Analisis

Sistem pengendalian debit buret ini dilakukan untuk mengendalikan keluaran volume dan waktu yang dibutuhkan. Pengambilan data dilakukan dengan membandingkan hasil masukan pada *keypad* dengan hasil keluaran yang dihasilkan pada sistem. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali yaitu menginput 3 volume yang berbeda 5 ml, 10 ml dan 15 ml dengan variasi durasi yang dimulai dari 120 sekon (2 menit) hingga 300 sekon (5 menit) dengan menggunakan air sebagai sampel uji coba. Pengulangan dilakukan sebanyak 5 kali sehingga mendapatkan nilai *error*, akurasi dan presisi. Untuk mendapatkan nilai *error*, akurasi dan presisi digunakan Persamaan (3.1) hingga Persamaan (3.3).

$$\% \varepsilon = \left| \frac{Y - x_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\% A = \left(1 - \left| \frac{Y - x_n}{Y} \right| \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\% P = \left(1 - \left| \frac{x_n - \bar{x}_n}{\bar{x}_n} \right| \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan ε merupakan nilai *error* atau galat, A merupakan akurasi, P adalah presisi, Y adalah nilai *input* (%) referensi dan x_n adalah nilai *output* terukur ke- n (%) dan \bar{x}_n merupakan nilai *output* rata-rata dari x_n (%) (Jones andko Chin, 1991).

Berikut ini merupakan Tabel data pengujian sistem kendali kecepatan tetesan pada buret yang ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.4 Data uji kesesuaian masukan pada *keypad* dengan keluaran

V_{input} (ml)	t (s)	V_{output} (ml)	Q ml/s	ε (%)	A (%)	P (%)
5	120					
	150					
	180					
	210					
	240					
	270					
	300					
10	120					
	150					
	180					
	210					
	240					
	270					
	300					
15	120					
	150					
	180					
	210					
	240					
	270					
	300					

Dengan V merupakan volume (ml), t adalah durasi atau waktu (s) dan Q merupakan nilai debit (ml/s).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diambil simpulan sebagai berikut.

1. Rancang bangun sistem pengendalian laju alir buret menggunakan *solenoid valve* berbasis arduino uno telah berhasil direalisasikan dengan menggunakan *keypad* sebagai *input* nya.
2. Sistem pengendalian laju alir buret menggunakan *solenoid valve* berbasis arduino uno bekerja dengan baik. Sistem ini memiliki nilai *error* sebesar 1,0% dengan tingkat akurasi 99,0% dan tingkat presisi sebesar 98,9% dalam variabel volume. Namun, sistem ini memiliki rata-rata regresi dalam variabel debit sebesar 0,99978.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian dan perkembangan riset selanjutnya adalah mengganti modul *relay* dengan sistem *switching* yang lebih baik untuk menurunkan persentase *error* pada sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Amna, E. 2017. Laboratorium sebagai Sarana Pembelajaran Kimia dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Keterampilan Kerja Ilmiah. *Lantanida Journal*, 5(1), 84–92.
- Andriani, R. 2016. Pengenalan Alat-alat Laboratorium Mikrobiologi untuk Mengatasi Keselamatan Kerja dan Keberhasilan Praktikum. *Jurnal Mikrobiologi*, 1(1), 1–7.
- Anonim. 2002. *Simplified Procedures for Water Examination*. American Water Works Association. Denver.
- Angga, M., Alam, H., Angga, M., Widya, H., Kunci, K., Uno, A., & Pir, S. 2022. Penggunaan Arduino Uno untuk Mendeteksi *In* dan *Out* Pengunjung Ruang Kantor. *Journal of Electrical Technology*, 7(2), 96–99.
- Assadad, R. T., Iswanto dan Sadad, J. A. 2015. Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengendali Lift Empat Lantai. *Jurnal Semesta Teknik*, 14(2), 160–165.
- Asmawati, E. Y. (2014). Mengukur Laju Air Keluar dari Botol pada Tiap Lubang dengan Ketinggian Tertentu. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 2(1), 57–62.
- Bahrin. 2017. Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno pada Universitas Ichsan Gorontalo. *Jurnal Ilmiah*, 9(3), 282–289.
- Dalimunte, B., dan Sitorus, P. 2021. Pengembangan *Prototype Traffic Light* Mikrokontroler Berbasis Arduino Mega pada Mata Pelajaran Teknik Pemrograman Mikroprosesor dan Mikrokontroler di SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan. *Journal of Electrical Vocational Teacher Education*, 1(1), 10.
- Fatoni, A., Nugroho, D. D., dan Irawan, A. 2015. Rancang Bangun Alat Pembelajaran *Microcontroller* Berbasis ATMEGA 328 di Universitas Serang Raya. *Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 2(1), 10–18.
- Farasi, D., Ismail, M., dan Kartika, B. 2015. Rancang Bangun Alat Pembelajaran *Microcontroller* Berbasis ATMEGA 328 di Universitas Serang Raya. *Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 2(1), 10–18.

- Friansyah, I. G., Safe'I, dan Waidah, D. F. (2021). Implementasi Sistem Bluetooth Menggunakan Android dan Arduino untuk Kendali Peralatan Elektronik. *Jurnal TIKAR*, 2(2), 121–127.
- Genialdi, A. dan Syahrul. 2019. Sistem Kontrol Otomatis Pengisian Cairan. *Jurnal Teknik Informatika*, 5(1), 23–34.
- Goel, C., Agrawal, A., Gahlot, A., Vishen, B. S., dan Shukla, M. 2021. *Real-time Water Management System Using Arduino*. 9(3), 4951–4957.
- Gunawan, D. 2018. Sistem Monitoring Distribusi Air Menggunakan Android Blynk. *Information Technology Engineering Journals*, 3(1), 1–2.
- Gunawan, I. 2019. Manajemen Pengelolaan Alat dan Bahan di Laboratorium Mikrobiologi. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 1(1), 19.
- Ismail, D., Anisah, M., dan Amperawan. 2022. Perancangan Sarung Tangan Menggunakan Sistem *Discovery ID* Berbasis *Wireless Network* untuk Mencegah Kehilangan Anggota dalam Pendakian. *Jurnal Teknika*, 16(01), 17–23.
- Ismail, I. A., and Pernadi, N. L. 2022. Introduction Of Laboratory Tools and Their Benefits for Student in The Chemistry Laboratory (Performance Aspect). *International Journal of Academic Pedagogical Research*, 6(4), 47–51.
- Iqbal, S. A., andje Satake, M. 2003. *An Introduction to Analytical Chemistry*. Discovery Publishing House. New Delhi.
- Joi, I., dan Anggraini, T. 2013. Aplikasi Pengisian Bak Air dan Kran Otomatis dengan Mikrokontroler. *Jurnal Elektron*, 5(1), 43–52.
- Jones, L. D., and Chin, A. F. 1991. *Electronics Instruments and Measurements*. Prentice-Hall. New Jersey.
- Junaidi, dan Prabowo, Y. D. 2018. *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino*. Aura. Bandar Lampung.
- Junaidi, Yusuf, A. S., Iffah, P. Y. D., Pauzi, G. A., Surtono, A., Suciyati, S. W., Warsito, Triyana, K., and Khairurrijal. 2019. Flow Rate and Volume Control of Fluid Based on Arduino for Synthesis of Silver Nanowires. *Journal of Physics: Conference Series*, 1338(1), 1-5.
- Kahaar, F. 2022. *Buku Ajar Instrument Dasar*. Eureka Media Aksara. Purbalingga.
- Karzazi, Y. 2014. Organic Light Emitting Diodes: Devices and Applications. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(1), 1–12.
- Khaldun, I. 2019. *Aplikasi Microsoft Excel pada Program Titrasi Volumetri*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh.

- Kodali, R. K., and Manesh, K. S. 2016. Low Cost Monitoring Using ESP8266. *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*. 779-782.
- Kurniasih, S. S., Triyanto, D., dan Brianorman, Y. 2016. Rancang Bangun Alat Pengisi Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding Siskom Untan*, 04(1), 43–52.
- Manukalo, M. N. N., Prabowo, M. B., Muhaidin, M., dan Rahman, M. F. 2023. Prototipe Wastafel Otomatis Berbasis Arduino dan Sensor Ultrasonik. *ELECTROPS : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 16.
- Maulana, G., G., Pancono, S., dan Mia, A. 2018. Desain dan Implementasi Sistem Pengendalian Otomatis untuk Mengatur Debit Air pada Prototipe Bendung sebagai Pencegahan Banjir. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 4(3), 2443–2229.
- Muslimin, W. A. K., dan Winardi, S. 2021. Rancang Bangun Alat Ukur Tinggi Badan dengan Display OLED dan Bersuara Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknologi Informas*, 1(1), 1-6.
- Nainggolan, M., dan Caniago, D. P. 2023. Desain Pengisian Tangki Penyimpanan Air Otomatis Menggunakan Selenoid Valve Berbasis Arduino dan Sensor Air. *Jurnal Quacom*, 1(1), 7-14.
- Ndruru, R. E., Situmorang, M., dan Tarigan, G. 2014. Analisa Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Produksi Padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika*, 2(1), 71–83.
- Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K., and Pavlatou, E. A. 2021. Teaching Chemistry with Arduino Experiments in a Mixed Virtual-Physical Learning Environment. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 30(1), 550-556.
- Papadopoulos, N. J., and Jannakoudakis, A. 2016. A Chemical Instrumentation Course on Microcontrollers and Op Amps. Construction of pH Meter. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 93(7), 1323-1325.
- Patel, B. N., and Prajapati, M. M. 2014. OLED: A Modern Display Technology. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(1), 2250–3153.
- Pebers, M. A., Wahyudi, B., Olla, P. K., dan Ningtias, D. R. 2022. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Alkohol Portabel pada Pernafasan Manusia Menggunakan Arduino Nano. *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, 15(2), 393–402.
- Rahardi, R., Triyanto, D., dan Suhardi. (2018). Perancangan Sistem Keamanan Sepeda Motor dengan Sensor Fingerprint, SMS Gateway, Dan GPS Tracker Berbasis Arduino Dengan Interface Website. *Jurnal Coding*, 6(03), 118–127.
- Ramadhan, A. B., Sumaryo, S., and Piramadhi, R. A. 2019. Design and Implementation of Water Discharge Measurements Using an Iot-Based Water

Flow Sensor. *Telkatika: Jurnal Telekomunikasi Elektro Komputasi & Informatika*, 6(2), 2623–2630.

Risal, A. 2017. *Buku Ajar Fluida Berbasis Creative Responsibility*. Nasya Expanding Management. Pekalongan.

Rohman, A. 2021. *Buku Ajar Fluida Creative Responsibility*. NEM. Pekalongan.

Setyawan, L. B. 2017. Prinsip Kerja dan Teknologi OLED. *Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 16(02), 121–132.

Shafitri, A., Suhardianto & Mashuri, A. (2022). Perancangan Pengendali Lampu Kantor Berbasis Internet of Thing. *Jurnal Prosisko*, 9(1), 53-59.

Singh, A., and Vishwakarma. 2012. Organic Light Emitting Diodes: Materials, Fabrications and Applications. *Journal of Science and Research*, 3(6), 577-581.

Subagyo, L. A., dan Suprianto, B. 2017. Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(3), 213–221.

Subandi. (2014). Sistem Aplikasi Kran Otomatis Untuk Penghematan Air Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 6(2), 203–210.