

**PRODUKSI ALAT *ORBITAL SHAKER* DENGAN PENGATUR WAKTU
DAN KECEPATAN PUTAR MENGGUNAKAN POTENSIOMETER
BERBASIS ARDUINO UNO**

(Skripsi)

Oleh

**ICHA ARUM VICIAS
NPM 1917041022**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PRODUKSI ALAT *ORBITAL SHAKER* DENGAN PENGATUR WAKTU DAN KECEPATAN PUTAR MENGGUNAKAN POTENSIOMETER BERBASIS ARDUINO UNO

Oleh

Icha Arum Vicias

Telah direalisasikan pembuatan alat *orbital shaker* yang digunakan untuk mencampurkan larutan dengan gerakan satu arah. Alat *orbital shaker* dirancang menggunakan motor DC sebagai penggerak, *driver* motor L298N, Arduino Uno sebagai prosesor, potensiometer untuk mengatur nilai kecepatan dan waktu putar, *seven segment* TM1637 untuk menampilkan nilai yang diatur tersebut, serta *push button* sebagai tombol *start* dan *reset*. Pengujian alat *orbital shaker* diawali dengan menginput nilai PWM pada potensiometer, lalu mengukur nilai kecepatan putar motor DC (rpm) menggunakan *tachometer*. Pengujian yang telah dilakukan diperoleh bahwa pada saat nilai *input* PWM ditambahkan, nilai kecepatan putar motor DC juga akan bertambah. Selanjutnya, pengujian kalibrasi alat yaitu kalibrasi nilai kecepatan putar (rpm) dan waktu dengan cara membandingkan nilai yang diinput potensiometer dengan nilai yang terukur alat standar. Hasil yang didapatkan dari pengujian kalibrasi kecepatan putar yaitu nilai *error* rata – rata sebesar 1,09%, akurasi 98,91%, dan presisi 99,77%, sedangkan pada kalibrasi waktu didapatkan nilai *error* rata – rata 2,45%, akurasi 97,55%, dan presisi 99,99%. Kemudian, melakukan pengujian kecepatan putar dengan menggunakan beban larutan sebesar 100 – 1000 g dan setiap kelipatan 100 g dilakukan pengujian kecepatan putar dari 240 – 360 rpm. Hasil yang didapatkan yaitu pada saat diberikan beban, nilai kecepatan putar yang diinput dengan yang terukur *tachometer* terjadi penurunan. Alat *orbital shaker* dapat berputar dengan *range* kecepatan putar sebesar 240 – 374 rpm dan waktu maksimal 90 menit dengan beban maksimal 1000 g.

Kata Kunci : *orbital shaker*, motor DC, potensiometer, Arduino Uno.

ABSTRACT

PRODUCTION OF AN ORBITAL SHAKER DEVICE WITH TIME AND ROTATIONAL SPEED CONTROL USING POTENTIOMETER BASED ON ARDUINO UNO

By

Icha Arum Vicias

The creation of the orbital shaker apparatus, used for mixing solutions with unidirectional motion, has been successfully realized. The orbital shaker is designed with a DC motor as the driving mechanism, an L298N motor driver, an Arduino Uno as the processor, a potentiometer for adjusting speed and rotation time values, a TM1637 seven-segment display for showing the set values, and push buttons for start and reset functions. The testing of the orbital shaker begins by inputting PWM values via the potentiometer and measuring the rotational speed of the DC motor (in rpm) using a tachometer. The testing has demonstrated that when the PWM input values are increased, the DC motor's rotational speed also increases. Subsequently, the calibration testing of the apparatus involves calibrating the rotational speed values (rpm) and time by comparing the input values from the potentiometer with the values measured by a standard device. The results obtained from the rotational speed calibration testing include an average error of 1.09%, accuracy of 98.91%, and precision of 99.77%. In the time calibration testing, an average error of 2.45%, accuracy of 97.55%, and precision of 99.99% were obtained. Next, speed testing was conducted using a solution load ranging from 100 to 1000 grams, with increments of 100 grams, and rotational speed testing from 240 to 360 rpm. The results showed that when a load was applied, there was a decrease in the measured rotational speed compared to the input speed. The orbital shaker can operate within a rotational speed range of 240 to 374 rpm and has a maximum runtime of 90 minutes with a maximum load of 1000 grams.

Keywords : *orbital shaker, DC motor, potentiometer, Arduino Uno.*

**PRODUKSI ALAT *ORBITAL SHAKER* DENGAN PENGATUR WAKTU
DAN KECEPATAN PUTAR MENGGUNAKAN POTENSIOMETER
BERBASIS ARDUINO UNO**

Oleh

ICHA ARUM VICIAS

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PRODUKSI ALAT *ORBITAL SHAKER*
DENGAN PENGATUR WAKTU DAN
KECEPATAN PUTAR MENGGUNAKAN
POTENSIOMETER BERBASIS ARDUINO
UNO**

Nama Mahasiswa : **Ichia Arum Dicias**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041022

Jurusan : Fisika

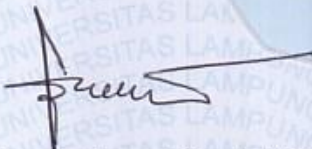
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

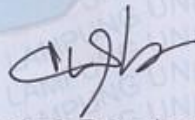
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

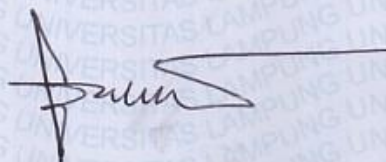


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP.198010102005011002



Humairoh Ratu Ayu, M.Si.
NIP. 199011252019030218

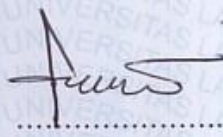
2. Ketua Jurusan Fisika




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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

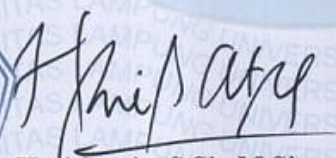
Ketua : **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.** 

Sekretaris : **Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.** 

Penguji Utama : **Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 September 2023**

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

Bandar Lampung, 12 September 2023



Icha Arum Vicias
NPM. 1917041022

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Icha Arum Vicias. Penulis dilahirkan pada tanggal 29 Maret 2001 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Wasiat S.Pd., M.M.Pd. dan Ibu Eni Sriatun.

Penulis mengawali Pendidikan formal di TK Diniyyah Putri Lampung pada tahun 2006 hingga tahun 2007. Penulis melanjutkan Pendidikan di SD Negeri 2 Sumberejo pada tahun 2007 hingga 2013. Kemudian, penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2013 sampai tahun 2016. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 7 Bandar Lampung pada tahun 2016 hingga tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh Pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi), dimana pada tahun 2021 penulis diamanahkan sebagai Sekretaris Bidang Minat dan Bakat. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. PLN (Persero) Unit

Pelaksana Pembangkitan Tarahan dengan judul “Pengoperasian dan Analisa Proksimat pada Batubara menggunakan *Thermogravimetric Analyzer* (TGA) 701 di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Tarahan” dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Nibung, Kecamatan Gunung Pelindung, Lampung Timur pada tahun 2022.

MOTTO

"Kamu tidak harus menjadi hebat untuk memulai, tetapi kamu harus mulai untuk menjadi hebat"

-Zig Ziglar-

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh - sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Allah lah hendaknya kamu berharap"

(Q.S. Al - Insyirah : 6-8)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT., skripsi ini dipersembahkan kepada :

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Bapak Wasiat S.Pd., M.M.Pd. dan Ibu Eni Sriatun

Yang selalu mendo'akan dan menyayangiku sepenuh hati serta selalu mendukung dan memberikan semangat selama mengerjakan skripsi sampai dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana.

Kakakku Tersayang

Dea Ayu Pangesti S.Pd.

Yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan selama ini serta selalu menjadi teman saat suka dan duka.

Keluarga Besar dan Teman – teman

Yang selalu memberikan semangat dan dorongan untuk dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana.

Para Dosen dan Civitas Akademika

Yang telah memberikan dukungan, ilmu, dan membimbing sehingga dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana.

Alamamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Produksi Alat *Orbital Shaker* dengan Pengatur Waktu dan Kecepatan Putar Menggunakan Potensiometer Berbasis Arduino Uno”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 12 September 2023

Penulis

Icha Arum Vicias

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'aalaamiin, puji syukur kehadirat Allah SWT., karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Produksi Alat *Orbital Shaker* dengan Pengatur Waktu dan Kecepatan Putar Menggunakan Potensiometer Berbasis Arduino Uno”. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, semangat, dan bimbingannya agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada :

1. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas kesediannya memberikan bimbingan, ilmu, saran, dan motivasi kepada penulis.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II atas kesediannya memberikan bimbingan, ilmu, saran, dan motivasi kepada penulis.
3. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
5. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

7. Bapak dan Ibu dosen serta staff Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
8. Kedua orang tua penulis, Bapak Wasiat S.Pd., M.M.Pd., Ibu Eni Sriatun, dan kakakku Dea Ayu Pangesti S.Pd., atas do'a dan kasih sayang selama ini serta selalu memberikan semangat, dukungan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Teman – teman dekat yaitu, Laela, Sasmita, Eka, Zakiyyah, Nur Tasya, Demila, Dian, Nindy, Fara, Debby, Tasya, Puteri, Ayesta, Aliffia, Rizky, Ridwan, Arian, Jarod, Louis, yang selalu menghibur, memberikan semangat serta dorongan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh teman – teman angkatan 2019 Jurusan Fisika yang selalu memberikan semangat serta dorongan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan – kekurangan dalam pembuatan penelitian ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, kritik dan saran sangat dibutuhkan agar dapat menjadi lebih baik di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah ilmu pengetahuan bagi para pembaca.

Wassalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 12 September 2023

Penulis

Icha Arum Vicias

NPM. 1917041022

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 <i>Shaker</i> (Pengaduk)	8
2.2.1 <i>Vortex Shaker</i>	9
2.2.2 <i>Platform Shaker</i>	10
2.2.3 <i>Incubator Shaker</i>	10
2.2.4 <i>Orbital Shaker</i>	11
2.3 Arduino Uno	12
2.4 Motor DC	14
2.4.1 Bagian – Bagian Motor DC	15
2.4.2 Prinsip Kerja Motor DC	16
2.5 <i>Driver</i> Motor DC L298N	17
2.6 Potensiometer	19
2.6.1 Prinsip Kerja Potensiometer	20
2.6.2 Jenis – Jenis Potensiometer	21
2.7 <i>Seven Segment</i>	23
2.8 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	26
III. METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.3 Tahapan Penelitian	30
3.3.1 Sketsa Alat <i>Orbital Shaker</i>	32
3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	34
3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	37
3.4 Tahapan Pengujian	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Hasil Realisasi Alat <i>Orbital Shaker</i>	44
4.2 Pengujian Sistem	47
4.2.1 Pengujian Potensiometer	47
4.2.2 Pengujian <i>Seven Segment</i> TM1637	48
4.2.3 Pengujian <i>Power Supply</i>	50
4.2.4 Pengujian Motor DC	51
4.2.5 Pengujian Kalibrasi Waktu Putar	63

V. KESIMPULAN	65
5.1 Simpulan.....	65
5.2 Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno	14
Tabel 2. 2 Spesifikasi <i>Driver</i> Motor L298N	19
Tabel 3. 1 Alat – alat yang digunakan.....	29
Tabel 3. 2 Bahan – bahan yang digunakan.....	30
Tabel 3. 3 Rancangan Hubungan Nilai PWM terhadap Kecepatan Motor DC (rpm).....	39
Tabel 3. 4 Rancangan Hasil Kalibrasi Kecepatan Putar Motor DC	41
Tabel 3. 5 Rancangan Hasil Pengujian Kecepatan Putar Motor DC dengan Beban.....	42
Tabel 3. 6 Rancangan Pengujian Kalibrasi Waktu Putar	43
Tabel 4. 1 Spesifikasi Motor DC <i>Gearbox Planetary</i>	51
Tabel 4. 2 Hubungan Nilai PWM terhadap Kecepatan Motor DC (rpm) Tanpa Beban.....	57
Tabel 4. 3 Pengujian Kalibrasi Kecepatan Putar Motor DC (rpm)	60
Tabel 4. 4 Pengujian Kecepatan Putar Motor DC dengan Beban	62
Tabel 4. 5 Pengujian Kalibrasi Waktu Putar	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 <i>Vortex Shaker</i>	9
Gambar 2. 2 <i>Platform Shaker</i>	10
Gambar 2. 3 <i>Incubator Shaker</i>	11
Gambar 2. 4 <i>Orbital Shaker</i>	11
Gambar 2. 5 <i>Arduino Uno</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Motor DC</i>	15
Gambar 2. 7 <i>Bagian – bagian Motor DC</i>	15
Gambar 2. 8 <i>Kaidah Tangan Kanan Arah Medan Magnet, Arus, dan Gaya</i>	17
Gambar 2. 9 <i>Pin Input dan Output Driver Motor L298N</i>	18
Gambar 2. 10 <i>Rangkaian Pembagi Tegangan (Potensiometer)</i>	20
Gambar 2. 11 <i>Cara Kerja Potensiometer</i>	21
Gambar 2. 12 <i>Potensiometer Geser</i>	22
Gambar 2. 13 <i>Potensiometer Putar (Rotary)</i>	22
Gambar 2. 14 <i>Potensiometer Trimmer</i>	23
Gambar 2. 15 <i>Bentuk Susunan Karakter Display 7 Segment</i>	24
Gambar 2. 16 <i>Rangkaian Internal Display 7 Segment Common Anoda</i>	24
Gambar 2. 17 <i>Rangkaian Internal Display 7 Segment Common Cathoda</i>	25
Gambar 2. 18 <i>Bentuk Fisik Display 7 Segment</i>	25
Gambar 2. 19 <i>Duty Cycle</i>	26
Gambar 2. 20 <i>Duty Cycle Source</i>	27

Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3. 2	Sketsa Alat <i>Orbital Shaker</i>	33
Gambar 3. 3	Sketsa Alat <i>Orbital Shaker</i> Tampak Depan dan Atas	33
Gambar 3. 4	Sketsa Alat <i>Orbital Shaker</i> Tampak Samping dan Belakang.....	34
Gambar 3. 5	Diagram Blok Alat <i>Orbital Shaker</i>	35
Gambar 3. 6	Rangkaian Alat <i>Orbital Shaker</i>	36
Gambar 3. 7	Diagram Alir Pemrograman	38
Gambar 3. 8	Rancangan Grafik Hubungan PWM terhadap Kecepatan Motor DC (rpm)	40
Gambar 3. 9	Rancangan Grafik Kalibrasi Pengukuran Kecepatan Putar Motor DC	41
Gambar 3. 10	Rancangan Grafik Pengukuran Kecepatan Putar Motor DC dengan Beban	42
Gambar 4. 1	Realisasi Alat <i>Orbital Shaker</i>	44
Gambar 4. 2	Tampilan Belakang Alat <i>Orbital Shaker</i>	45
Gambar 4. 3	Tampilan Rangkaian Mekanik Alat <i>Orbital Shaker</i>	46
Gambar 4. 4	Tampilan Dalam Alat <i>Orbital Shaker</i>	46
Gambar 4. 5	Pengujian Potensiometer	47
Gambar 4. 6	Pengujian <i>Seven Segment</i> TM1637	49
Gambar 4. 7	Hasil Pengujian Tegangan <i>Power Supply</i>	50
Gambar 4. 8	Penurunan Tegangan menggunakan <i>Stepdown</i>	50
Gambar 4. 9	Motor DC <i>Gearbox Planetary</i>	51
Gambar 4. 10	Digital <i>Tachometer</i> PH-200L	53
Gambar 4. 11	Bentuk Sinyal PWM (a) <i>Duty Cycle</i> 3,97%, (b) <i>Duty Cycle</i> 27,5%, (c) <i>Duty Cycle</i> 51%, (d) <i>Duty Cycle</i> 74,5%, (e) <i>Duty Cycle</i> 99,6%	58
Gambar 4. 12	Grafik Hubungan Nilai PWM terhadap Kecepatan Putar (rpm) ..	59
Gambar 4. 13	Grafik Pengujian Kalibrasi Kecepatan Putar Motor DC (rpm) Tanpa Beban	61
Gambar 4. 14	Grafik Pengujian Kecepatan Putar Motor DC dengan Beban	63
Gambar 4. 15	Grafik Pengujian Kalibrasi Waktu Putar	64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dapat membantu dan mempermudah kehidupan manusia. Kemajuan teknologi dibidang elektronika berpengaruh dalam pembuatan alat - alat canggih sehingga semua hal yang semula manual atau analog diubah menjadi digital. Perkembangan alat – alat ini sangat berpengaruh dalam dunia pendidikan khususnya di laboratorium (Saputra & Kurniawati, 2021).

Laboratorium adalah suatu tempat atau kamar tertentu yang dilengkapi dengan peralatan untuk melakukan percobaan, penyelidikan, pengujian, kalibrasi dan sebagainya (Widiastuti, 2019). Laboratorium merupakan komponen penting dan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari proses belajar mengajar. Keberadaan laboratorium sangat penting dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan terselenggaranya proses pembelajaran dengan baik (Saputra & Kurniawati, 2021).

Kegiatan yang dilakukan di laboratorium pasti membutuhkan alat dan fasilitas tertentu sesuai dengan spesifikasinya untuk memudahkan kegiatan – kegiatan yang akan dilakukan. Mencampur larutan merupakan kegiatan umum yang dilakukan pada ruang laboratorium. Pencampuran adalah suatu proses dengan menggabungkan bahan – bahan yang berbeda untuk menghasilkan produk yang homogen (Kholisatin et al., 2014). Campuran homogen merupakan campuran antara dua zat atau lebih yang partikel penyusunnya tidak dapat dibedakan lagi sehingga memiliki sifat yang sama. Campuran homogen ini disebut juga dengan larutan (Iskandar, 2015). Proses pencampuran larutan jika dilakukan dengan cara mengocoknya secara manual akan kurang efektif, karena memakan waktu yang lama dan memerlukan banyak tenaga. Disamping itu, ada beberapa larutan yang

berbahaya untuk disentuh. Maka, dibutuhkan alat untuk mencampurkan larutan dengan cara digital agar lebih efektif dan mendapatkan hasil larutan yang ideal (homogen). Alat tersebut sering disebut dengan *Orbital Shaker* (Adriana & Hamrin, 2020).

Orbital shaker merupakan alat laboratorium yang digunakan untuk mengaduk atau mencampur suatu larutan dengan larutan yang lain sehingga bersifat homogen dengan gerakan satu arah. *Orbital shaker* merupakan salah satu jenis *shaker* yang memiliki gerakan gemetar melingkar (dalam orbit atau porosnya) untuk bekerja dalam kondisi tertentu sesuai dengan keinginan. *Orbital shaker* dilengkapi dengan pengaturan kecepatan pengadukan (RPM) dan lama waktu pengadukan serta papan berisolasi yang mampu menahan wadah sampel saat perangkat bergetar untuk mengaduk atau mencampur larutan di dalam wadah. Alat *orbital shaker* biasanya digunakan pada laboratorium kimia, farmasi, dan mikrobiologi. Dalam bidang ilmu kimia, larutan menjadi sangat penting karena hampir semua reaksi kimia terjadi dalam bentuk larutan. Komponen yang terdapat dalam larutan biasanya dikategorikan menjadi 2, yaitu *solvent* (pelarut) dan *solute* (zat pelarut). Jenis pelarut yang biasa digunakan pada *shaker* yaitu, air, *alcohol*, amoniak, kloroform, benzene, minyak, dan asam asetat. Pada laboratorium farmasi, alat *orbital shaker* digunakan untuk menguji kelarutan obat dengan gerakan melingkar sehingga obat akan larut dalam air. Pada laboratorium mikrobiologi, alat *orbital shaker* digunakan pada aplikasi pengocokan dalam kultur sel, pertumbuhan, suspensi bakteri, prosedur pewarnaan, dan pencucian bakteri (Adriana & Hamrin, 2020).

Alat *orbital shaker* sangat penting dan memiliki banyak fungsi untuk keberlangsungan penelitian pada laboratorium dibidang pendidikan maupun kesehatan. Penelitian terkait alat *orbital shaker* sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Yoka Hary Abrianto (2021) dengan menggunakan mikrokontroler Atmega 2560, LCD sebagai monitor, dan motor DC sebagai penggerak untuk mengaduk sampel baik berupa larutan maupun suatu bahan menjadi homogen. Motor DC dihubungkan dengan mikrokontroler melalui *driver* motor DC L298N yang berfungsi untuk mengontrol kecepatan serta arah putar motor DC. Selain itu,

penelitian ini menggunakan push button untuk memasukkan nilai kecepatan putar dan waktu serta dibutuhkan pengaturan *ritme* putaran yang diatur menggunakan metode *pulse with modulation*. Output yang dihasilkan dari penelitian ini berupa motor DC yang bergerak sesuai dengan kecepatan putar dalam PWM dan waktu putar yang telah diatur. Nilai kecepatan putar dan waktu yang diatur tersebut akan muncul pada LCD (Abrianto, 2021).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Muhammad Fauzi (2021) dengan menggunakan pompa air mini untuk melakukan pengisian cairan kedalam tabung agar mempermudah proses pencampuran larutan. Penelitian ini menggunakan jenis Motor DC *Gearbox*, pompa air DC tipe R385, dikontrol oleh Arduino Uno dan tampilan menggunakan LCD 20x4 karakter. Kecepatan motor pada alat *Orbital Shaker* yang dibuat sebesar 100 RPM dan 150 RPM (Fauzi, 2021).

Pembuatan alat *orbital shaker* juga sudah pernah dibuat dalam bentuk *prototype* pada penelitian Esyana Septiani (2022) dengan judul “Rancang Bangun Alat *Shaker* dengan *Input* Menggunakan *Keypad* Berbasis Arduino” dengan menggunakan motor *stepper* NEMA 17 sebagai penggerak utama, *keypad* membran 4×4 sebagai *input* pengatur nilai rpm dan waktu putar, Arduino Uno sebagai prosesor, dan *display seven segment* TM1637 untuk menampilkan nilai rpm dan waktu putar. Pada penelitian ini, *keypad* belum berfungsi dengan baik karena terkadang masih sulit untuk diatur dan desain alat tersebut masih belum sempurna. Oleh karena itu, akan dibuat alat *orbital shaker* sebagai perangkat yang siap diproduksi dan digunakan pada aplikasi laboratorium, yaitu dengan judul “Produksi Alat *Orbital Shaker* dengan Pengatur Waktu dan Kecepatan Putar menggunakan Potensiometer Berbasis Arduino Uno”. Alat ini dirancang menggunakan motor DC dengan *driver* motor DC L298N sebagai penggerak, *input* dari 2 buah potensiometer sebagai pengatur waktu dan kecepatan putar (RPM), Arduino Uno sebagai prosesor, serta akan ditampilkan nilai waktu dan kecepatan putar (RPM) tersebut pada *seven segment* TM1637.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana memproduksi alat *Orbital Shaker* dengan pengatur waktu dan kecepatan putar menggunakan potensiometer berbasis Arduino Uno?
- b. Bagaimana akurasi waktu dan kecepatan putar (RPM) *Orbital Shaker* dengan *input* menggunakan potensiometer berbasis Arduino Uno?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Membuat Alat *Orbital Shaker* dengan Pengatur Waktu dan Kecepatan Putar menggunakan Potensiometer berbasis Arduino Uno.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menghasilkan alat *Orbital Shaker* yang dapat digunakan untuk mencampurkan larutan menjadi homogen pada Laboratorium.
- b. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai alat *Orbital Shaker*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan – batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menggunakan potensiometer sebagai *input* untuk mengatur waktu dan kecepatan putar.
- b. Menggunakan aktuator motor DC dengan *driver* motor DC L298N.
- c. Menggunakan *seven segment* TM1637 sebagai *display* untuk menampilkan nilai waktu dan kecepatan putar.

- d. *Range* nilai kecepatan putar yang dapat diinput sebesar 240 – 374 rpm dan waktu maksimal 90 menit (1 jam 30 menit).
- e. Berat beban larutan yang dapat diberikan pada alat *orbital shaker* maksimal 1000 gram.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu, penelitian yang telah dilakukan oleh Adriana dan La Ode Hamrin (2020) dengan judul “Pengontrolan Waktu dan Kecepatan Putar *Orbital Shaker* Berbasis Mikrokontroler ATmega328”. Pada penelitian ini, menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah data, sensor efek *hall* sebagai pengontrol kecepatan putaran motor, *timer* digunakan sebagai indikator proses waktu lamanya menghomogenkan larutan, *buzzer* sebagai indikator bunyi menandakan proses telah selesai, dan LCD sebagai penampil waktu dan kecepatan. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu, setelah alat ini diuji dengan cara melakukan *settingan* RPM dan *timer* yang berbeda – beda, alat ini akan segera mencampurkan sebuah larutan yang telah disiapkan. Ketika proses pencampuran larutan telah selesai, maka alarm dari *buzzer* akan berbunyi (Adriana & Hamrin, 2020).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Yoka Hary Abrianto (2021) dengan judul “Rancang Bangun Rotor *Orbital Shaker* Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC”. Pada penelitian ini, sistem kerjanya dengan memanfaatkan gerak melingkar dari motor DC untuk mengaduk sampel baik berupa larutan maupun suatu bahan menjadi homogen. Motor DC dihubungkan dengan mikrokontroler melalui *driver* motor DC L298N yang berfungsi untuk mengontrol kecepatan serta arah putar motor DC. Untuk mengatur waktu putar yang diinginkan dibutuhkan *ritme* putaran atau rotasi per menit. Pengaturan *ritme* dilakukan dengan memasukkan nilai kecepatan berputar dan waktu yang dibutuhkan dengan memberi *input* melalui *push*

button. Setelah itu, *ritme* putaran dan waktu ini kemudian akan dilakukan oleh motor penggerak. Pengaturan *ritme* putaran diatur menggunakan metode *pulse with modulation*. Semua diatur dan dimasukkan dalam mikrokontroler Atmega 2560 dan LCD sebagai monitor. Kemudian, dibuat skematik rangkaian sistem serta gambaran mekanik sistem secara mendetail. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu, selisih waktu putar motor DC tidak berbeda jauh dengan waktu yang terukur pada *stopwatch*. Semakin lama waktu putar motor DC, selisih waktu yang menggunakan *stopwatch* semakin besar, tetapi nilai error tidak begitu besar yaitu 0,77% untuk waktu 300 detik, 0,85% untuk waktu 600 detik, dan 0,83% untuk waktu 900 detik. Lalu, diukur pengaruh perubahan PWM terhadap kecepatan rotasi motor DC. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terjadinya perubahan kecepatan rotasi pada motor DC seiring dengan penambahan *input* dari PWM. Selain itu, saat terjadi perubahan *input* PWM tegangan yang ada pada motor DC juga berubah (Abrianto, 2021).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Muhammad Fauzi (2021) dengan judul “Rancang Bangun *Orbital Shaker* dengan Pengisian Cairan Berbasis Arduino”. Pada penelitian ini, agar mempermudah proses pencampuran larutan, penulis menggunakan pompa air mini untuk melakukan pengisian cairan kedalam tabung. Motor yang digunakan berjenis Motor DC *Gearbox* dan pompa air yang digunakan berjenis pompa air DC tipe R385. Alat *Orbital Shaker* ini dikontrol oleh Arduino Uno dan tampilan menggunakan LCD 20x4 karakter. Kecepatan motor pada alat *Orbital Shaker* sebesar 100 rpm dan 150 rpm. Tingkat keakurasian kecepatan motor pada alat *Orbital Shaker* ini sebesar 98,8% dan tingkat keakurasian pengisian cairan sebesar 98,79% (Fauzi, 2021).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Elsyana Septiani (2022) dengan judul “Rancang Bangun Alat Shaker dengan *Input* menggunakan *Keypad* Berbasis Arduino”. Pada penelitian ini, penulis membuat alat *Orbital Shaker* dengan menggunakan *keypad* sebagai *input* rpm dan waktu berbasis Arduino Uno. Alat *Orbital Shaker* dirancang untuk dapat mengaduk atau mencampur larutan kimia dengan gerakan secara melingkar dengan berbagai fitur menu yang dapat

menampilkan nilai rpm dan waktu pengadukan. Alat ini menggunakan motor *stepper* NEMA 17 sebagai penggerak utama, *keypad* membran 4x4 sebagai *input*, Arduino Uno sebagai prosesor dan *display* TM1637 sebagai penampil rpm dan waktu. Pengujian alat *Orbital Shaker* diawali dengan kalibrasi alat, yaitu kalibrasi rpm dan waktu. Pada kalibrasi rpm dilakukan dengan mengukur kesesuaian rpm yang diinput menggunakan alat *tachometer* laser, sedangkan pada kalibrasi waktu dilakukan menggunakan *stopwatch* untuk mengetahui nilai error dari sistem. Hasil yang diperoleh yaitu, untuk kalibrasi rpm adalah nilai error rata-rata sebesar 0,36% dengan nilai akurasi 99,62 % dan presisi 99,58 %, sedangkan untuk kalibrasi waktu diperoleh nilai error rata-rata yaitu 0,15 % dengan nilai akurasi 99,84 % dan presisi 99,88 %. Kemudian, dilakukan pengukuran rpm menggunakan beban berupa larutan seberat 100-1000g dengan kelipatan 100g dan dilakukan pengujian rpm mulai dari 100-500rpm. Hasil yang diperoleh yaitu nilai rpm maksimal agar alat *orbital shaker* bekerja dengan optimal adalah 450rpm dengan beban maksimal 600g (Septiani, 2022).

2.2 Shaker (Pengaduk)

Shaker adalah alat pengaduk cairan ataupun pengocok yang digunakan dalam laboratorium kimia dan biologi serta menghomogenkan suatu bahan atau larutan. Salah satu jenis alat homogenizer adalah *shaker*. Alat *shaker* akan berguna untuk kegiatan laboratorium yang bekerja dengan aneka larutan, campuran dan setiap kegiatan yang membutuhkan proses homogenisasi. *Shaker* adalah alat laboratorium yang digunakan untuk proses pengadukan cairan dengan sistem getar. *Shaker* berfungsi untuk mengaduk campuran larutan zat sehingga membentuk larutan yang homogen dengan getaran atau gerakan satu arah. Getaran yang ditimbulkan bergantung pada jenis – jenis *shaker* dan fungsinya. Ada beberapa jenis *shaker* diantaranya yaitu *Vortex Shaker*, *Platform Shaker*, *Orbital shaker* dan *Incubator Shaker* (Abrianto, 2021).

2.2.1 Vortex Shaker

Shaker jenis ini pertama kali diciptakan oleh Karft bersaudara pada tahun 1962. Saat itu, Jack A. Kraft dan Harold D. Kraft tengah bekerja untuk sebuah industri ilmiah (produsen peralatan laboratorium). Kemudian, pada 6 April 1959 *vortex shaker* dipatenkan. *Vortex shaker* merupakan sebuah alat laboratorium yang berukuran kecil (Abrianto, 2021).



Gambar 2. 1 *Vortex Shaker*

Sebagaimana fungsi dari sebuah *shaker*, *vortex shaker* berfungsi untuk menghomogenkan sebuah larutan dalam wadah berukuran kecil seperti tabung reaksi ataupun berbagai mikrotube lainnya. *Vortex shaker* terdiri dari sebuah motor listrik dengan *drive shaf* berorientasi vertikal dan melekat pada sepotong karet yang berada diposisi tengah. Motor ini akan menjalankan potongan karet dengan gerakan melingkar yang cepat. Potongan karet (*platform*) inilah yang berfungsi untuk meletakkan wadah dan bergetar bersama dengan larutan. Selain untuk homogenisasi, *vortex shaker* juga dapat berfungsi untuk menyingkirkan sel, mencampur sampel eksperimen dan pencairan di berbagai laboratorium. Biasanya, jenis *shaker* ini digunakan di laboratorium ilmu hayati, kultur sel, mikrobiologi, biokimia atau untuk analisis lainnya (Abrianto, 2021).

2.2.2 Platform Shaker

Jenis *shaker* yang satu ini dilengkapi dengan sebuah papan meja horizontal sebagai alas untuk meletakkan berbagai wadah berisi cairan yang akan dihomogenkan. Dengan permukaan yang datar, larutan yang akan dihomogenkan harus diletakkan dalam wadah dengan alas datar seperti erlenmeyer, gelas kimia atau kumpulan tabung reaksi yang berada dalam sebuah wadah dengan alas datar (Abrianto, 2021).



Gambar 2. 2 Platform Shaker

Shaker platform memiliki 5 gerakan, kecepatan getaran dan sudut ayun yang bervariasi. Jenis *shaker* ini akan sangat membantu anda dalam menghomogenkan larutan dengan kekentalan dan mengandung padatan yang tinggi (Abrianto, 2021).

2.2.3 Incubator Shaker

Sesuai dengan namanya, *shaker* inkubator merupakan gabungan antara *shaker* dengan inkubator. Bukan hanya mampu menimbulkan getaran, *shaker* inkubator juga akan mempertahankan kondisi optimal yang dibutuhkan untuk inkubasi mikroba atau pembiakan sel dengan pengaturan suhu dan oksigen yang stabil (Abrianto, 2021).



Gambar 2.3 *Incubator Shaker*

Shaker inkubator ini berfungsi ganda yaitu untuk menghomogenkan nutrisi dan menjaga kondisi yang dibutuhkan dalam pertumbuhan mikroba (Abrianto, 2021). Prinsip kerja alat *shaker* inkubasi yaitu dengan membuat getaran untuk mencampurkan mikroorganisme dengan *nutrient* agar tersebar secara efektif sehingga pertumbuhan mikroba merata (Vadiska et al., 2015).

2.2.4 *Orbital Shaker*

Orbital Shaker merupakan alat laboratorium yang digunakan untuk proses pengadukan cairan dengan sistem getar. *Orbital shaker* adalah salah satu jenis *shaker* yang memiliki gerakan gemetar melingkar (dalam orbit atau porosnya) untuk bekerja dalam kondisi tertentu sesuai dengan keinginan. *Orbital shaker* dilengkapi dengan pengaturan kecepatan pengadukan (rpm) dan lama waktu pengadukan. *Orbital shaker* berfungsi untuk mengaduk atau mencampur suatu larutan dengan larutan yang lain sehingga membentuk larutan yang homogen (Adriana & Hamrin, 2020). Contoh alat *orbital shaker* ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.

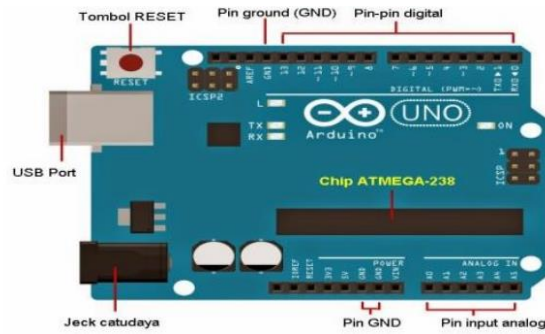


Gambar 2.4 *Orbital Shaker*

Orbital shaker memiliki gerakan getar melingkar dengan kecepatan rendah, umumnya antara 10 – 500 rpm. Rendahnya kecepatan ini menghasilkan getaran yang rendah. Bukan hanya getaran rendah, jenis *shaker* ini juga menghasilkan suhu panas yang rendah ketika proses pengocokan dibandingkan dengan alat *shaker* lain. Hal ini membuat *orbital shaker* sangat cocok untuk aplikasi kultur mikroba (Elsa, 2016).

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan elektronika berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (*integrated circuit*) ini memiliki 14 *input/output header* digital (6 *output* untuk PWM), 6 analog *input*, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, soket adaptor, pin ICSP, dan tombol reset. Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu, dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. *Port* USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial (Nurlette & Wijaya, 2018). Arduino memiliki IDE untuk *compiler*. Proses kerja Arduino ialah melakukan pemrograman pada IDE, *compile*, dan *upload binary* atau *hex file* ke kontroler. Berbeda dengan *processing* yang kode hasil *compile* langsung dijalankan di komputer, kode hasil *compile* Arduino harus di *upload* ke kontroler sehingga dapat dijalankan (Sadi & Syahputra, 2018). Bentuk papan Arduino Uno dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Arduino Uno

Gambar 2.5 merupakan contoh papan Arduino Uno. Bagian – bagian yang terdapat pada Arduino ini adalah sebagai berikut.

1. USB

Berfungsi untuk memuat program dari komputer ke dalam papan, komunikasi Serial antara papan dan komputer serta memberi daya listrik kepada papan.

2. *Power* (Jack Catudaya)

Papan Arduino dapat juga diberi catu daya secara langsung dari sumber daya AC dengan menghubungkannya ke *Barrel Jack*.

3. Tombol Reset

Berfungsi untuk mereset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler.

4. *Pin Ground* (GND)

Ada beberapa pin GND pada Arduino, salah satunya dapat digunakan untuk menghubungkan *ground* rangkaian.

5. Pin Analog

Papan Arduino Uno memiliki lima pin *input* analog A0 sampai A5. Pin-pin ini dapat membaca sinyal dari sensor analog seperti sensor kelembaban atau temperatur dan mengubahnya menjadi nilai digital yang dapat dibaca oleh mikroprosesor.

6. Pin Digital

Papan Arduino Uno memiliki 14 pin I/O digital (15), 6 pin *output* menyediakan PWM (*Pulse Width Modulation*). Pin – pin ini dapat dikonfigurasi sebagai pin digital *input* untuk membaca nilai logika (0 atau 1) atau sebagai pin digital

output untuk mengendalikan modul – modul seperti LED, Pin yang berlabel dapat digunakan untuk membangkitkan PWM.

7. *Main Microcontroller*

Setiap papan Arduino memiliki Mikrokontroler (11). Kita dapat menganggapnya sebagai otak dari papan Arduino. IC (*Integrated Circuit*) utama pada Arduino sedikit berbeda antara papan arduino yang satu dengan yang lainnya. Mikrokontroler yang sering digunakan adalah ATMEL (Nurlette & Wijaya, 2018).

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno

Komponen	Spesifikasi
Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input (<i>Recommended</i>)	7 - 12 V
Tegangan Input (<i>Limit</i>)	6 - 20 V
Pin digital I/O	14 (diantaranya pin PWM)
Pin Analog <i>Input</i>	6
Arus Dc per pin I/O	40Ma
<i>Flash Memory</i>	32 KB (0,5 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

(Setiawan et al., 2014).

2.4 Motor DC

Sesuai dengan namanya, motor DC adalah jenis motor yang dikendalikan searah atau DC (*direct current*). Motor DC merupakan sebuah motor listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor ini memiliki dua kabel, satu kabel dihubungkan ke tegangan positif, dan kabel kedua dihubungkan ke ground. kabel yang ketegangan positif boleh yang mana saja. Arah putaran rotor (bagian motor yang berputar) ditentukan oleh kabel yang terhubung ke tegangan positif (Amin et al., 2019). Contoh bentuk motor DC dapat dilihat pada **Gambar 2.6.**

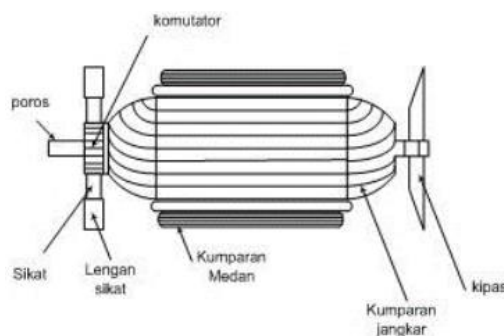


Gambar 2. 6 Motor DC

Motor ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Rotatiton per minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada motor DC tersebut dibalik. Alasan utama penggunaan mesin DC terutama pada industri – industri modern adalah karena kecepatan kerja motor – motor DC mudah diatur dalam suatu rentang kecepatan yang luas, disamping banyaknya metode – metode pengaturan kecepatan yang dapat digunakan. Oleh karena itu, kelebihan motor DC yaitu, mempunyai torsi dan tingkat kecepatan yang jauh lebih mudah untuk dikendalikan, memiliki sistem kontrol yang mudah dipahami, memiliki respon yang baik meskipun daya yang tersedia terbilang rendah, dan memiliki performa yang mendekati linier dan sejenisnya (Amin et al., 2019).

2.4.1 Bagian – Bagian Motor DC

Bagian-bagian penting pada suatu motor DC ditunjukkan pada **Gambar 2.7**, statornya memiliki kutub tonjol dan dikelilingi oleh satu atau lebih kumparan medan.

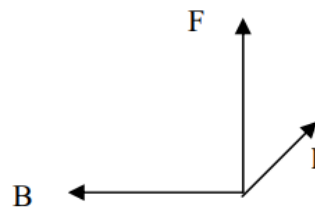


Gambar 2. 7 Bagian – bagian Motor DC

Dari **Gambar 2.7**, terlihat bahwa kumparan medan terbuat dari kawat tembaga yang dililitkan sedemikian rupa dengan ukuran tertentu pada sebuah inti yang terbuat dari lembaran besi tuang atau baja tuang. Sedangkan kumparan jangkar (rotor) berbentuk seperti permata yang normalnya bentangan kumparan adalah 180° listrik, yang berarti ketika sisi kumparan berada di tengah suatu kutub, sisi lain berada di tengah kutub yang berbeda polaritasnya. Kumparan yang membentang 180° listrik memiliki tegangan yang sama antar sisi – sisinya dan berlawanan arah setiap waktu. Komutator terbuat dari batang tembaga yang dikeraskan, yang diisolasi dengan bahan sejenis mika. Fungsi dari komutator ini adalah mengumpulkan arus listrik induksi dari konduktor jangkar dan mengkonversikannya menjadi arus searah melalui sikat. Sedangkan sikat terbuat dari karbon, grafit, lagam grafit atau campuran karbon grafit yang dilengkapi dengan pegas penekan dan kotak sikatnya (Firmansyah & Marniati, 2017).

2.4.2 Prinsip Kerja Motor DC

Motor DC terdapat dalam berbagai ukuran dan kekuatan, masing – masing didesain untuk keperluan yang berbeda – beda namun secara umum memiliki berfungsi dasar yang sama yaitu mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Sebuah motor DC sederhana dibangun dengan menempatkan kawat yang dialiri arus di dalam medan magnet kawat yang membentuk *loop* ditempatkan sedemikian rupa diantara dua buah magnet permanen. Bila arus mengalir pada kawat, arus akan menghasilkan medan magnet sendiri yang arahnya berubah – ubah terhadap arah medan magnet permanen sehingga menimbulkan putaran (Firmansyah & Marniati, 2017). Arah gerak kawat tersebut ditentukan dengan kaidah tangan kanan. Apabila arah medan magnet (**B**) searah sumbu X negatif, sedangkan arah arus kawat (**I**) searah sumbu Z positif, maka arah gaya (**F**) terhadap kawat tersebut searah sumbu Y positif. Kaidah tangan kanan dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



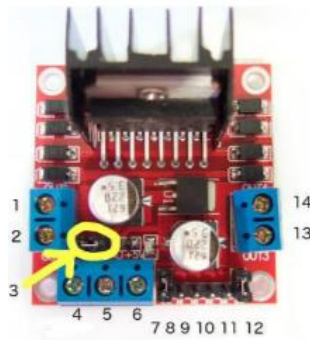
Gambar 2. 8 Kaidah Tangan Kanan Arah Medan Magnet, Arus, dan Gaya

Kontrol motor DC, terdiri dari pengaturan kecepatan dan pengaturan arah putar motor. Kecepatan putar motor DC dipengaruhi oleh gaya (F) yang dihasilkan pada motor DC. Sesuai kaidah tangan kanan besarnya gaya dipengaruhi oleh medan magnet (B) dan arus (I) yang melewati rotor pada motor DC. Semakin kuat medan magnet yang melintas pada rotor atau semakin besar arus yang melewati rotor, maka besarnya gaya yang memutar rotor akan berbanding lurus, demikian juga sebaliknya. Apabila medan magnet pada motor DC dihasilkan dari aliran arus listrik pada kumparan medan, maka pengaturan arus yang melewati kumparan medan akan mempengaruhi kekuatan medan magnet yang melintasi rotor. Sedangkan untuk mengubah arah gaya atau mengubah arah putar motor dapat dilakukan dengan membalik arah medan magnet atau membalik arus yang mengalir melalui rotor motor DC (Prabowo, 2010).

2.5 Driver Motor DC L298N

Driver motor L298N merupakan *driver* motor yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah pergerakan motor terutama pada robot *line follower / line tracer*. Kelebihan dari *driver* motor L298N ini adalah cukup presisi dalam mengontrol motor. Selain itu, kelebihan *driver* motor L298N adalah mudah untuk dikontrol. Untuk mengontrol *driver* L298N ini dibutuhkan 6 buah pin mikrokontroler, dua buah untuk pin *Enable* (satu buah untuk motor pertama dan satu buah yang lain untuk motor kedua, karena *driver* L298N ini dapat mengontrol dua buah motor DC) dan 4 buah untuk mengatur kecepatan motor motor tersebut. *Output* dari rangkaian ini sudah berupa dua pin untuk masing masing motor. Pada prinsipnya rangkaian *driver* motor L298N ini dapat mengatur tegangan dan arus sehingga kecepatan dan arah motor dapat diatur (Fikriyah & Rohmanu, 2018).

Modul *driver* Motor L298N menggunakan IC298. IC L298 merupakan sebuah IC tipe *H-bridge* yang mampu mengendalikan beban - beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor *stepper*. Pada IC L298 terdiri dari transistor – transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor *stepper* (Fauzi, 2021). Terdapat pin *input* dan *output* pada *driver* motor L298N yang dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2. 9 Pin *Input* dan *Output Driver* Motor L298N

Gambar 2.9 merupakan gambar pin *input* dan *output driver* Motor L298N dengan keterangan sebagai berikut.

1. Nomor 1 adalah *output* untuk Motor DC 1 “+”.
2. Nomor 2 adalah *output* untuk Motor DC 1 “-”.
3. Nomor 3 adalah 12V jumper (lepaskan jumper ini jika menggunakan sumber lebih dari 12 V DC).
4. Nomor 4 adalah hubungkan sumber tegangan motor disini, maksimum 35 V DC. Lepaskan 12V jumper V jika > 12V.
5. Nomor 5 adalah GND.
6. Nomor 6 adalah 5V *output* jika 12V jumper digunakan, ideal untuk mensuplai Arduino.
7. Nomor 7 adalah Motor DC 1 *enable jumper*. Lepaskan ini ketika menggunakan *stepper motor*. Hubungkan ke keluaran PWM untuk mengatur kecepatan motor.
8. Nomor 8 dan 9 menunjukkan pin IN1 dan IN2 sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor pada *output* 1 dan 2 yang dihubungkan ke Mikrokontroler.

9. Nomor 10 dan 11 menunjukkan pin IN3 dan IN4 sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor pada *output* 3 dan 4 yang dihubungkan ke Mikrokontroler
10. Nomor 12 adalah Motor DC 2 *enable jumper*. Lepaskan ini ketika menggunakan *stepper motor*. Hubungkan ke keluaran PWM untuk mengatur kecepatan motor.
11. Nomor 13 adalah *output* untuk Motor DC 2 “+”.
12. Nomor 14 adalah *output* untuk Motor DC 2 “-” (Fauzi, 2021).

Spesifikasi *driver* Motor L298N ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Driver* Motor L298N

Komponen	Spesifikasi
IC	IC L298N (Double H-bridge Drive Chip)
Tegangan Minimal (untuk masukan <i>power</i>)	5V - 35V
Arus Maksimal (untuk keluaran per <i>output</i> A maupun B)	2A
Daya Maksimal	25W
Tegangan Operasional	5V
Arus untuk Masukan	0 - 36mA
Dimensi Modul	43 × 43 × 26mm
Berat Modul	26g

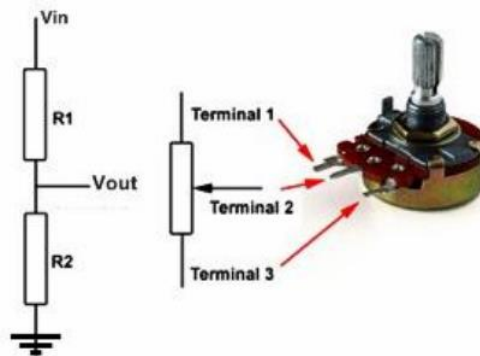
(Widharma & Wiranata, 2022).

2.6 Potensiometer

Potensiometer merupakan komponen resistor tiga terminal. Jika ketiga terminal digunakan, potensiometer berfungsi sebagai rangkaian pembagi tegangan. Namun jika hanya dua terminal yang digunakan, potensiometer berfungsi sebagai resistor variabel atau *rheostat*. Potensiometer juga berfungsi sebagai sensor atau transduser mekanik. Biasanya potensiometer digunakan untuk mengatur volume radio (Susanti et al., 2016).

Potensiometer akan berubah nilai resistansinya dengan cara mengatur atau menggeser bagian poros putar dari potensiometer tersebut. Potensiometer dapat diasumsikan sebagai dua buah resistor yang di hubungkan secara seri R_1 dan R_2

tapi dapat dirubah nilai resistansinya. Nilai resistansi total dari resistor akan selalu tetap dan nilai ini merupakan nilai resistansi dari potensiometer. Jika nilai resistansi dari R_1 diperbesar dengan cara memutar bagian potensiometer, maka otomatis nilai resistansi dari R_2 akan berkurang, begitu juga sebaliknya tegangan yang berbeda muncul di setiap resistor menghasilkan sebuah rangkaian yang disebut rangkaian pembagi tegangan yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.10**.



Gambar 2. 10 Rangkaian Pembagi Tegangan (Potensiometer)

Dimana tegangan keluaran adalah tegangan resistor 2 (R_2), yang diberikan oleh persamaan (2.1).

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (2.1)$$

dengan,

V_{out} : Tegangan Keluar (V)

R_1 : Hambatan 1 (Ω)

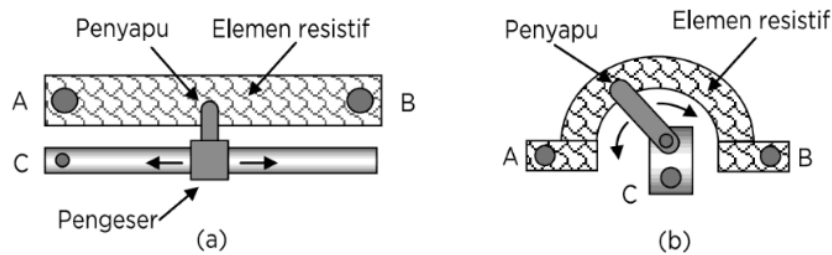
R_2 : Hambatan 2 (Ω)

V_{in} : Tegangan Masuk (V) (Megido & Ariyanto, 2015).

2.6.1 Prinsip Kerja Potensiometer

Potensiometer memiliki terminal pada tiap ujung dari elemen resistifnya dan terminal ketiga dihubungkan dengan penyapu yang dapat digeser. Jika penyapu dipindahkan pada posisi pangkal elemen resistif, maka nilai tahanan potensiometer akan minimal. Sebaliknya jika dipindah ke ujung elemen yang jauh, maka nilai

tahanan akan maksimum (Yohandri & Asrizal, 2016). Ilustrasi sederhana cara kerja potensiometer dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2. 11 Cara Kerja Potensiometer

Berdasarkan **Gambar 2.11**, nilai tahanan dapat divariasikan dengan mengeser penyapu pada elemen resistif. Terminal potensio dapat menggunakan A dengan C atau B dengan C. Nilai tahanan ditentukan oleh jarak elemen resistif yang dipakai oleh dua terminal. Jika lengan penyapu dekat dengan posisi A, maka nilai tahanan antara A dengan C akan kecil karena elemen resistif sedikit. Sebaliknya, saat penyapu dekat dengan A maka nilai tahanan antara B dengan C akan besar (Yohandri & Asrizal, 2016).

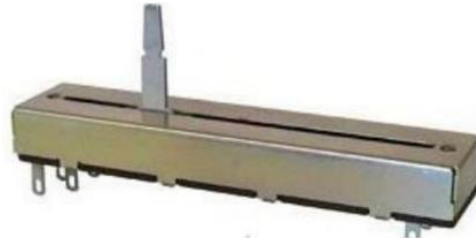
Dalam potensiometer, terdapat tiga cara untuk memindahkan penyapu sepanjang elemen resistifnya, yaitu mengeser penyapu dengan tekanan jari, memutar sekrup untuk memindahkan penyapu maju atau mundur dan memutar sekrup atau knop yang menempel pada penyapu untuk mengusapnya di sekitar lengkung elemen resistif (Yohandri & Asrizal, 2016).

2.6.2 Jenis – Jenis Potensiometer

Potensiometer dalam rangkaian elektronik dikelompokkan atas tiga jenis, yaitu potensiometer geser, putar (*rotary*) dan *trimmer*.

2.6.2.1 Potensiometer Geser

Potensiometer geser termasuk sebagai potensiometer pengatur tegangan. Dalam operasinya, untuk mendapatkan nilai tahanan tertentu dapat dilakukan dengan cara menggeser tangkai pemegangnya (Wahyudi, 2018). Bentuk potensiometer geser dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.

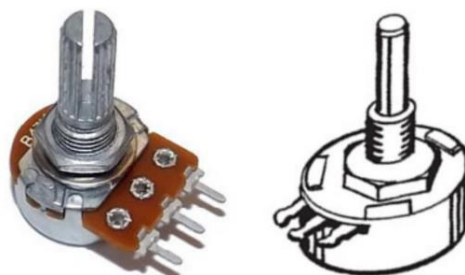


Gambar 2. 12 Potensiometer Geser

Potensiometer geser juga dikenal sebagai potensiometer fader atau potensiometer linier (Wahyudi, 2018).

2.6.2.2 Potensiometer Putar (*Rotary*)

Potensiometer putar berbentuk selinder dengan batang poros. Potensiometer jenis ini biasanya dipasang pada bagian panel depan alat. Namun beberapa potensiometer dipasang pada papan rangkaian dibelakang panel dan pengaturan biasanya dilakukan melalui lubang pada panel. Elemen resistif dari potensio ini dapat terbuat dari *hot-molded* carbon, cermet, atau plastik konduktif. Setiap jenis elemen memiliki rentang resistif, toleransi dan tingkat daya yang berbeda. Toleransi dari potensio ini umumnya sekitar 10 hingga 20% (Yohandri & Asrizal, 2016). Desain dan foto potensiometer putar ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.

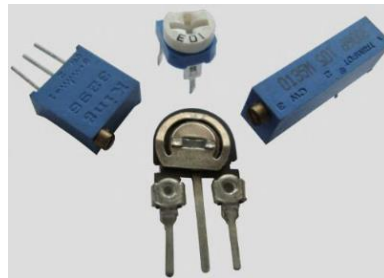


Gambar 2. 13 Potensiometer Putar (*Rotary*)

Potensiometer ini dibuat untuk beberapa aplikasi seperti mencari frekuensi radio, mengatur volume audio, menyesuaikan tingkat kecerahan, intensitas atau kontras dalam rangkaian video (Yohandri & Asrizal, 2016).

2.6.2.3 Potensiometer *Trimmer* (Trimpot)

Bentuk potensiometer *trimmer* dapat dilihat pada **Gambar 2.14**.



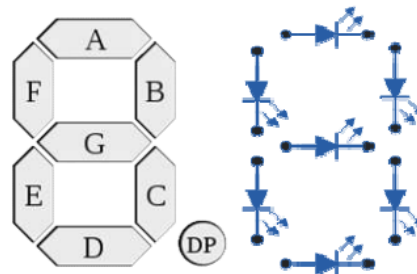
Gambar 2. 14 Potensiometer *Trimmer*

Trimmer potensiometer atau disingkat dengan trimpot merupakan komponen resistor tiga terminal seperti potensiometer biasa. Begitu juga fungsinya, jika ketiga terminal digunakan, trimpot berfungsi sebagai rangkaian pembagi tegangan. Namun jika hanya dua terminal yang digunakan (terminal bagian tengah dan salah satu terminal bagian tepi), trimpot berfungsi sebagai resistor variabel. Nilai trimpot dapat dikendalikan dengan menggunakan obeng (Winarno & Arifianto, 2011).

2.7 Seven Segment

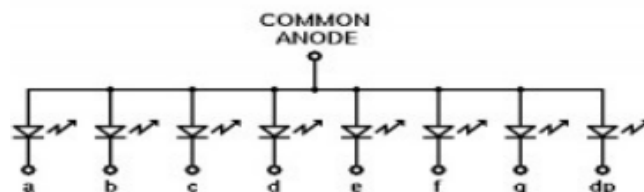
Seven Segment Display dalam Bahasa Indonesia disebut dengan penampil 7 ruas adalah komponen elektronika yang dapat menampilkan angka desimal melalui kombinasi – kombinasi segmennya. *Seven segment* biasanya dipakai pada jam digital, kalkulator dan penghitung atau *counter* digital, multimeter digital dan juga panel *display* digital seperti pada *Microwave Oven* ataupun pengatur suhu digital (Sokop et al., 2016).

Pada *display 7 segment* juga dilengkapi karakter titik (dot) yang sering dibutuhkan untuk karakter koma atau titik pada saat menampilkan suatu bilangan. *Display 7 segment* terdiri dari 7 penampil karakter yang disusun dalam sebuah kemasan sehingga dapat menampilkan karakter angka dan karakter huruf. Terdapat 7 buah penampil dasar dari LED (*Light Emitting Diode*) yang dinamakan karakter A-F dan karakter dot (Saro et al., 2018). Bentuk susunan karakter penampil karakter A-F pada *display 7 segment* dapat dilihat pada **Gambar 2.15**.



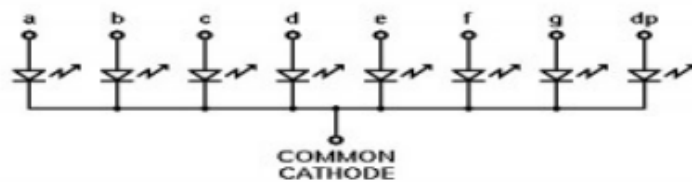
Gambar 2. 15 Bentuk Susunan Karakter *Display 7 Segment*

Pada dasarnya penampil *7 segment* merupakan rangkaian 7 buah dioda LED (*Light Emitting Diode*). Terdapat 2 (dua) jenis rangkaian dasar dari *display 7 segment* yang dikenal sebagai *display 7 segment common anoda* (CA) dan *common cathoda* (CC) dapat dilihat pada **Gambar 2.16** dan **Gambar 2.17**.



Gambar 2. 16 Rangkaian Internal *Display 7 Segment Common Anoda*

Gambar 2.16 merupakan rangkaian internal *seven segment common anode*. Pada *display common anoda* untuk mengaktifkan karakter *display 7 segment* diperlukan logika *low* (0) pada jalur A-F dan DP (Saro et al., 2018).



Gambar 2. 17 Rangkaian Internal *Display 7 Segment Common Cathoda*

Gambar 2.17 adalah rangkaian internal *seven segment common cathode*. Berkebalikan dengan *seven segment common anode*, pada *display common cathode*, untuk mengaktifkan karakter *display seven segment* diperlukan logika *high* (1) pada jalur A-F dan DP. Pada *seven segment common cathode*, kutub *negative* atau *ground* dari LED dihubungkan menjadi satu, sehingga untuk menhidupkan salah satu LED dari *segment* maka pin LED *segment* yang bersangkutan harus diberikan tegangan "I" atau tegangan bias maju. Sedangkan untuk *common anode* yang menjadi kutub "*common*" atau "*umum*" adalah kutub positif dari masing – masing LED. Untuk menhidupkan LED dari *segment* dibutuhkan hubungan ke VCC atau kutub positif pada kutub *common* dan pin dari LED *segment* diberikan tegangan "D" atau *ground*. Tegangan maju dari LED *seven segment* beragam sesuai besar kecil *display* (Rahardjo & Winarno, 2012). Bentuk fisik *display seven segment* dapat dilihat pada **Gambar 2.18**.

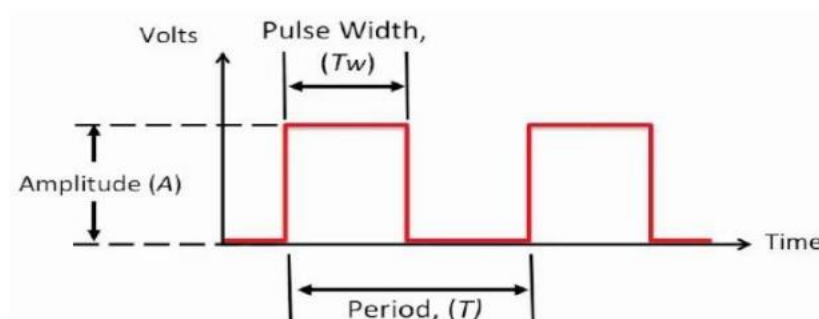


Gambar 2. 18 Bentuk Fisik *Display 7 Segment*

Rangkaian LED seperti pada gambar diatas disusun sedemikian rupa sehingga membentuk *display 7 segment* yang dapat menampilkan karakter angka dan huruf. Karena hanya terdiri dari 7 bagian (7 ruas) maka tampilan huruf yang dihasilkan *display 7 segment* tidak dapat menampilkan karakter huruf secara lengkap a-z, akan tetapi dalam aplikasi rangkaian elektronika karakter huruf yang sering ditampilkan oleh *display 7 segment* adalah karakter A-F (Saro et al., 2018).

2.8 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap (Andreas et al., 2020). *Pulse Width Modulation* (PWM) merupakan salah satu pengatur kecepatan motor dengan menggunakan teknik pengaturan lebar pulsa atau signal. Pengaturan lebar pulsa dilakukan pada posisi *high* ataupun *low*, sehingga akan mendapatkan kecepatan yang diinginkan. *Duty cycle* diartikan sebagai persentase sinyal *high* terhadap sinyal *low* dalam satu *clock cycle* atau dapat juga diartikan sebagai rasio antara waktu terjadinya tegangan maksimum dengan periode. Dengan mengubah nilai *duty cycle*, maka akan dihasilkan nilai tegangan yang bervariasi antara nol hingga tegangan maksimum seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.19** (Abrianto, 2021).



Gambar 2.19 *Duty Cycle*

Berdasarkan **Gambar 2.19**, terlihat lebar pulsa berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, sinyal *Pulse Width Modulation* memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi antara 0% hingga 100%. Keadaan *duty cycle* 0% menandakan kondisi dalam *off* atau mati (sinyal *low*) sedangkan *duty cycle* 100% menandakan kondisi dalam *on* atau hidup (sinyal *high*). Jika waktu sinyal keadaan *high* sama dengan keadaan *low* maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%. Satuan dari *duty cycle* adalah dalam persen (%) (Abrianto, 2021). Rumus untuk menghitung *duty cycle* adalah sebagai berikut.

$$D = \frac{PW}{T} \times 100\% \quad (2.2)$$

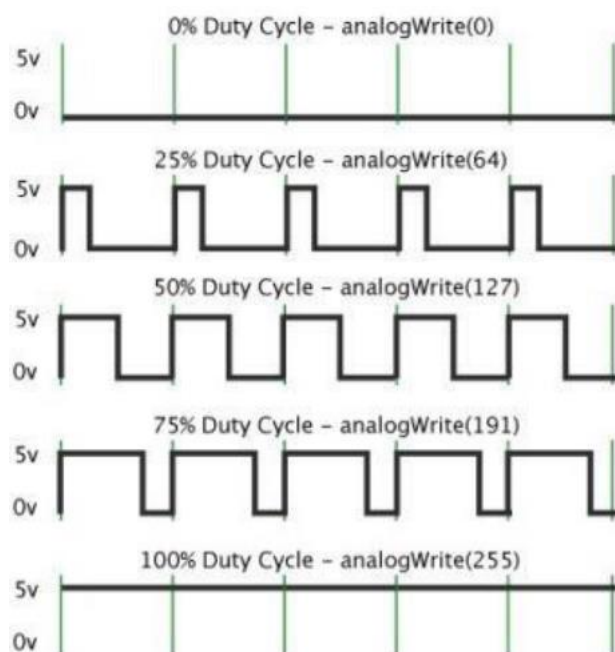
dimana,

D : *duty cycle* (%)

PW : Lebar pulsa waktu aktif atau t_{on}

T = Periode total sinyal ($t_{on} + t_{off}$)

Persentase *duty cycle* ini dimanfaatkan untuk mengatur kecepatan putar dari motor DC dengan mengubah – ubah nilai *duty cycle*. Pada **Gambar 2.20** menunjukkan bahwa kecepatan motor DC berdasarkan nilai *duty cycle* yang diberikan (Abrianto, 2021).



Gambar 2. 20 *Duty Cycle Source*

Berdasarkan **Gambar 2.20**, pada saat *duty cycle* 0% berarti sinyal tegangan pengatur kecepatan motor DC tidak dilewatkan seluruhnya. Jadi, jika tegangan catu 5 volt maka motor DC tidak akan mendapatkan tegangan catu 5 volt. Pada saat *duty cycle* 50% berarti sinyal tegangan pengatur kecepatan motor DC dilewatkan 50%. Jadi, jika tegangan catu 5 volt maka motor DC akan mendapatkan tegangan catu 2,5 volt. Pada saat *duty cycle* 100% berarti sinyal tegangan pengatur kecepatan motor DC dilewatkan 100%. Jadi, jika tegangan catu 5 volt maka motor DC akan mendapatkan tegangan catu 5 volt (Abrianto, 2021).

PWM pada Arduino Uno bekerja pada frekuensi 500 Hz, artinya 500 siklus atau ketukan dalam satu detik. Untuk setiap siklus, dapat diberikan nilai dari 0 hingga 255. Ketika diberikan angka 0, berarti pada pin tersebut akan bernilai 0 volt atau setara dengan GND. Sedangkan jika diberikan nilai 255, maka sepanjang siklus akan bernilai 5 volt (Andreas et al., 2020).

Untuk mengatur nilai *duty cycle* menggunakan fungsi `analogWrite([nomorPin], [nilai])`. Nilai pada parameter berkisar antara 0 hingga 255. Jika ingin mengeset *duty cycle* ke 0%, maka nilai parameter diatur ke 0 dan untuk *duty cycle* 100%, maka nilai parameter diatur ke 255. Jadi, ketika ingin mengeset *duty cycle* ke 50%, berarti nilai yang harus diatur adalah 127 ($50\% \times 255$). Berdasarkan konsep PWM tersebut, dapat disimulasikan PWM pada semua pin digital. Akan tetapi, khusus penggunaan fungsi `digitalWrite()` hanya bisa menggunakan pin – pin PWM seperti pada Arduino Uno, pin yang dapat menggunakan fungsi ini hanya pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 yang biasanya pin PWM tersebut disimbolkan dengan karakter '~' (Andreas et al., 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2023 sampai Juli 2023. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Alat – alat yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1.	Laptop PC	Untuk membuat pemrograman menggunakan <i>software</i> Arduino IDE.
2.	<i>Protoboard</i>	Sebagai tempat untuk menyusun atau menyatukan rangkaian.
3.	<i>Tachometer</i>	Untuk mengukur kecepatan putar (rpm) motor DC pada alat.
4.	<i>Stopwatch</i>	Untuk mengukur waktu putar pada alat.
5.	Peralatan kerja lainnya	Sebagai pendukung dalam pembuatan alat, seperti obeng, tang potong, bor, gergaji, gunting, dan lain – lain.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

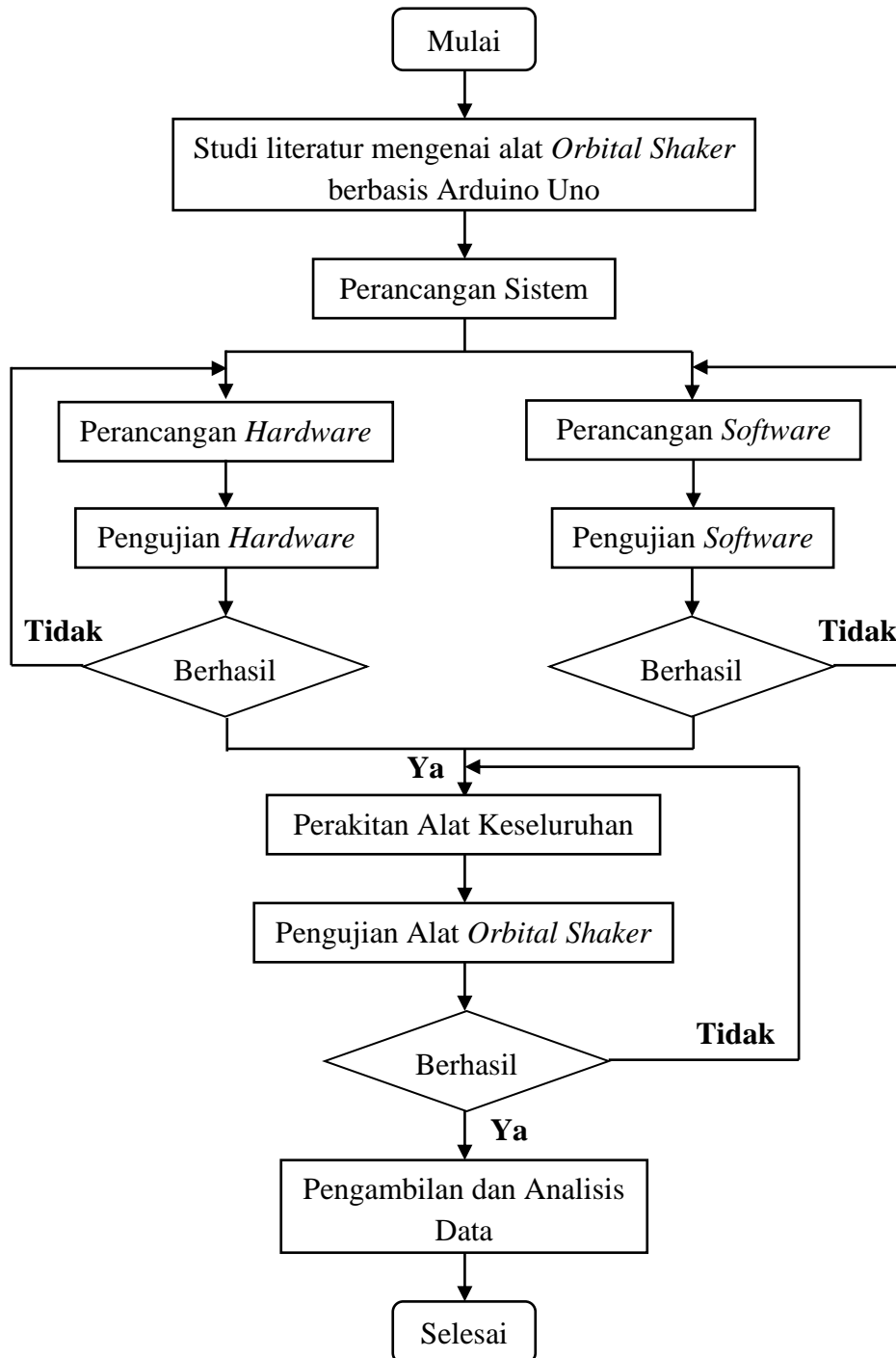
Tabel 3. 2 Bahan – bahan yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1.	Arduino Uno	Untuk mengontrol seluruh kerja alat, seperti mengontrol <i>driver</i> motor untuk motor DC dan menampilkan hasil pembacaan pada <i>display</i> dan <i>input</i> pada potensiometer.
2.	Motor DC	Sebagai penggerak utama untuk menggerakkan alat <i>shaker</i> secara <i>orbital</i> (gerakan melingkar).
3.	<i>Driver</i> Motor DC L298N	Untuk mengendalikan motor DC seperti mengatur waktu putaran dan kecepatan motor DC agar seimbang.
4.	<i>Seven Segment</i> TM1637	Untuk menampilkan nilai kecepatan putar (rpm) dan waktu putar pada saat proses pengadukan.
5.	Potensiometer	Untuk mengatur (<i>input</i>) nilai kecepatan putar (rpm) dan waktu putar pada alat.
6.	<i>Power Supply</i>	Untuk mengubah arus AC dan memberikan tegangan DC pada Arduino dan motor DC.
7.	LM2596 (<i>Step down</i>)	Untuk menurunkan tegangan DC agar tegangan sesuai dengan rangkaian.
8.	<i>Push Button</i>	Sebagai tombol <i>reset</i> dan <i>start</i> untuk memulai proses pengadukan.
9.	Saklar	Sebagai tombol <i>ON OFF</i> untuk menghidupkan dan mematikan alat yang akan dibuat.
10.	<i>Jumper</i> dan Kabel	Untuk menghubungkan rangkaian.
11.	<i>Fan DC</i>	Menjaga suhu motor DC agar tetap optimal.
12.	<i>Ball Caster</i>	Untuk memudahkan pemutaran plat yang terdapat motor DC pada saat bekerja.
13.	Pipa PVC dan akrilik	Untuk membuat rangka dan tempat rangkaian pada alat <i>orbital shaker</i> .

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam membuat Produksi Alat *Orbital Shaker* dengan Pengatur Waktu dan Kecepatan Putar menggunakan Potensiometer Berbasis Arduino Uno, melalui beberapa tahapan. Tahapan – tahapan tersebut antara lain adalah studi literatur mengenai alat *orbital shaker* berbasis Arduino Uno, lalu membuat perancangan sistem. Dalam membuat perancangan sistem terbagi menjadi 2, yaitu perancangan *hardware* (membuat rangkaian) dan perancangan *software* (membuat program). Kemudian, melakukan perakitan alat keseluruhan dan pengujian pada alat *orbital*

shaker. Setelah itu, pengambilan data dan analisis data. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.

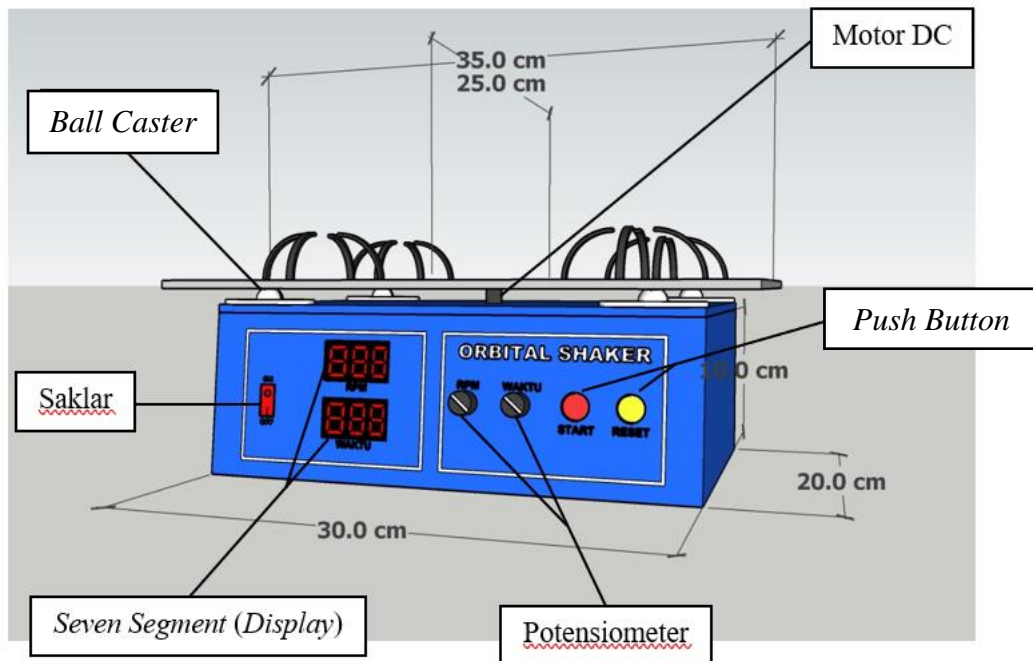


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dari **Gambar 3.1** dapat dilihat bahwa, Produksi Alat *Orbital Shaker* dengan Pengatur Waktu dan Kecepatan Putar menggunakan Potensiometer Berbasis Arduino Uno dimulai dengan studi literatur mengenai alat *orbital shaker* agar dapat menambah wawasan mengenai alat tersebut dan dapat mempermudah dalam hal merancang dan memprogram. Kemudian, perancangan sistem yaitu dengan membuat rangkaian (*hardware*) terlebih dahulu, lalu membuat program (*software*) pada Arduino IDE untuk menjalankan alat sesuai dengan yang diinginkan nantinya. Setelah itu, melakukan pengujian rangkaian menggunakan program yang telah dibuat. Jika pengujian berhasil sesuai dengan yang diharapkan, selanjutnya merakit alat secara keseluruhan yaitu dengan memasang *casing* (wadah), plat pemutar, dan tempat pencapit labu Erlenmeyer sesuai dengan desain yang telah dibuat untuk menutupi rangkaian tersebut. Kemudian, menguji alat *orbital shaker* dan jika berhasil maka proses pengambilan data dan analisis data akan dilakukan.

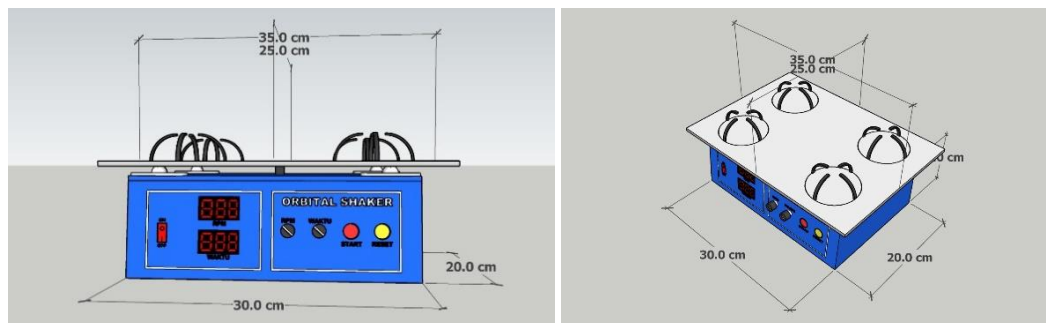
3.3.1 Sketsa Alat *Orbital Shaker*

Alat *orbital shaker* yang akan dibuat memanfaatkan gerakan memutar dari motor DC untuk penggerak utama, *bearing* dan 4 buah *ball caster* untuk memudahkan pemutaran motor DC saat bekerja serta memberikan gerakan seperti berputar. Sketsa alat dibuat menggunakan *software sketch up*. Gambar rancangan alat *orbital shaker* dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Sketsa Alat *Orbital Shaker*

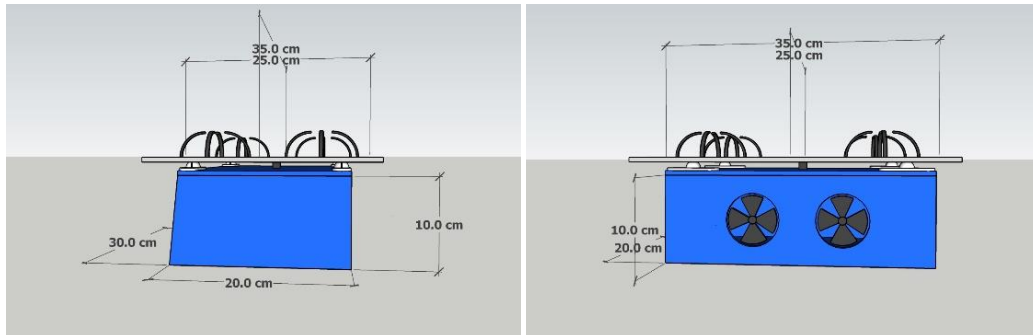
Rancangan alat *orbital shaker* memiliki bentuk seperti timbangan digital. Alat ini memiliki ukuran panjang sebesar 30 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm. Pada bagian plat pemutar memiliki panjang sebesar 35 cm dan lebar 25 cm. Sketsa alat *orbital shaker* jika terlihat dari depan dan atas dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3. 3 Sketsa Alat *Orbital Shaker* Tampak Depan dan Atas

Dari sketsa alat, pada bagian depan alat *orbital shaker* terdapat saklar *ON/OFF* untuk menghidupkan dan mematikan alat, 2 buah *seven segment* sebagai *display* untuk menampilkan nilai kecepatan putar (RPM) pada bagian atas dan nilai waktu putar pada bagian bawah. Selain itu, terdapat 2 buah potensiometer untuk mengatur atau memberikan masukan berupa angka nilai kecepatan dan waktu putar tersebut yang akan ditampilkan pada *seven segment*, serta terdapat 2 buah *push button*

sebagai tombol *start* untuk memulai proses pengadukan dan *push button* sebagai tombol *reset*. Pada bagian atas alat *orbital shaker* terdapat 4 buah pengapit atau penjepit sebagai tempat meletakkan labu Erlenmeyer yang akan diberikan larutan. Penjepit ini berfungsi untuk menjaga labu Erlenmeyer agar tidak berpindah dan jatuh. Sketsa alat *orbital shaker* jika terlihat dari samping dan belakang dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

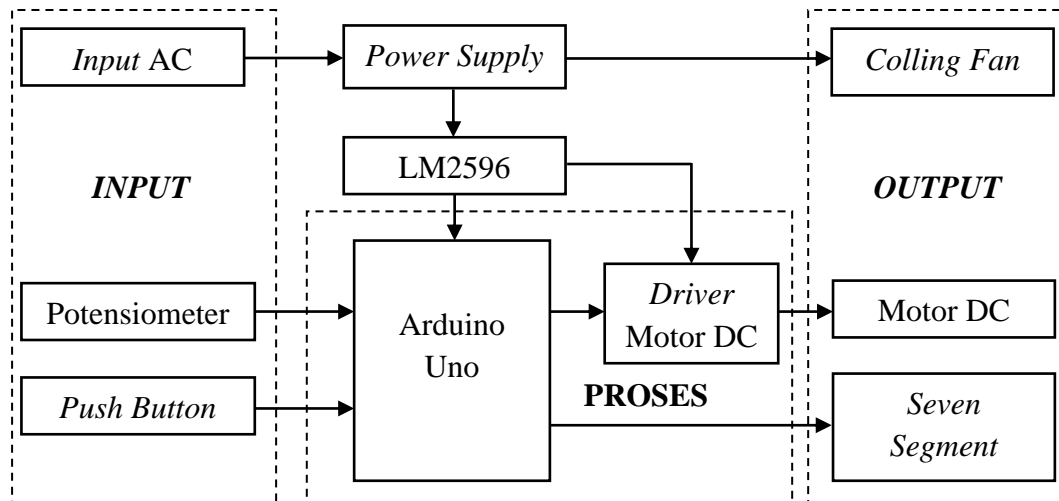


Gambar 3. 4 Sketsa Alat *Orbital Shaker* Tampak Samping dan Belakang

Pada bagian belakang alat *orbital shaker* terlihat bahwa terdapat 2 buah lubang untuk meletakkan komponen kipas DC. Kipas DC ini berfungsi untuk memasukkan udara dingin dan mengeluarkan udara panas agar alat *orbital shaker* dapat bekerja secara optimal pada suhu normal.

3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

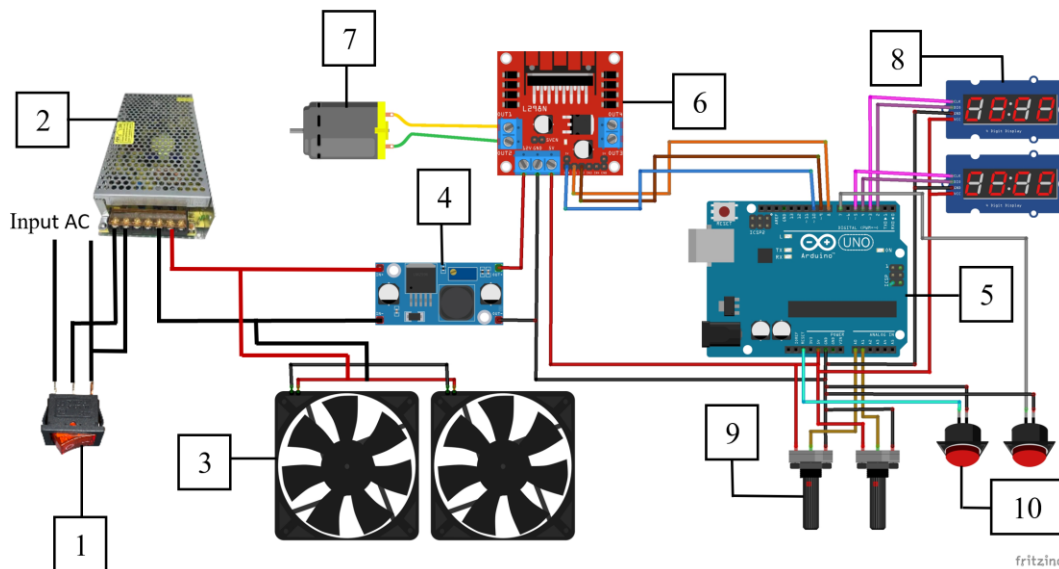
Perancangan perangkat keras (*hardware*) pada alat *orbital shaker* ini menggunakan Motor DC sebagai penggerak utama, *driver* motor DC L298N untuk mengendalikan motor DC seperti mengatur waktu putaran dan kecepatan motor DC, rangkaian *power supply* sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC, modul LM2596 untuk menurunkan tegangan DC, potensiometer sebagai *input* pengatur nilai kecepatan dan waktu putar motor DC, *push button* sebagai tombol *start*, *seven segment* sebagai *display*, dan Arduino Uno sebagai pengontrol seluruh kerja alat (proses). Diagram blok perancangan *hardware* dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3. 5 Diagram Blok Alat *Orbital Shaker*

Berdasarkan **Gambar 3.5**, dapat dijelaskan bahwa *input* dari alat *orbital shaker* ini yaitu, *input AC*, 2 buah potensiometer, dan *push button*. Sedangkan proses pada alat ini terjadi pada *power supply*, *stepdown LM2596*, *Arduino Uno*, *driver motor DC* yang akan menghasilkan *output* berupa kipas DC, motor DC dan *seven segment*. Alat *orbital shaker* dibuat dengan *input* dari tegangan AC 220 V (PLN) diubah menjadi tegangan DC menggunakan rangkaian *power supply* untuk memberikan tegangan pada motor DC dan *Fan DC*. Tegangan DC dari *power supply* akan diturunkan menggunakan modul LM2596 sebagai *input* tegangan yang masuk ke *driver motor DC L298N* dan *Arduino Uno* agar tegangan sesuai dengan rangkaian. *Fan DC* terhubung langsung dengan *power supply* yang akan memasukkan udara dingin dan mengeluarkan udara panas pada alat agar dapat bekerja optimal. Alat ini juga memiliki *input* berupa potensiometer untuk mengatur masukan nilai kecepatan dan waktu putar motor DC serta *push button* sebagai tombol start untuk memulai proses pengadukan dan tombol reset. Setelah seluruh *input* telah diatur, maka sistem perancangan pada alat ini akan diproses oleh *Arduino Uno* dengan *output* berupa gerakan motor DC yang berputar sesuai dengan *input* potensiometer dan *seven segment* akan menunjukkan *display* nilai kecepatan dan waktu putar pada alat *orbital shaker*.

Rangkaian secara keseluruhan alat *orbital shaker* dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3. 6 Rangkaian Alat *Orbital Shaker*

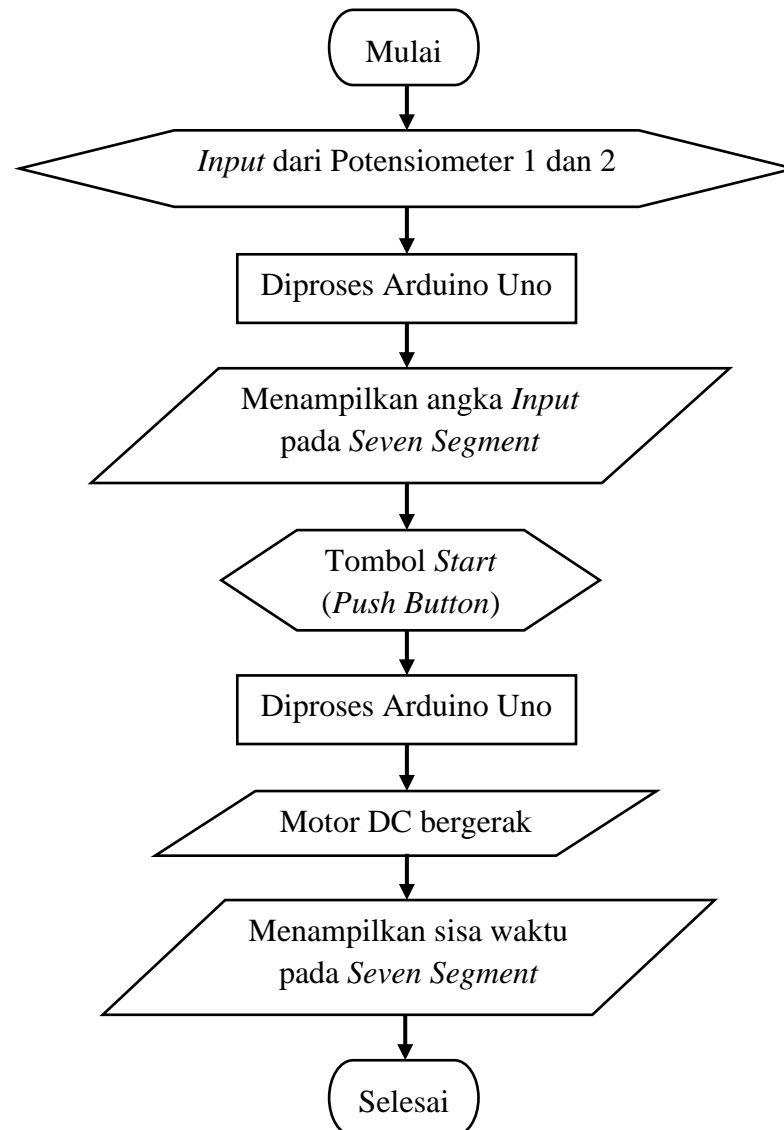
Dari **Gambar 3.6** dapat dilihat bahwa pada nomor (1) merupakan saklar, (2) *power supply*, (3) Fan DC, (4) *stepdown* LM2596, (5) Arduino Uno, (6) *driver* Motor DC L298N, (7) motor DC, (8) *seven segment* TM1637, (9) potensiometer, dan (10) *push button*. Rangkaian alat *orbital shaker* ini dimulai dari arus AC (PLN) menuju saklar *ON OFF*. Ketika saklar dalam keadaan *ON*, maka tegangan dan arus akan mengalir ke *power supply* yang akan mengubah tegangan AC menjadi DC. *Power supply* ini digunakan untuk memberikan tegangan pada kipas DC dan modul *stepdown* LM2596 dengan menurunkan tegangan DC dari *power supply* yang akan tersambung dengan *driver* motor DC L298N dan Arduino Uno. *Driver* motor DC L298N memiliki 16 pin, akan tetapi pada perancangan ini hanya menggunakan 8 pin. Pin *out* 1 dan 2 pada *driver* motor DC L298N akan terhubung dengan motor DC. Pin 12 V terhubung dengan pin *out* (+) *stepdown* sebagai *output* dari tegangan yang sudah diturunkan dari *power supply*, lalu pin GND akan terhubung dengan pin *out* (-) *stepdown* dan pin GND Arduino Uno, serta pin 5V akan terhubung dengan pin 5V Arduino Uno. Kemudian, pin ENA (*Enable* motor A), pin *input out* 1, dan *input out* 2 akan terhubung dengan pin digital 10,8,9 Arduino Uno.

Setelah itu, 2 buah potensiometer yang digunakan untuk mengatur *input* nilai kecepatan dan waktu putar motor DC. Potensiometer ini memiliki 3 pin yaitu, pin

1 (GND), pin 2 (*output*), dan pin 3 (tegangan *input*). Pada pin 1 (GND) kedua potensiometer dihubungkan ke pin GND Arduino Uno, lalu pin 2 (*output*) dihubungkan ke pin A0 Arduino Uno (potensiometer 1) dan pin A1 Arduino Uno (potensiometer 2), serta pin 3 (tegangan *input*) kedua potensiometer dihubungkan ke pin 5V Arduino Uno. Selanjutnya, 2 buah *seven segment* yang digunakan sebagai *display* untuk menampilkan nilai kecepatan putar (rpm) dan waktu putar pada saat proses pengadukan. *Seven segment* memiliki 4 pin yaitu, pin CLK, DIO, GND, dan VCC. Pada pin CLK dan DIO *seven segment* pertama akan dihubungkan dengan pin 3 dan 2 Arduino Uno. Sedangkan pin CLK dan DIO *seven segment* kedua akan dihubungkan ke pin 5 dan 4 Arduino Uno. Masing – masing pin GND *seven segment* dihubungkan ke pin GND Arduino Uno dan pin VCC dihubungkan ke pin 5V Arduino Uno. Kemudian, terdapat 2 buah kipas DC sebagai udara masuk dan mengeluarkan udara panas dari motor DC yang terhubung langsung dengan *power supply*.

3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak (*software*) dibuat untuk mendukung kinerja dari sistem yang telah dirancang sehingga dapat bekerja dengan baik dan memperoleh *output* sesuai dengan yang diinginkan. Pembuatan *software* alat *orbital shaker* ini menggunakan aplikasi Arduino IDE. *Software* Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan menuliskan program pada Arduino. Dengan menggunakan *software* ini, dapat membangun program sesuai dengan yang diinginkan, lalu menguploadnya ke perangkat mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan pada alat *orbital shaker* ini adalah mikrokontroler ATmega328 atau Arduino Uno. Diagram alir rancangan program dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3. 7 Diagram Alir Pemrograman

Berdasarkan **Gambar 3.7** dapat dilihat bahwa diagram alir pemrograman dimulai dari *input* pada potensiometer dengan mengatur nilai kecepatan dan waktu putar untuk proses pengadukan. Setelah *input* tersebut telah diatur, maka Arduino Uno akan memproses dan *output* yang dihasilkan akan menampilkan angka yang telah di atur dari *input* potensiometer pada *seven segment*. Kemudian, menekan tombol *start (push button)* dan Arduino Uno akan memproses kembali, lalu *output* yang dihasilkan adalah *driver* motor DC akan bekerja sesuai dengan *input* kecepatan dan waktu putar yang telah diberikan pada potensiometer yang selanjutnya akan menggerakkan motor DC dan proses pengadukan dimulai. Setelah itu, selama proses pengadukan tersebut, *seven segment* akan menampilkan sisa waktu (*timer*)

dari proses pengadukan dan pada saat waktu sudah selesai maka pergerakan motor DC akan berhenti.

3.4 Tahapan Pengujian

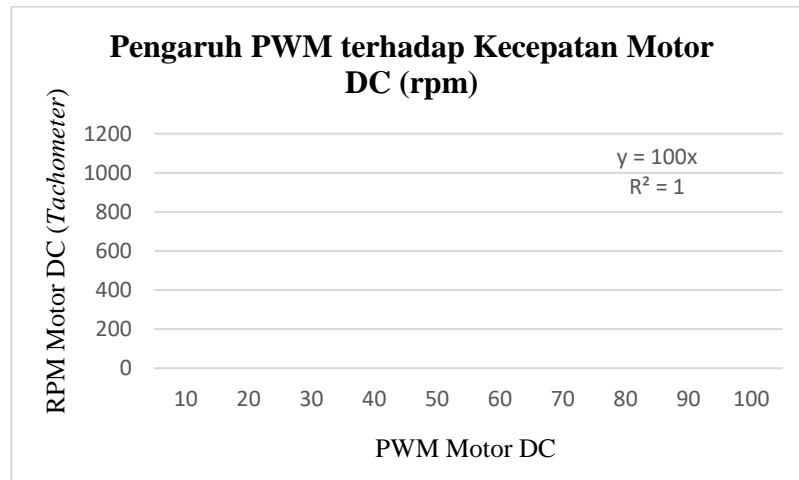
Pada tahapan pengujian dilakukan dengan pengujian terhadap perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pada perangkat keras dilakukan pengujian pada setiap komponen yang digunakan untuk mengetahui kemampuan dari komponen tersebut untuk menjalankan fungsinya. Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk mengetahui kinerja alat sesuai dengan program yang diimplementasikan pada alat tersebut. Pengujian alat meliputi kesesuaian kecepatan putar (rpm) dan waktu putar pada alat. Pengujian motor DC dilakukan untuk mengetahui apakah kecepatan putar (rpm) yang diinput pada potensiometer sama dengan yang diukur menggunakan alat ukur kecepatan yaitu *tachometer*. Nilai kecepatan putar (rpm) yang akan diinput adalah mulai dari 150 rpm sampai 360 rpm dengan kelipatan 30 dan waktu putar sebesar 30 menit, 60 menit, dan 90 menit.

Pengujian pertama adalah pengujian untuk mengetahui hubungan nilai PWM terhadap kecepatan putar motor DC. Pengujian ini dilakukan dengan cara memvariasikan *input* nilai PWM, lalu akan didapatkan nilai kecepatan putar motor DC (rpm) pada nilai PWM yang telah di *input* tersebut. Pengukuran kecepatan putar (rpm) ini menggunakan alat ukur kecepatan yaitu *tachometer*. Dari pengujian ini, maka akan didapatkan rancangan tabel hasil hubungan nilai PWM terhadap kecepatan motor DC seperti pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3. 3 Rancangan Hubungan Nilai PWM terhadap Kecepatan Motor DC
(rpm)

PWM Input Potensiometer	Duty Cycle (%)	Kecepatan Putar Motor (rpm) terukur Tachometer
------------------------------------	-----------------------	---

Berdasarkan data yang telah diperoleh, dari nilai PWM yang di *input* akan didapatkan nilai kecepatan putar motor DC (rpm) yang diukur menggunakan alat ukur *tachometer*. Dari data hasil pengujian ini, menghasilkan rancangan grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



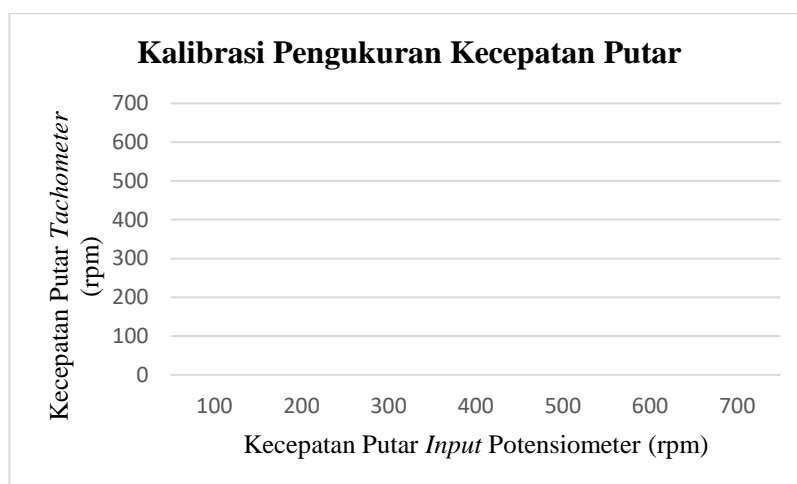
Gambar 3. 8 Rancangan Grafik Hubungan PWM terhadap Kecepatan Motor DC (rpm)

Dari grafik hubungan nilai PWM terhadap nilai kecepatan putar motor DC (rpm), maka akan didapatkan persamaan linear dari data tersebut. Persamaan linear ini nantinya akan dimasukkan ke dalam program pada Arduino IDE agar dapat mengubah nilai PWM menjadi rpm. Setelah itu, potensiometer sudah bisa mengatur nilai kecepatan putar motor DC (rpm) untuk proses pengadukan. Selanjutnya, pengujian kalibrasi kecepatan putar motor DC (rpm) untuk mengetahui *error* atau kesalahan yang terjadi pada alat sebelum digunakan. Kalibrasi alat *orbital shaker* ini dilakukan dengan menjalankan alat tanpa beban dan dihitung nilai kecepatan putar (rpm) yang terukur menggunakan *tachometer* apakah sudah sesuai dengan nilai rpm yang diinput. Dari pengujian ini, maka didapatkan rancangan tabel hasil kalibrasi kecepatan putar motor DC (rpm) yang dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3. 4 Rancangan Hasil Kalibrasi Kecepatan Putar Motor DC

No	Kecepatan Putar <i>Input</i> Potensiometer (rpm)	Kecepatan Putar Terukur <i>Tachometer</i> (rpm)	<i>Error</i> rata – rata (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Data yang diperoleh dari pengujian hasil kalibrasi kecepatan putar motor DC (rpm) yaitu berupa nilai kecepatan putar (rpm) yang diukur pada motor DC menggunakan alat ukur *tachometer*. Kemudian, data ini akan dibandingkan dengan nilai *input* kecepatan putar (rpm) yang dimasukkan pada alat. Lalu, data tersebut dihitung nilai *error* rata – rata, akurasi, dan presisinya. Dari data hasil pengujian ini, menghasilkan rancangan grafik perbandingan yang dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.

**Gambar 3. 9** Rancangan Grafik Kalibrasi Pengukuran Kecepatan Putar Motor DC

Selanjutnya, dilakukan pengujian pengukuran nilai kecepatan putar (rpm) dengan beban untuk mengetahui fungsi kerja optimal pada alat *orbital shaker* yang dibuat. Beban yang digunakan berupa labu erlenmeyer berisi larutan air yang ditimbang beratnya. Dari pengujian ini, maka didapatkan rancangan tabel hasil pengujian nilai kecepatan putar (rpm) dengan beban yang dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3. 6 Rancangan Pengujian Kalibrasi Waktu Putar

No	Waktu Putar <i>Input</i> Potensiometer (s)	Waktu Putar <i>Stopwatch</i> (s)			Waktu Putar rata – rata (s)	<i>Error</i> rata – rata (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)
		1	2	3				
1.								
2.								
3.								

Dari hasil data yang diperoleh pada pengujian kalibrasi waktu putar, maka akan dihitung pula nilai *error*, akurasi dan presisi dalam pengukur menggunakan

Persamaan 3.1-3.3.

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

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

$$\%P = \left[1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \right] \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan :

E : Nilai *Error*

A : Nilai Akurasi

P : Nilai Presisi

Y : Nilai Parameter Referensi

X_n : Nilai Parameter Terukur ke-n

\bar{X}_n : Rata – rata Nilai Parameter Terukur ke-n

V. KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil simpulan sebagai berikut.

1. Alat *orbital shaker* berbasis Arduino Uno berhasil dibuat dengan desain yang baik dan menggunakan motor DC sebagai penggerak, potensiometer sebagai pengatur waktu dan kecepatan putar, *seven segment* TM1637 sebagai *display* untuk menampilkan nilai waktu dan kecepatan putar yang diatur potensiometer, serta *push button* sebagai tombol *start* dan *reset*.
2. Alat *orbital shaker* dapat berputar dengan *range* kecepatan putar yang dapat diinput sebesar 240 – 374 rpm dan waktu maksimal 90 menit dengan beban larutan maksimal 1000 gram. Dari hasil pengujian, nilai kecepatan putar motor DC (rpm) tanpa beban didapatkan rata – rata *error* sebesar 1,09%, akurasi 98,91%, dan presisi 99,77%, sedangkan pada waktu putar didapatkan nilai rata – rata *error* sebesar 2,45%, akurasi 97,55 dan presisi 99,99%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan motor DC yang lebih baik dengan maksimal kecepatan putar dan torsi yang lebih besar agar nilai kecepatan putar yang dihasilkan ketika diberikan beban sesuai dengan nilai kecepatan putar sebelum diberikan beban.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, & Hamrin, L. O. 2020. Pengontrolan Waktu Dan Kecepatan Putar *Orbital Shaker* Berbasis Mikrokontroler ATmega328. *Jurnal Teknik Elektromedik*, 4(1), 39-48.
- Abrianto, Y. H. 2021. Rancang Bangun Rotor *Orbital Shaker* Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC. (*Skripsi*). Universitas Jambi.
- Amin, M., Ananda, R., & Eska, J. 2019. Analisis Penggunaan *Driver Mini Victor L298N* terhadap Mobil Robot dengan Dua Perintah Android dan Arduino Nano. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 6(1), 51-58.
- Andreas, A., Priyandoko, G., & Mukhsim, M. 2020. Kendali kecepatan Motor Pompa Air DC Menggunakan PID-CSA Berdasarkan Debit Air Berbasis Arduino. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 1(1), 1-14.
- Elsa. 2016. *Blog Pribadi, Jenis - Jenis Shaker dan Fungsinya*. Jakarta Selatan. *Labsatu News*. Diakses 07 Desember 2018.
- Fikriyah, L., & Rohmanu, A. 2018. Sistem Kontrol Pendingin Ruangan menggunakan Arduino WEB Server *Fuzzy Logic* di PT. INOAC *Polytechno* Indonesia. *Jurnal Informatika*, 3(1), 21-27.
- Fauzi, M. 2021. Rancang Bangun *Orbital Shaker* dengan Pengisian Cairan Berbasis Arduino. (*Skripsi*). Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta II.
- Firmansyah, A., & Marniati, Y. 2017. Pemodelan Karakteristik Motor DC *Shunt*, Motor DC Seri, dan Motor DC Kompon Menggunakan Matlab Simulink sebagai Media Pembelajaran Modul Praktikum Mesin - mesin Listrik. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 6(1), 63-73.
- Iskandar, S. M. 2015. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Media Nusa Creative. Malang.
- Kholisatin, M., Indrato, T. B., & Nugraha, P. C. 2014. *Orbital Shaker* Dilengkapi *Display* Kecepatan. (*Skripsi*). Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya.

- Megido, A., & Ariyanto, E. 2015. Sistem Kontrol Suhu Air menggunakan Pengendali PID dan Volume Air pada Tangki Pemanas Air Berbasis Arduino Uno. *Gema Teknologi*, 18(4), 21-28.
- Nurlette, D., & Wijaya, T. N. 2018. Perancangan Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan Ideal Berbasis Arduino. *Sigma Teknika*, 1(2), 172-184.
- Prabowo, B. A. 2010. Pemodelan Sistem Kontrol Motor DC dengan Temperatur Udara sebagai Pemicu. *INKOM Journal*, 2(1), 39-43.
- Rahardjo, R. F. A., & Winarno, H. 2012. Pendeteksi Ketinggian Level Air dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8 serta LED *Buzzer* dan *Seven Segment* sebagai Peringatan Dini Kenaikan Air Pasang (ROB) Berbasis *Programmable Logic Controller* CPIE-E40DR-A. *Gema Teknologi*, 17(1), 22-24.
- Sadi, S., & Syahputra, I. 2018. Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air dan Sistem Kontrol pada Pintu Air Berbasis Arduino dan SMS Gateway. *Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7(1), 77-91.
- Saputra, W. D., & Kurniawati, Y. 2021. Desain Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Praktikum Pengenalan Alat Laboratorium Kimia Sekolah Menengah Atas. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2), 268-276.
- Saro, F. S., Sompie, S. R. U. A., & Allo, E. K. 2018. Rancang Bangun Alat Simulasi Latihan Menembak Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(3), 251-258.
- Septiani, E. 2022. Rancang Bangun Alat *Shaker* dengan Input Menggunakan *Keypad* Berbasis Arduino. (*Skripsi*). Universitas Lampung.
- Setiawan, D., Syahputra, T., & Iqbal, M. 2014. Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 1(1), 55-62.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. U. A. 2016. *Trainer* Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(3), 13-23.
- Susanti, P. A. A., Supardi, I. W., & Suarbawa, K. N. 2016. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Ketinggian Kolom Cairan Infus menggunakan Sensor Potensiometer dan Berbasis Mikrokontroler AT89S52. *Buletin Fisika*, 17(2), 67-74.
- Vadiska, R. T., Wisana, I. D. G. H., & Mak'ruf, M. R. 2015. *Orbital Shaking Incubator* Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. (*Skripsi*). Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya.
- Wahyudi, U. 2018. *Mahir dan Terampil Belajar Elektronika untuk Pemula*. Deepublish Publisher. Yogyakarta.

- Widharma, I. G. S., & Wiranata, L. F. 2022. *Mikrokontroler dan Aplikasi*. Wawasan Ilmu. Jawa Tengah.
- Widiastuti, A. 2019. *Konsep Dasar dan Manajemen Laboratorium IPS*. UNY Press. Yogyakarta.
- Winarno, & Arifianto, D. 2011. *Bikin Robot itu Gampang*. PT Kawan Pustaka. Jakarta Selatan.
- Yohandri, & Asrizal. 2016. *Elektronika Dasar 1 : Komponen, Rangkaian, dan Aplikasi*. Prenada Media. Jakarta.