

**RANCANG BANGUN ROTOR ORBITAL *SHAKER*
SEDERHANA BERBASIS ARDUINO MEGA DAN
MOTOR DC**

SKRIPSI



**YOKA HARY ABRIANTO
F1C314023**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2021**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi
Yang menyatakan

Yoka Hary Abrianto
F1C314023

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan merancang bangun orbital *shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc. Tujuan kedua yaitu mengetahui kelebihan dan kekurangan orbital *shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc. Secara mendasar *Orbital shaker* memiliki prinsip kerja yaitu memanfaatkan gerakan dan getaran satu arah dengan kecepatan relatif lambat. Sehingga rotor yang digunakan dapat menggunakan motor dc magnet permanen. Motor DC Magnet Permanen didefinisikan sebagai suatu mesin dengan fungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik. Konstruksi dasar Motor DC ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu rotor dan stator.

Sistem kerja dari rancangan bangun orbital *shaker* sederhana berbasis Arduino Mega dan motor dc yaitu 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. Sedangkan untuk mengatur waktu putar yang diinginkan dibutuhkan ritme pengaturan atau rotasi per menit. Pengaturan ritme dapat dilakukan dengan memasukkan nilai kecepatan berputar dan waktu yang dibutuhkan dengan memberi *input* melalui *push button*. Setelah ritme putaran dan waktu yang dibutuhkan sudah ditentukan. Ritme putaran dan waktu ini, kemudian akan dieksekusi oleh motor penggerak. Ritme putaran diatur menggunakan metode pulsa with modulation. Semua dibungkus dengan mikrokontroler Atmega 2560 dan LCD sebagai monitor. Kemudian dibuat skematik rangkaian sistem serta gambaran mekanik sistem secara mendetail.

Hasil penelitian diperoleh hasil bahwa selisih waktu putar motor dc tidak berbeda jauh dengan waktu yang terukur pada stopwatch. Semakin lama waktu putar motor dc selisih waktu yang dengan 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. Selain itu 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.

SUMMARY

This study aims to design a simple orbital shaker based on an arduino mega and a dc motor. The second objective is to know the advantages and disadvantages of simple orbital shakers based on Arduino Mega and DC motors. Basically the Orbital shaker has a working principle that is to utilize movement and vibration in one direction at a relatively slow speed. So that the rotor used can use a permanent magnet dc motor. Permanent Magnet DC Motor is defined as a machine with the function of converting direct current electric power into motion or mechanical energy. The basic construction of this DC motor consists of two main parts, namely the rotor and the stator.

The working system of a simple orbital shaker design based on Arduino Mega and a dc motor is to utilize the circular motion of a dc motor to stir samples both in the form of a solution and a material to become homogeneous. The dc motor is connected to the microcontroller through the L298N dc motor driver which functions to control the speed and direction of rotation of the dc motor. Meanwhile, to set the desired play time required rhythm settings or rotations per minute. Rime settings can be done by entering the value of the rotating speed and time required by providing input via a push button. After the rhythm of the round and the time required has been determined. This rotation rhythm and time will then be executed by the motor. The rotation rhythm is set using the pulse with modulation method. All wrapped with an Atmega 2560 microcontroller and LCD as a monitor. Then made a schematic of the system circuit as well as a detailed mechanical description of the system.

The results showed that the difference in the rotational time of the dc motor was not much different from the time measured on the stopwatch. The longer the rotation time of the dc motor, the greater the time difference with the stopwatch, but the error value is not so large, namely 0.77% for 300 seconds, 0.85% for 600 seconds and 0.83% for 900 seconds. In addition, the effect of changes in pwm on the rotational speed of the dc motor is measured. The results obtained indicate that there is a change in the rotational speed of the dc motor along with the addition of input from pwm. In addition, when there is a change in the PWM input, the voltage on the dc motor also changes.

**RANCANG BANGUN ROTOR ORBITAL *SHAKER*
SEDERHANA BERBASIS ARDUINO MEGA DAN
MOTOR DC**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir Program
Studi Fisika S-1



**YOKA HARY ABRIANTO
F1C314023**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2021**

PENGESAHAN

Proposal penelitian dengan judul **Rancang Bangun Rotor Orbital Shaker Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC** yang disusun oleh YOKA HARY ABRIANTO, NIM : F1C314023 telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 10 September 2021 dan dinyatakan lulus:

Susunan Tim Penguji

Ketua	: Nehru, S.Si.,M.T.
Sekretaris	: M. Ficky afrianto, S.Si.,M.Si.
Anggota	: 1. Drs. Nasri MZ., M.S. 2. Nurhidayah, S.Pd.,M.Sc. 3. Mardian Peslinof, S.Si.,M.Si

Disetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Nehru S.Si.,M.T
NIP.197602082001121002

M. Ficky Afrianto, S.Si., M.Si.
NIDN. 0018018605

Diketahui:

Dekan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Jambi

Ketua Jurusan MIPA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Jambi

Prof. Drs. Damris M., M.Sc., Ph.D.
NIP. 196605191991121001

Dr. Madyawati Latief, S.P., M.Si.
NIP. 197206241999032001

RIWAYAT HIDUP



Yoka Hary Abrianto lahir di Bangko pada tanggal 05 Oktober 1996. Penulis merupakan pertama dari dua saudara dari pasangan suami istri Alfianto dan Sukaisih. Penulis memulai pendidikan di SD IT Al Azhar Jambi pada tahun 2002 hingga 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 11 Kota Jambi pada tahun 2008 hingga 2011. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA Islam Al Falah Kota Jambi pada tahun 2011 hingga 2014. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Universitas Jambi, Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Fisika di tahun 2014 melalui jalur SBMPTN.

Penulis mengakhiri masa studi di program studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi dengan melaksanakan Magang di RSUD Raden Mattaher Jambi. Setelah itu, penulis menyusun tugas akhir dan skripsi yang dibimbing oleh Bapak Nehru, S.Si., M.T. selaku pembimbing utama dan Bapak Mhd. Ficky Afrianto, S.Si., M.Si. selaku pembimbing pendamping yang berjudul **“Rancang Bangun Rotor Orbital Shaker Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC”**.

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, dan karunia-NYA kepada penulis diberi kemudahan dan kekuatan dalam menyelesaikan skripsi penelitian yang berjudul **“Rancang Bangun Rotor Orbital Shaker Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC”**. Shalawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada Rasulullah SAW yang memberikan cahaya pengetahuan kepada seluruh umat.

Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi syarat kelulusan bagi mahasiswa S-1 di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Dalam penyelesaian penulisan skripsi ini, penulis telah mendapatkan berbagai bimbingan, arahan, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua Orang Tua Bapak Alfianto dan Ibu Sukaisih dan adik tercinta Nur Rada Rina yang senantiasa selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, dan materi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Prof. Drs. Damris M, M.Sc., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Madyawati Latief, S.P., M.Si. sebagai Ketua Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Nurhidayah, S.Pd. M.Sc. Sebagai ketua program studi fisika yang telah memberi dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Nehru, S.Si.,M.T. sebagai pembimbing utama yang telah memberikan arahan serta bimbingan secara langsung kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. M. Ficky Afrianto, S.Si.,M.Si. sebagai pembimbing skripsi kedua yang telah memberikan arahan serta bimbingan secara langsung kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Staff Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu dalam surat-menyerat tugas akhir penulis.
8. Para dosen dan staff program studi fisika yang telah memberi dukungan sehingga penulis siap dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman Prodi Fisika Fakulktas Sains dan Teknologi Universitas Jambi yang telah memberikan dukungan sehingga penulis semakin giat dalam menyelesaikan skripsi ini dan banyak memberikan pengalaman baik dalam kepemimpinan, sosial, dan lainnya.

Jambi, 10 September 2021
Penulis

Yoka Hary Abrianto
F1C314023

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY	iii
HALAMAN JUDUL	iv
PENGESAHAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
II. DASAR TEORI	4
2.1. Pengocok (<i>Shaker</i>)	4
2.2. Arduino Mega	6
2.3. Aktuator	7
2.4. Motor DC	10
2.5. <i>pulse width modulation</i> (PWM)	12
2.6. Driver Motor DC	14
2.7. <i>H-bridge</i>	14
2.8. Tachometer	15
III. METODE PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat	21
3.2. Alat dan Bahan	21
3.3. Metode Penelitian	22
3.4. Diagram Alir Penelitian	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Perbandingan Ketepatan Waktu Putar Motor Dc Terhadap <i>Stopwach</i>	30
4.2. Pengaruh Perubahan PWM Terhadap Kecepatan Rotasi Motor DC	32
4.3. Perbandingan Kecepatan Rotasi Alat dengan Alat Ukur Kecepatan	35
4.4. Pengujian Ketahanan Waktu Operasi Alat	37
4.4. Sistem Kerja Alat	39

V.KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1.Kesimpulan	41
5.2.Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Orbital <i>shaker</i> sederhana.....	5
2. Pin out Atmega 2560.....	6
3. Diagram blok dan struktur mikrokontroler	7
4. Solenoid	8
5. Aktuator hidrolik	8
6. Silinder kerja tunggal.....	9
7. Silinder kerja ganda	9
8. Motor DC.....	10
9. Kaidah tangan kiri dan prinsip kerja motor DC	11
10. <i>Dutty cyle</i>	12
11. <i>Dutty cyle surge</i>	13
12. Driver motor DC L298N.....	14
13. Rangkaian H-Bridge.....	15
14. Skema alat ukur tachometer	17
15. Alat ukur tachometer	19
16. Cara menggunakan tachometer.....	19
17. Sistem kerja alat.....	22
18. Desain alat orbital <i>shaker</i> tampak depan	23
19. Desain orbital <i>shaker</i> tampak belakang.....	24
20. Desain orbital <i>shaker</i> tampak dalam	24
21. Desain orbital <i>shaker</i> tampak atas	25
22. Skematik rangkaian.....	26
23. Skematik rangkaian <i>power supply</i>	27
24. <i>Flowchart</i> program	28
25. <i>Flowchart</i> penelitian.....	29
26. <i>Flowchart</i> pengujian alat	29
27. Linearitas waktu alat dengan stopwatch	31
28. Linearitas PWM terhadap RPM	33
29. Linearitas PWM terhadap tegangan motor dc.....	35
30. Linearitas kecepatan terukur dengan kecepatan yang diatur	37
31. Hasil uji ketahanan waktu operasional alat	38
32. Orbital <i>shaker</i> yang telah dibuat.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.Alat	21
2.Bahan	21
3.Hasil pengujian waktu alat dengan waktu terukur.....	30
4.Pengaturan nilai PWM terhadap kecepatan rotasi motor DC	32
5.Pengaruh peningkatan PWM terhadap tegangan pada motor DC.....	34
6.Hasil uji kecepatan rotasi motor dc	36
7.Hasil uji ketahanan waktu operasi alat	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Uji Waktu Dengan <i>Stopwach</i>	44
2. Gambar Alat Orbital <i>Shaker</i>	44
3. Gambar Pengukuran Kecepatan Menggunakan sensor LM393	45
4. Gambar Pengukuran Pengaruh Perubahan <i>Input</i> PWM Terhadap Tegangan Motor DC	46
5. Algoritma Alat yang Dibuat	46
6. Perhitungan Error Waktu Alat	50
7. Perhitungan Duty Cicle.....	51
8. Desain Ukuran Alat	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LatarBelakang

Shaker merupakan alat yang berfungsi untuk pengadukan suatu bahan atau larutan hingga terbentuk bahan atau larutan yang homogen, sering juga disebut dengan *Shaker* (Muller,2004). Proses pengadukan pada *Shaker* menggunakan sistem getaran satu arah atau gerakan satu arah. Ada beberapa jenis *Shaker* dimana setiap jenis *Shaker* berbeda fungsi tergantung pada kenggunaan, salah satu *Shaker* tersebut adalah *Orbital shaker*. *Shaker* ini merupakan salah satu jenis *Shaker* yang sistem pengadukan digunakan gerakan gemetar melingkar dalam orbit atau poros dengan kecepatan yang relatif lambat yaitu berkisar 25 – 2500 rpm yang mana jenis *Shaker* ini sangat cocok untuk kultur mikroba. Mesin pengocok (*shaker*) bukanlah hal baru, tetapi desain mesin pengocok saat ini dalam mencampur bahan, operator menggunakan mesin pengocok yang besar dan mahal yang sulit dipindahkan dan membutuhkan lebih banyak power suplay yang kuat untuk mendukung mesin (Mracek, dkk, 2005).

Secara mendasar *Orbital shaker* memiliki prinsip kerja yaitu memanfaatkan gerakan dan getaran satu arah dengan kecepatan relatif lambat. Dalam membuat getaran atau gerakan satu arah adalah dengan menggunakan aktuator. Aktuator sendiri adalah bagian yang berfungsi sebagai penggerak dan merupakan peranti elektro-mekanik yang menghasilkan daya gerakan. Aktuator yang sering digunakan sebagai penghasil gerak melingkar adalah Motor DC magnet permanen.

Aktuator merupakan nama yang diberikan pada perangkat yang dapat merubah energi *input* menjadi energi mekanik salah satu contohnya adalah motor DC magnet permanen. Motor DC Magnet Permanen didefinisikan sebagai suatu mesin dengan fungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik. Konstruksi dasar Motor DC ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang berputar, berupa koil di mana arus listrik dapat mengalir, sedangkan stator adalah bagian yang tetap dan menghasilkan medan magnet dari koilnya. Dalam pengaturan arah putaran, Motor DC Magnet Pemanen memerlukan rangkaian tambahan, rangkaian ini biasa disebut dengan rangkaian *H-Bridge* driver motor. *H-Bridge* sendiri merupakan perangkat keras dan umumnya terdiri dari empat buah transistor dengan sifat sebagai saklar. Dinamakan rangkaian *H-Bridge* karena bentuk rangkaiannya menyerupai huruf “H”. Prinsip rangkaian ini adalah

mengatur mati-hidupnya keempat transistor tersebut agar motor dapat digerakkan. Untuk mengatur mati-hidupnya keempat transistor tersebut menurut Baharudin (2012) dapat digunakan sebuah metode, metode itu biasa disebut dengan *Pulse width modulation* (PWM) atau Modulasi Lebar Pulsa. Pada dasarnya *Pulse width modulation* adalah satu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap.

Pembuatan *Pulse width modulation* akan menjadi lebih sederhana dan lebih akurat jika menggunakan IC mikrokontroler yang menyediakan atau memiliki kedali PWM didalamnya. IC mikrokontroler didefinisikan sebagai suatu komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu dan terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), memori (RAM dan ROM) serta perangkat *INPUT* dan *OUTPUT* yang dapat diprogram. IC mikrokontroler ini terdiri dari berbagai jenis dan tipe, diantaranya adalah Arduino Mega. Arduino Mega memiliki pin *input/output* sebanyak 54. Dari 54 pin digital tersebut terbagi atas 15 pin PWM, 16 buah *analog*, 19 pin digital, dan 4 UART.

Penelitian – penelitian sebelumnya seperti Ma'rifatul Kholisatin di tahun 2014 dalam penelitian mendapatkan bahwa *Orbital shaker* dapat direkayasa. Rekayasa yang dilakukan oleh Ma'rifatul adalah memanfaatkan motor DC sebagai rotor dan mikrokontroler ATmega-8535 sebagai pengatur jalannya sistem serta display LCD 2x16 untuk menampilkan kecepatan motor dan waktu yang telah ditentukan. Ridha di tahun 2015 dalam penelitian Rancang Bangun Sistem Kontrol *Solution Shaker* Berbasis Mikrokontroler AT- 89S51 Dengan Motor *Stepper* Sebagai Penggerak, disimpulkan bahwa sistem kontrol *Shaker* dapat direkayasa dengan bantuan mikrokontroler dan motor *stepper* dapat digunakan sebagai penggerak *Shaker*. Saputro.I.S ditahun 2018 dengan penelitian Rancang Bangun Inkubator *Shaker* Berbasis Mikrokontroler Uno R3 mendapatkan bahwa Inkubator *Shaker* dapat direkayasa dengan bantuan mikrokontroler Mikrokontroler Uno R3 sebagai Pengontrol, dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa alat berkerja dengan baik sesuai dengan yang telah direncanakan. Dari penelitian-peneitian sebelumnya memiliki kelemahan alat tidak dapat beroperasi selama 24 jam nonstop dikarenakan alat mengalami panas yang berlebihan sehingga kinerjanya menurun. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan agar menjadi lebih baik.

Berdasarkan hasil indentifikasi masalah diatas dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dapat dibuat *orbital shaker* dengan memanfaatkan motor DC yang dapat menggunakan daya rendah untuk suplay tegangan serta mudah untuk dipindahkan. Dengan demikian penulis membuat

penelitian dengan judul “**Rancang Bangun Rotor *Orbital shaker* Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC**”.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang bangun rotor *orbital shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc?
2. Bagaimana performa rancang bangun rotor *orbital shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc?

1.3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang maka dalam penelitian ini memiliki tujuan sebagaiberikut:

1. Merancang bangun *orbital shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc.
2. Mengetahui kelebihan dan kekurangan *orbital shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc.

1.4. Manfaat

Pada penelitian ini memiliki manfaat baik dibidang Akademis, Universitas maupun penulis. Adapun manfaat yang dapat diambil sebagai berikut:

Bidang Akademis

Dalam bidang akademis hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai literatur guna untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Universitas

Membantu ketersediaan alat bagi para peneliti biologi yang terkendala saat melakukan penelitian khususnya dalam menghomogenkan suatu larutan.

Penulis

Bagi penulis penelitian ini memiliki beberapa manfaat diantaranya:

1. Sebagai syarat menyelesaikan studi pada program studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
2. Membantu penulis dalam mengembangkan kemampuan fungsi dari arduino mega sebagai kontroler alat *orbital shaker*.
3. Membantu penulis dalam mengembangkan motor dc untuk membuat *orbital shaker*.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengocok (*Shaker*)

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*. Beberapa kegiatan laboratorium pasti membutuhkan alat laboratorium yang satu ini. Terutama untuk anda 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*.

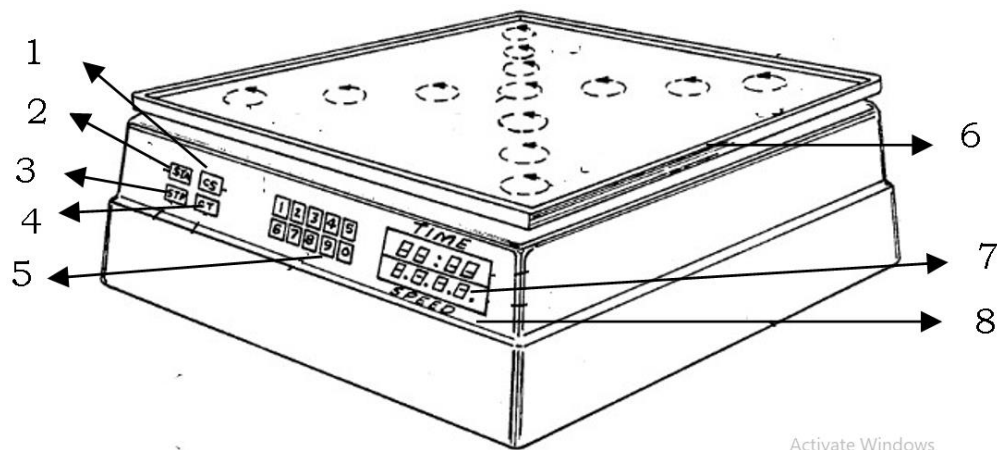
(1) *Vortex Shaker*. *Shaker* jenis ini pertama kali diciptakan oleh Karft bersaudara pada tahun 1962. Saat itu, Jack A. Kraft dan Harold D. Kraft tengah bekerja untuk sebuah industri ilmiah (produsen peralatan laboratorium). Kemudian pada 6 April 1959, *vortex shaker* dipatenkan. *Vortex shaker* merupakan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

(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 diletakan dalam wadah dengan alas datar seperti erlenmeyer, gelas kimia atau kumpulan tabung reaksi yang berada dalam sebuah wadah dengan alas datar. *Shaker* platform memiliki

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.

(3) Incubator Shaker Tentu tidak asing dengan jenis *shaker* yang satu ini. 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 ulangan DNA. *Shaker* inkubator ini berfungsi ganda yaitu untuk menghomogenkan nutrisi dan menjaga kondisi yang dibutuhkan dalam pertumbuhan mikroba.

(4) Orbital shaker *Orbital shaker* adalah salah satu jenis *shaker* yang memiliki gerakan gemetar melingkar (dalam orbit atau porosnya) dengan kecepatan yang relatif lambat (25-500 rpm). Lambatnya kecepatan ini menghasilkan getaran yang rendah. Bukan hanya getaran rendah, jenis *shaker* yang satu juga menghasilkan suhu yang rendah dibandingkan *shaker* lain. Hal ini membuat *orbital shaker* sangat cocok untuk kultur mikroba.



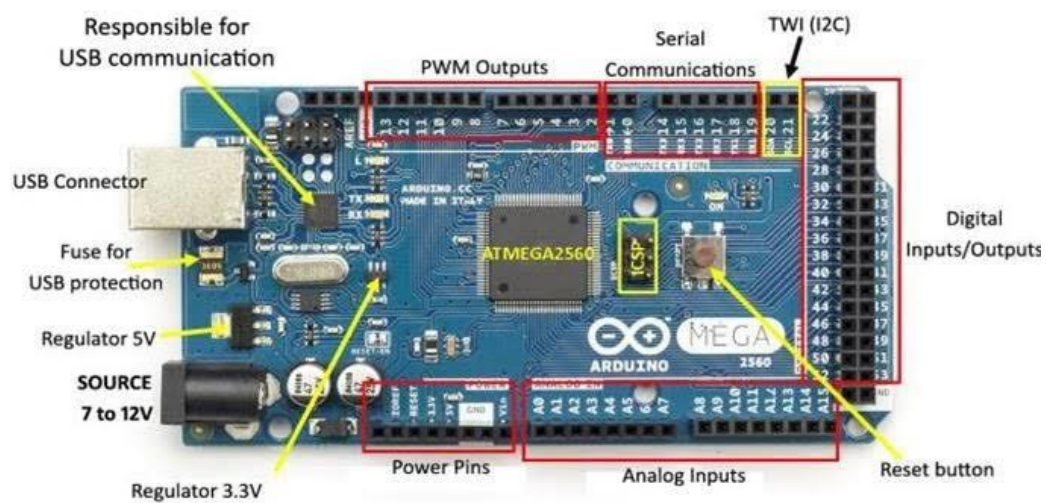
Gambar 1. *Orbital shaker* sederhana

(Sumber: <https://www.alatalatlab.com/shaker-alat-laboratorium/>)

Berdasarkan Gambar 1 *orbital shaker* sederhana memiliki beberapa bagian yaitu 1. Tombol *Counter Strake* (CS) berfungsi untuk memutar balik rotasi *orbital shaker*. 2. Tombol *Start* (STR) berfungsi untuk memulai *orbital shaker* beroperasi. 3. Tombol *Stop* (STP) berfungsi untuk menghentikan sejenak operasi *orbital shaker*. 4. Tombol CT berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan daya. 5. Tombol angka untuk memasukkan nilai kecepatan dan waktu yang diinginkan. 6. Tempat untuk meletakkan sampel liquid. 7. Tampilan waktu. 8. Tampilan kecepatan.

2.2. Arduino Mega

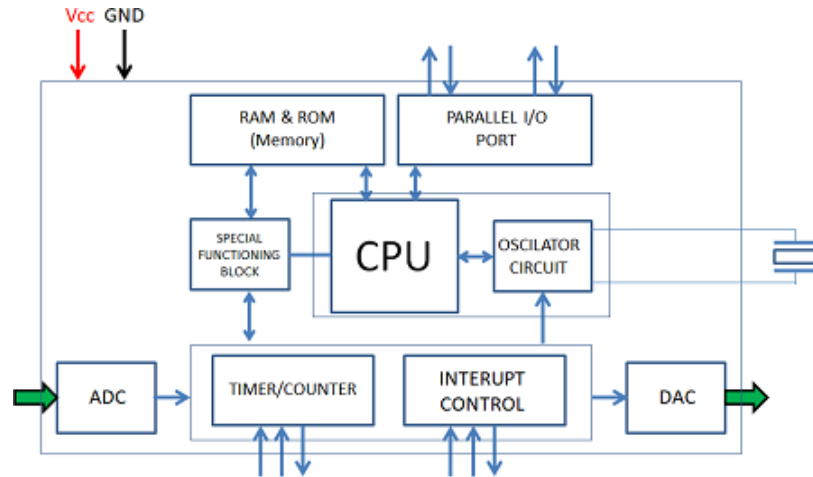
Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 memiliki 54 pin *input / output* digital (14 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input analog*, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler; cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC-to-DC atau baterai untuk memulai. Mega kompatibel dengan sebagian besar perisai yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Diecimila (Datasheet Arduino mega2560).



Gambar 2. Pin out Atmega2560

(sumber: Azze dan Ali, 2019)

Memori atau penyimpanan, memori berfungsi untuk menyimpan data dan program serta didalam memori biasanya juga disertai sejumlah RAM dan ROM (EEPROM, EPROM dan lain-lainnya) atau memori *flash* untuk menyimpan kode sumber program (*source code program*). *Port INPUT/OUTPUT* paralel digunakan untuk mendorong atau menghubungkan berbagai perangkat seperti LCD, LED, printer, memori dan perangkat *INPUT/OUTPUT* lainnya ke mikrokontroler. *Port serial* (serial port) menyediakan berbagai antarmuka serial antara mikrokontroler dan periferal lain seperti *port* paralel.



Gambar 3. Diagram blok dan struktur mikrokontroller
(Sumber: Hidayatullah, 2020)

Timer dan *counter* menyediakan semua fungsi pengaturan waktu dan penghitungan, operasi utama yang dilakukan di bagian ini adalah fungsi jam, modulasi, pembangkitan pulsa, pengukuran frekuensi, osilasi, dan lain sebagainya. Pengkonversi *analog* ke digital digunakan untuk mengubah sinyal *analog* ke bentuk digital, sinyal *input* dalam konverter harus dalam bentuk *analog* (misalnya *output* dari sensor) sedangkan *output* dalam bentuk digital. Pengkonversi digital ke *analog* digunakan untuk mengubah sinyal digital ke format *analog*, biasanya digunakan untuk mengendalikan perangkat *analog* seperti motor DC dan lain sebagainya. Kontrol interupsi (*Interrupt control*) digunakan untuk menyediakan interupsi (penundaan) untuk program kerja, interupsi dapat berupa eksternal (diaktifkan dengan menggunakan pin interupsi) atau *internal* (dengan menggunakan instruksi interupsi selama pemrograman). Blok fungsi khusus dapat digunakan untuk beberapa aplikasi khusus misalnya sistem robotik, pengontrol ini memiliki beberapa *port* tambahan untuk melakukan operasi khusus yang umumnya dinamakan dengan blok fungsi khusus.

2.3. Aktuator

Aktuator merupakan nama yang diberikan pada alat yang digunakan untuk mengubah energi *input* menjadi energi mekanik, dan bermacam aktuator telah dibuat dan berfungsi sesuai dengan jenis energi *input*. Aktuator diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis biasanya digerakkan oleh motor listrik, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram diantaranya mikrokontroler. Aktuator adalah elemen yang mengkonversikan besaran listrik *analog* menjadi besaran lain, seperti kecepatan putaran dan merupakan

perangkat elektromagnetik yang menghasilkan daya gerakan. Aktuator diklasifikasi berdasarkan daya yang dihasilkan, yaitu aktuator elektrik, aktuator mekanik, aktuator hidrolis, dan aktuator pneumatik.

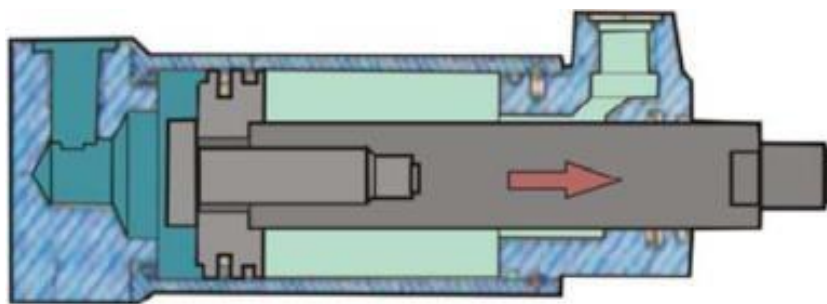
Aktuator elektrik merupakan aktuator yang mempunyai prinsip kerja mengubah sinyal listrik menjadi mekanik(rectilinear). Solenoid merupakan salah satu aktuator elektrik yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan/solenoida.



Gambar 4. Solenoid

(sumber: <http://www.indotrading.com>)

Aktuator mekanik merupakan aktuator yang mempunyai prinsip kerja mengubah sinyal listrik menjadi energi mekanik (putaran). Motor DC merupakan salah satu aktuator mekanik. Aktuator hidrolis merupakan aktuator yang memanfaatkan aliran fluida/oli bertekanan menjadi gerakan mekanik. Aktuator hidrolis dibagi dalam 3 jenis menurut tipe pergerakannya, yaitu silinder hidrolis untuk gerakan linear maju dan mundur, motor hidrolis untuk gerak putar kontinu, aktuator putar hidrolis untuk gerakan melingkar dengan sudut putar yang terbatas (kurang dari 360°).

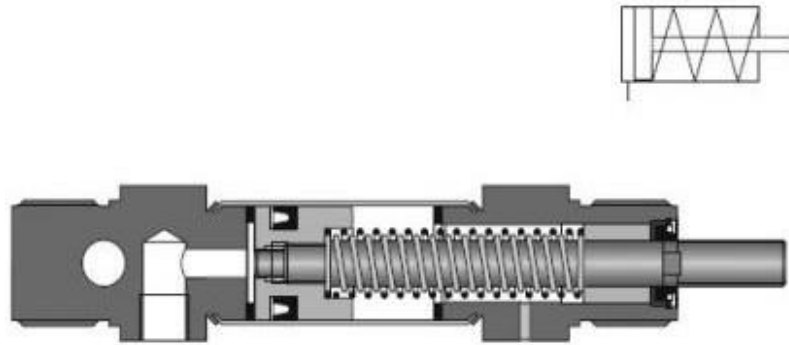


Gambar 5. Aktuator hidrolis

(sumber: <https://www.docplayer.info>)

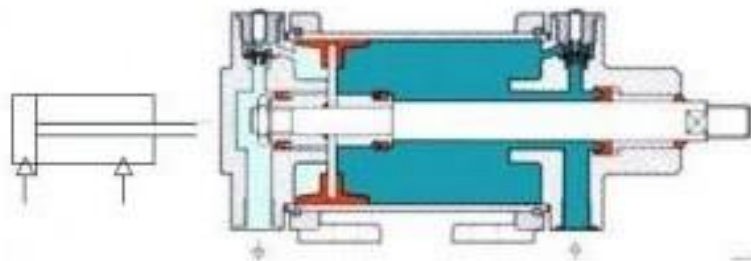
Aktuator pneumatic merupakan aktuator yang memanfaatkan udara bertekanan menjadi gerak mekanik. Aktuator pneumatic gerak lurus dibagi menjadi 2, yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda. Silinder kerja

tunggal memberikan udara bertekanan pada satu sisi permukaan piston, sisi yang lain terbuka ke arah atmosfer. Pada gambar 6 silinder kerja tunggal hanya bisa memberikan gaya kerja ke satu arah. Gerakan piston kembali masuk diberikan oleh gaya pegas yang ada di dalam silinder yang di manfaatkan hanya untuk mengembalikan silinder ke posisi awal.



Gambar 6. Silinder kerja tunggal
(sumber: <https://www.slideshare.net>)

Pada gambar 7 silinder kerja ganda adalah sama dengan silinder kerja tunggal, tetapi tidak mempunyai pegas pengembali melainkan mempunyai dua saluran (saluran masukan dan saluran pembuangan).



Gambar 7. Silinder kerja ganda
(sumber: <https://www.slideshare.net>)

2.4. Motor Dc

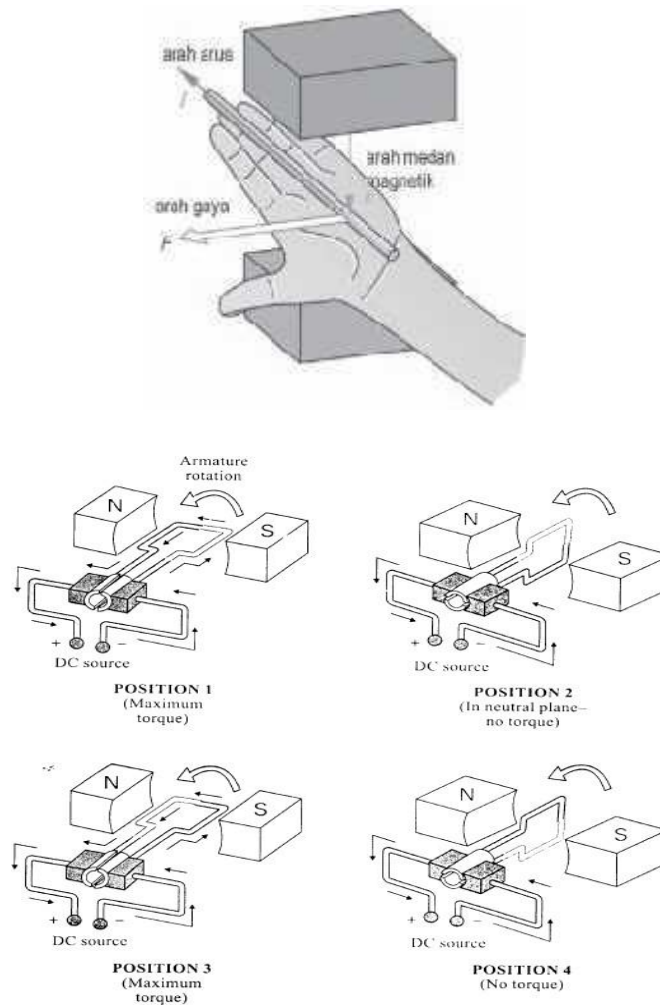
Motor DC Magnet Permanen didefinisikan sebagai suatu mesin dengan fungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor (Frank D. Petruzella, 2001 :331).



Gambar 8. Motor DC

(sumber: <https://elektronika-dasar.web.id>)

Motor DC magnet permanen memiliki 3 komponen utama untuk dapat berputar seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Pertama kutub medan, Secara sederhana interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor dengan kutub yang stasioner. Motor DC memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kedua rotor, berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi gerak dalam bentuk gerak putar. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban, pada kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Ketiga komutator, Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaan-nya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya. Sikat (*Brush*) biasanya dipasang dengan menumpangkannya pada sisi komutator untuk menyuplai listrik ke motor (Mohammad Hamdani, 2010 : 9 - 10).



Gambar 9. Kaidah tangan kiri dan Prinsip kerja motor DC

(sumber: <https://elektronika-dasar.web.id>)

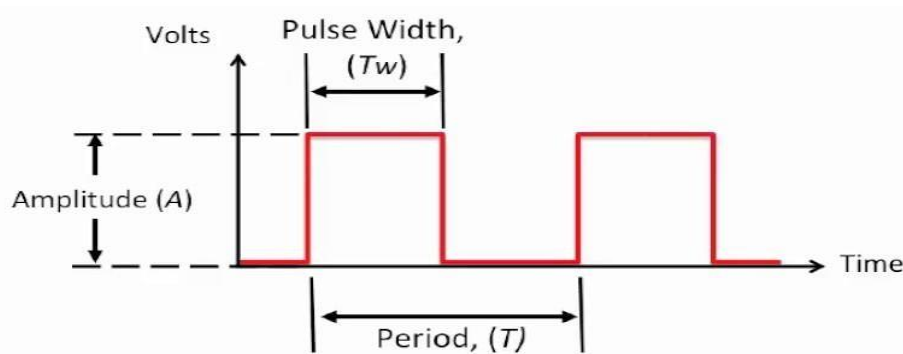
Prinsip kerja motor DC magnet permanen ini memanfaatkan prinsip dari gaya lorentz. Gaya lorentz mengatakan bahwa Jika ada sebuah penghantar yang dialiri arus listrik dan penghantar tersebut berada dalam medan magnetik maka akan timbul sebuah gaya yang arah gayanya ditentukan oleh kaidah tangan kiri. Besarnya gaya lorentz tersebut dinyatakan dengan $F = B.I.L.\sin\theta$, dimana B adalah medan magnet (tesla), I adalah arus yang mengalir(ampere), L adalah panjang konduktor(meter).

Gambar 9 menunjukkan pemanfaatan prinsip gaya lorentz dalam kerja motor DC. Terlihat, Pada posisi 1 arus elektron mengalir dari *brush* negatif menuju ke *brush* positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan rotor berputar berlawanan arah jarum jam. Besarnya torsi yang dihasilkan oleh motor sebesar $T = F.r$. Ketika rotor pada posisi 2, *brush* terhubung dengan kedua segmen komutator. Aliran arus pada rotor terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaban menyebabkan rotor tetap berputar melewati titik

netral. Pada posisi 3, letak sisi rotor berkebalikan dari letak sisi rotor pada posisi 1. Segmen komutator membalik arah arus elektron yang mengalir pada kumparan rotor. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan rotor sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan rotor tetap berputar berlawanan arah jarum jam. rotor berada pada titik netral. Karena adanya kelembaman pada poros rotor, maka rotor berputar terus-menerus (Muhammad Zamroni, 2013 : 4- 5).

2.5. Pulse width modulation (PWM)

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. Dalam PWM dikenal istilah *Duty cycle* yang 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 10.



Gambar 10. Duty cyle

(sumber: Lyons, 2016)

Berdasarkan gambar 10 diatas terlihat lebar pulsa berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, sinyal *Pulsa 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 sedangkan *duty cycle* 100% menandakan kondisi dalam *on* atau hidup. Satuan dari *duty cyle* adalah dalam persen (%). Rumus untuk menghitung *duty cyle* adalah sebagai berikut :

$$D = \frac{PW}{T} \times 100 \quad (1)$$

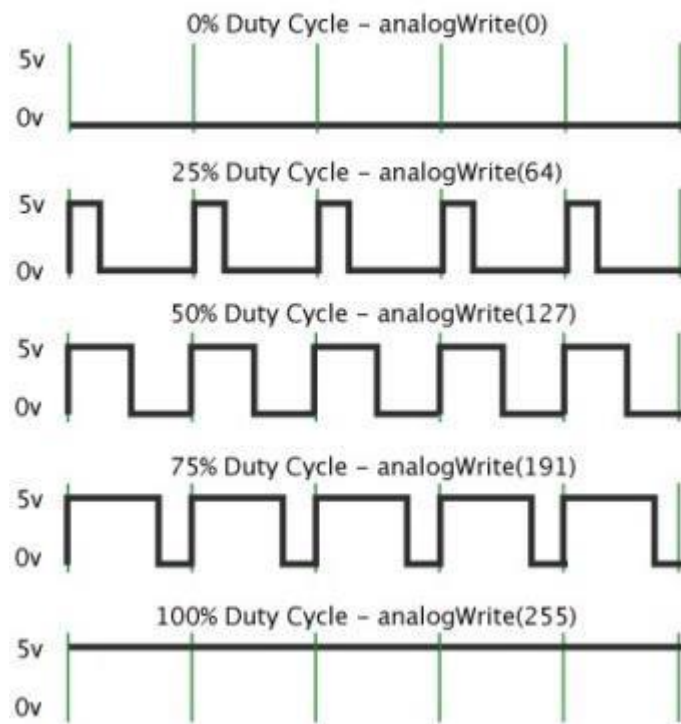
Dimana:

$D = \text{duty cycle (\%)}$

$PW = \text{Lebar pulsa waktu aktif atau } t_{on}$

$T = \text{Periode total sinyal } (t_{on} + t_{off}) \dots \text{pers(2)}$

Persentase *duty cycle* ini dimanfaatkan untuk mengatur kecepatan putar dari motor DC dengan mengubah-ubah *duty cycle*. Gambar 11 menunjukkan kecepatan motor DC berdasarkan nilai *duty cycle* yang diberikan.



Gambar 11. Duty cyle Source

(sumber: <https://firgelliauto.com>)

Berdasarkan gambar 11 *duty cycle* 0% berarti sinyal tegangan pengatur kecepatan motor DC tidak dilewatkan seluruhnya, Jika tegangan catu 5 volt maka motor DC tidak akan mendapatkan tegangan catu 5 volt. *Duty cycle* 50% berarti sinyal tegangan pengatur kecepatan motor DC dilewatkan 50%, jika tegangan catu 5 volt maka motor DC akan mendapatkan tegangan catu 2,5 volt. *Duty cycle* 100% berarti sinyal tegangan pengatur kecepatan motor DC dilewatkan 100%, jika tegangan catu 5 volt maka motor DC akan mendapatkan tegangan catu 5 volt. Besarnya tegangan *output* sinyal dapat dinyatakan dari persamaan berikut:

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (3)$$

Dimana :

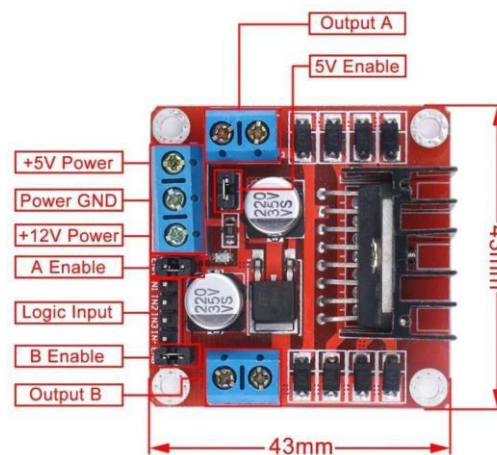
V_{out} = Tegangan keluar

$D = \text{Duty cycle}$

$V_{in} = \text{Tegangan masuk}$

2.6. Driver Motor DC

Rangkaian Driver motor DC adalah sirkuit yang berfungsi memberikan arus listrik yang dibutuhkan oleh motor untuk bekerja. Rangkaian driver bisa dibangun dari komponen seperti relay, Mosfet, IC dan transistor. Driver motor L298N merupakan *Module* driver motor DC yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe *H-Bridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motorstepper.



Gambar 12. Driver motor DC L298N

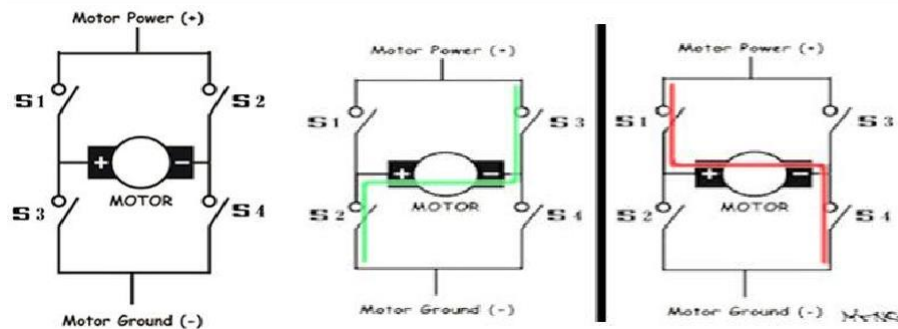
(sumber: <https://indonesia.alibaba.com>)

Berdasarkan gambar 12 *Output A* dan *Output B* bagian *output* yang dihubungkan dengan motor dc A dan motor dcB. *5V enable* sebagai mode pemilihan sumber tegangan 5Vdc. *+5V power*, *power GND*, *+12V power* merupakan *power supply*. *A enable* berfungsi untuk mengaktifkan bagian *Output A*, *B enable* berfungsi untuk mengaktifkan bagian *Output B*, *Logic input* sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan ke mikrokontroler.

2.7. H-bridge

Rangkaian jembatan H atau *H-Bridge* adalah salah satu rangkaian elektronika yang digunakan untuk mengatur kerja motor listrik. Dapat digunakan untuk mengatur arah putaran motor dan besar arus yang mengalir pada suatu beban. Pada motor motor listrik, rangkaian ini dapat mengatur arah putaran motor dan besar arus yang mengalir pada motor tersebut. Nama H-

Bridge diambil dari prinsipnya memutuskan dan menghubungkan motor listrik dengan empat transistor yang menyerupai huruf H. Pada rangkaian ini terdapat 2 kemungkinan arah arus yang mengalir, kedua arah tersebut menentukan arah putaran motor listrik. *H-Bridge* digunakan sebagai solusi untuk mengontrol arah dan kecepatan pada motor DC. *H-Bridge* menggunakan 4 buah *switch*.



Gambar 13. Rangkaian H-Bridge

(sumber: <https://supriadisabuktino.blogspot.com>)

Pengaturan yang dilakukan dalam *H-bridge* adalah pengaturan *switch* untuk mengatur polaritas yang diterima motor DC, sehingga arah putar motor dapat berubah. Terlihat pada gambar 13, ketika *switch* S1, S4 *on* dan S2, S3 *off* maka arus yang mengalir melewati polaritas positif (+) pada motor dan motor akan bergerak searah jarum jam (*forward*). Dan ketika *switch* S2,S3 *on* dan S1,S4 *off* maka arus akan mengalir melewati polaritas (-) pada motor dan motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam(*reverse*).

2.8. Tachometer

Alat Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (RPM) dari poros engkol mesin (Rana *et al.*, 2016). Kata tachometer berasal dari kata yunani *tachos* yang berarti kecepatan dan *metron* yang berarti untuk mengukur (Ferdous *et al.*, 2010). Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan dial, jarum yang menunjukkan pembacaan saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya. Pada masa kini telah diproduksi alat tachometer digital yang memberikan pembacaan numerik tepat dan akurat dibandingkan menggunakan dial dan jarum. Batas ukuran terkecil pada alat tachometer yaitu 0,011/min (Hung-jun, 2009).

Jenis –Jenis alat Tachometer

1. Alat tachometer Rotor bergigi

Terdiri dari sebuah sensor tetap dan sebuah pemutar gerigi, roda, dan bahan besi. Ada 2 jenis sensor yang digunakan Variable Reluctance Sensor dan Hall Effect Sensor. Terdapat magnet yang menggantung sebagai sensornya. Cara kerjanya adalah rotor berputar, kemudian bagian rotor bergigi yang akan diukur, sensor yang berupa magnet akan mendeteksi setiap gerigi tersebut yang melewatinya setiap gerigi melewatinya maka medan magnet akan bertambah dan menginduksi tegangan pada belitan kawat sehingga akan dihasilkan pulsa. Pulsa tersebut akan dikonversi menjadi sebuah gelombang kotak yang bersih dengan rangkaian ambang detector. Keunggulan alat tachometer gerigi ini ialah memberikan sebuah pulsa setiap waktu apabila gigi besi melewatinya dan menghasilkan pulsa yang berupa sinyal kotak yang jernih (Enny, 2017).

2. Alat Tachometer DC

Alat Tachometer DC adalah sebuah generator DC yang memproduksi tegangan keluaran DC yang proporsional dengan kecepatan batang, Terdiri dari magnet permanen dan bagian yang berputar yang terbuat dari koil, dan juga terjadi konversi langsung. Prinsip kerjanya adalah terjadinya proses konversi langsung antara kecepatan dan tegangan alat tachometer inilah yang digunakan dalam praktikum instrumentasi kelautan dalam kesempatan kali ini. Keunggulan alat tachometer DC ini ialah untuk menjaga inersia turun dapat diatasi dengan penggunaan sikat sedangkan kelemahan sendiri yaitu penggunaan sikat untuk menjaga inersia dapat aus. (Yao, 2009)

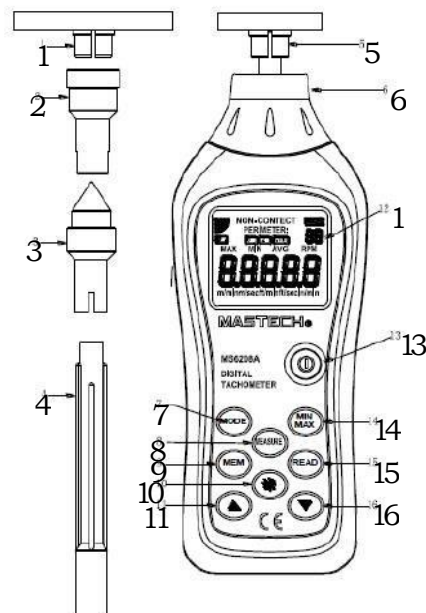
3. Alat Tachometer tempel

Tachometer jenis ini prinsip kerjanya adalah dengan menyentuh pada benda yang diukur, sehingga akan menunjukkan hasil pengukuran pada layar yang terpasang pada alat. Penggunaan tachometer jenis ini hamper jarang digunakan pada bidang tertentu. Hal ini dikarenakan alasan teknis atau keselamatan saat pengoperasian alat ini.

4. Alat tachometer laser/ Photo alat tachometer

Pada jenis ini memungkinkan untuk pengukuran dari jarak jauh di mana alat Tachometer Laser ini bekerja dengan sensor cahaya yang sangat sensitif dengan elemen berputar. Unsur berputar akan memiliki satu tempat reflektif dan rpm meter ini mengukur tingkat dimana berkas cahaya dipantulkan kembali (Cheng *et al.*, 2007). Maka dari itu dari beberapa jenis alat ukur Tachometer yang ada, kami akan membahas mengenai Alat ukur

Tachometer Laser/ Photo Tachometer.



Gambar 14. Skema alat ukur tachometer
(Sumber: Enny, 2017)

Keterangan :

Fungsi dan Cara penggunaan

1. Roda Idler(penyalur putaran)6 inch
2. Tip sentuh cekung
3. Tip sentuh cembung
4. Lengthening (pemanjangan)Bar
5. Roda Idler 0,1 m
6. Bantalan Pengukuran
7. Tombol Pindah Modus

Fungsi : Modus pengukuran Beralih

Cara Pengoprasian : untuk mengoprasikannya tombol ini, pilih modus pengukuran dari 0 hingga 5, yang sesuai kondisi.

8. Tombol Pe pengukuran :

Fungsi : Pengaktifan pengukuran

Cara pengoprasian : Ketika menyalakan meter, tekan tombol pengukuran untuk mengukur sesuai dengan petunjuk operasi.

9. Tombol Penyimpanan

Data Fungsi : Menampilkan nilai kecepatan putaran. Cara pengoperasian : bila anda ingin menyimpan nilai kecepatan putaran saat ini, tekan tombol

penyimpanan bersama dengan tombol lain, dan anda dapat menyimpan nilai saat ini untuk menyimpan nomor yang ditentukan .

10. Tombol *Backlight* dan HOLD komposit.

Fungsi : Mengaktifkan dan menonaktifkan backlight.

Cara Pengoperasian ; Cepat tekan backlight dan kunci HOLD untuk mengaktifkan/ menonaktifkan fungsi HOLD, Tekan lebih dari 2 detik untuk mengaktifkan/menonaktifkan fungsi backlight.

11. Tombol Plus

Fungsi : Tambahkan nomor penyimpanan ketika membaca atau menyimpan

Cara pengoperasian : Ketika memasuki wilayah penyimpanan gunakan tombol plus untuk menambahkan jumlah penyimpanan saat itu.

12. LCD

Fungsi : Menampilkan aktivitas yang terjadi pada alat ukur yaitu baterai .

Nilai kecepatan . Kondisi arus (Maximum/ minimum atau rata-rata) mode pengukuran yang dipilih, cahaya latar dan penyimpanan data.

13. Tombol Saklar *Power*

Fungsi : mengaktifkan alat ukur atau menonaktifkan.

14. Maximum dan minimum

Fungsi : beralih maksimum , minimum dan rata-rata nilai tampilan.

Cara pengoperasian : ketika layar LCD menampilkan MAX, pengukuran arus maksimal. Ketika layar LCD menampilkan MIN, pengukuran saat ini minimal . Ketika layar LCD menampilkan AVG, pengukuran arus adalah nilai rata- rata .

15. Penyimpan data dan baca data

Fungsi : Baca nilai kecepatan putaran sesuai nomor yang tersimpan .

Cara pengoperasian : Bila anda ingin menyimpan nilai kecepatan putaran sesuai jumlah penyimpanan , tekan tombol membaca bersama sama dengan tombol lain, dan anda dapat membaca nilai kecepatan putaran sesuai nomor yang tersimpan .

16. Tombol Minus

Fungsi : Mengurangi jumlah penyimpanan ketika membaca atau menyimpan

Cara pengoperasian : Ketika memasuki wilayah penyimpanan gunakan tombol minus untuk mengurangi jumlah penyimpanan saat itu.



Gambar 15. Alat Ukur Tachometer

(Sumber: Enny, 2017)



Gambar 16. Cara menggunakan alat ukur tachometer

(Sumber: Enny, 2017)

Prinsip Kerja Alat Tachometer

Alat Tachometer menunjukkan RPM mesin dengan mengukur rasi poros mesin perangkat menyerupai generator listrik yang bervariasi sesuai dengan kecepatan putaran mesin. Arus listrik yang dihasilkan ini kemudian di konversikan dalam RPM (Restivo *et al.*, 2011)

Cara Menggunakan Alat Tachometer Laser

Langkah awal : adakan pemeriksaan dan utamakan keselamatan kerja yaitu ketika mengukur silahkan menjaga jarak aman dari kecepatan tinggi dari putaran benda untuk menghindari kerusakan mesin atas cedera pribadi

A. Pengukuran Kecepatan Putaran

1. Pasang Lenghtening bar dan pit sentuh pada alat tachometer.
2. Mulai peralatan yang akan diukur dan tunggu hingga kecepatan rotasi stabil.
3. Memulai alat tachometer, masukkan modus pengukuran kecepatan default, bawa meteran secara bertahap lebih dekat ke objek berputar, sehingga sentuhan pit lancar dapat menghubungkan objek yang akan

diukur. Tekan tombol pengukuran dan membaca nilai display LCD. Karena Lenghtening bar pendulum defleksi yang akan meningkatkan akurasi diatas 10000 RPM, lepas pemanjangan bar jika objek yang akan diukur berputar pada kecepatan yang lebih besar dari 10000 RPM.

B. Pengukuran Kecepatan

1. Memulai alat tachometer dan masuk ke mode pengukuran kecepatan default. Pilih m/ min, m/ detik, t/ min, ft/ detik atau di/ min modus melaui tombol MODE operasi dan LCD akan menampilkan ukuran idler wheel yang dipilih .
2. Pasang idler wheel yang dipilih .
3. Mulai peralatan yang akan diukur dan tunggu kecepatan rotasi stabil. Bawa idler wheel secara bertahap lebih dekat dengan belt. Kemudian baca nilai display LCD.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Energi dan Rekasaya Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, penelitian dimulai dari bulan Mei 2020 hingga bulan November 2020.

3.2. Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat penelitian

No	Nama alat	Fungsi
1	Solder	Melelehkan timah
2	Penyedot Timah	Menghisap timah yang melebar
3	Multimeter	Menguji rangkaian elektronika
4	Laptop	Membuat dan memasukkan program
5	Tang Potong	Memotong kabel
6	Tang Buaya	Merapikan kawat yang digunakan
7	Wadah Plastik	Tempat sampah sisa perakitan
8	<i>Project board</i>	Simulasi rangkaian

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Arduino mega	Kontrol rangkaian elektronika
2	Kristal 16000Hz	Pembangkit gelombang
3	Motor DC 9 volt	Pengerak <i>shaker</i>
4	Modul Driver Motor	Merubah sinyal <i>analog</i> menjadi digital
5	LCD 16X2	Layar monitor
6	Kapasitor	Penapis arus masuk
7	Resistor	Penghambat arus
8	PCB	Tempat merangkai <i>orbital shaker</i>
9	Timah	Merekatkan komponen pada pcb

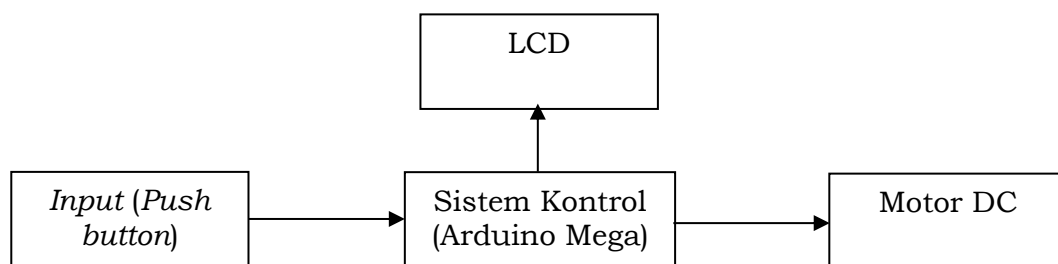
10	Kabel penghubung	Menghubung kan komponen
11	Socket	Penghubung
12	Batrai	Sumber arus darurat
13	Triplek	<i>Casing orbital shaker</i>
14	Saklar	Pemutus arus
15	<i>Push button</i>	Counter waktu dan kecepatan putar
16	Dioda	Mengahantarkan arus listrik ke satu arah
17	Sensor Kecepatan	Mengetahui kecepatan putar

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dibagi menjadi beberapa langkah. Adapun langkah-langkah yang digunakan sebagai berikut:

Proses Kerja Sistem

Pada penelitian ini alat yang akan dibuat memiliki sistem kerja sebagai berikut:



Gambar 17. Sistem kerja alat

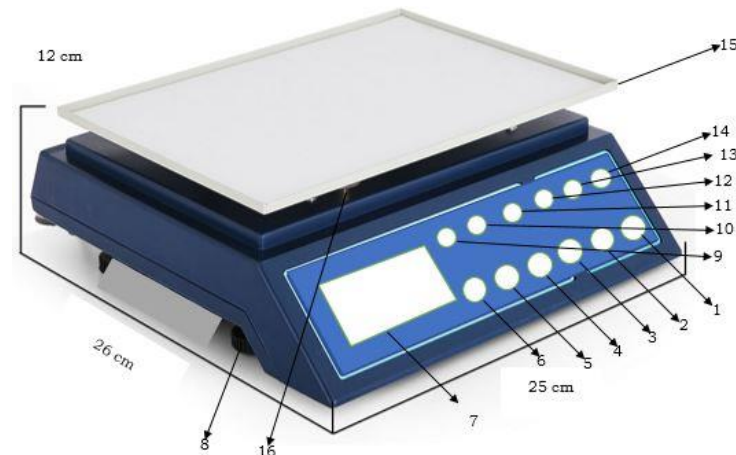
Berdasarkan gambar 17 diketahui bahwa proses kerja alat yaitu pada Arduino Mega yang telah diberi program untuk mengendalikan kerja dari alat. Masukan data dari *push button* akan diterima oleh Arduino dan diproses lebih lanjut. Arduino akan memberikan keluaran berupa kecepatan putar dan waktu putar pada motor DC serta menampilkannya ke LCD. Sistem kerja dari pemanfaatan motor dc sebagai rotor *orbital shaker* sederhana berbasis Arduino Mega yaitu 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.

Sedangkan untuk mengatur waktu putar yang diinginkan dibutuhkan ritme pengaturan atau rotasi per menit. Pengaturan ritme dapat dilakukan dengan memasukkan nilai kecepatan berputar dan waktu yang dibutuhkan dengan memberi *input* melalui *push button*. Setelah ritme putaran dan waktu

yang dibutuhkan sudah ditentukan. Ritme putaran dan waktu ini, kemudian akan dieksekusi oleh motor penggerak. Ritme putaran diatur menggunakan metode pulsa with modulation. Semua dibungkus dengan mikrokontroler Atmega 2560 dan LCD sebagai monitor

Gambaran Mekanik Sistem

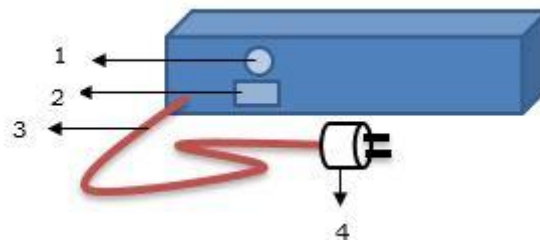
Desain alat dirancang agar dalam pembuatan alat lebih mudah dilakukan. Adapun desain alat sebagai berikut:



Gambar 18. Desain alat *orbital shaker* tampak depan.

Keterangan:

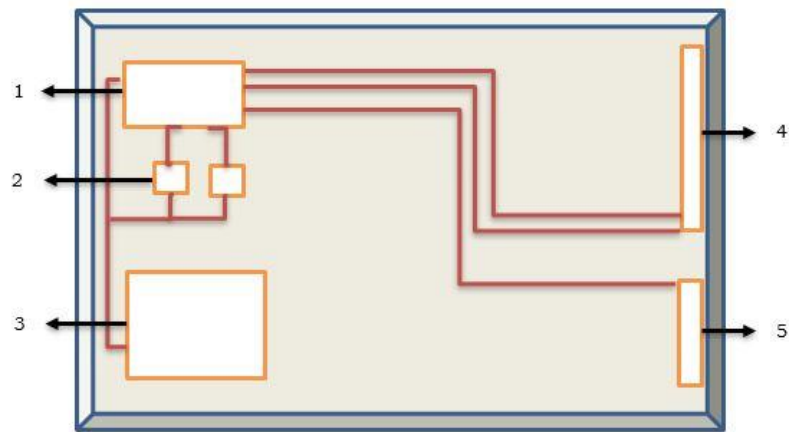
1. Tombol tambah kecepatan putar
2. Tombol Mengurangi kecepatan putar
3. Tombol menambah waktu putar
4. Tombol mengurangi waktu putar
5. Tombol enter
6. Tombol reset
7. Layar monitor
8. Kaki penyangga
9. Indikator tombol reset
10. Indikator tombol enter
11. Indikator tombol mengurangi waktu putar
12. Indikator tombol menambah waktu putar
13. Indikator tombol mengurangi kecepatan putar
14. Indikator tombol menambah kecepatan
15. Nampan untuk meletakkan larutan (bisa diganti menyesuaikan kebutuhan)
16. Motor dc



Gambar 19. Desain *orbital shaker* tampak belakang

Keterangan:

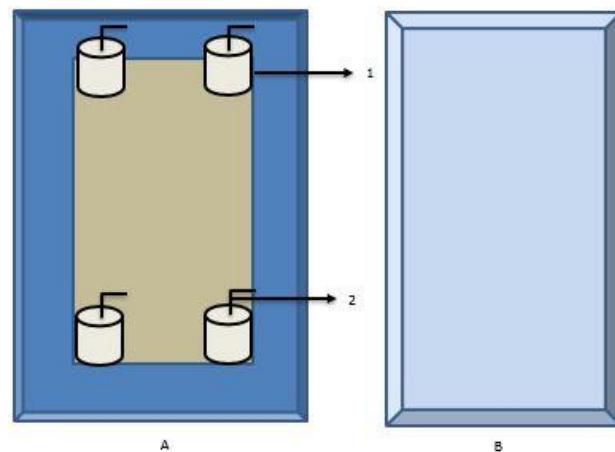
1. Lampu indikator
2. Tombol *power*
3. Kabel *power*
4. Colokan



Gambar 20. Desain *orbital shaker* tampak dalam

Keterangan:

1. Arduino mega
2. Modul driver motor l298N
3. Rangkaian *power supply*
4. Rangkaian LED indikator dan *push button*
5. Rangkaian modul lcd 16X2



Gambar 21. Desain *orbital shaker* tampak atas (A) Bagian bawah nampan (B)
Nampan

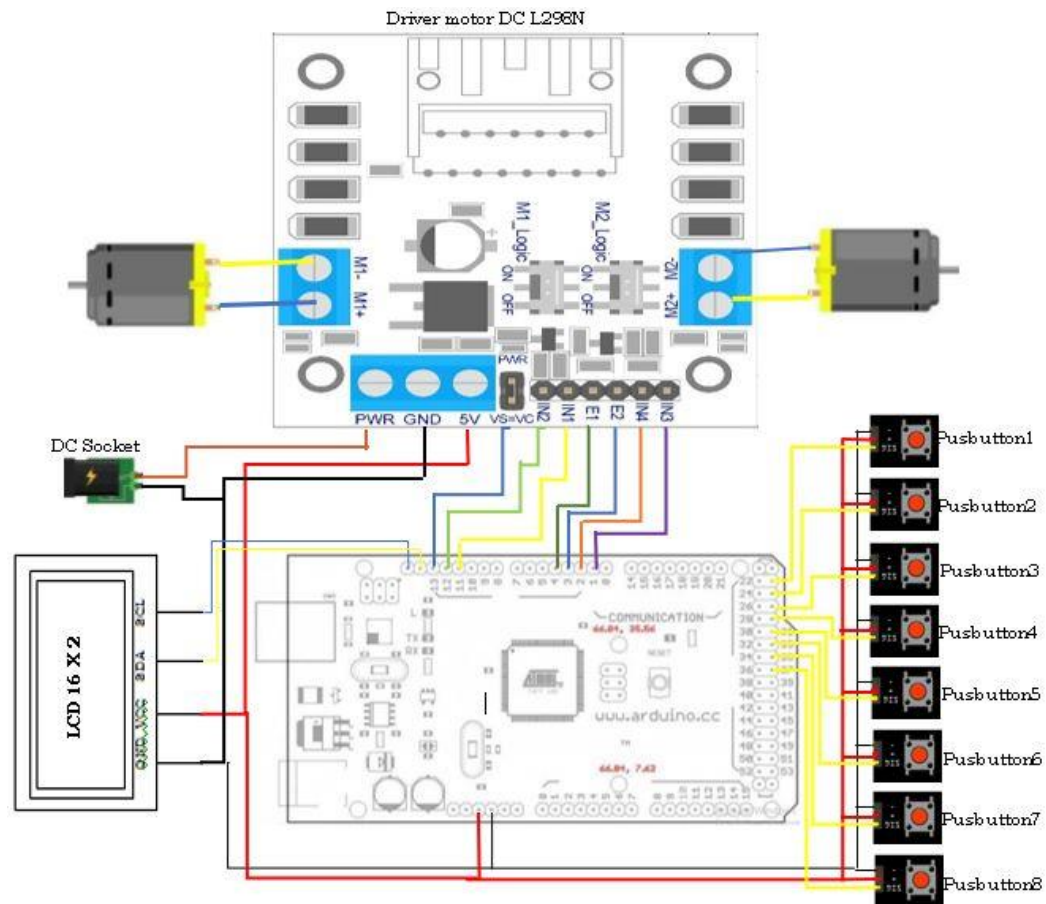
Keterangan:

1. Motor dc 9 volt
2. Rotor motor dc

Prinsip kerja alat diatas yaitu ketika alat telah diberi *input* kecepatan (berupa pwm) dan waktu putar motor dc dengan menekan tombol kemudian lampu indikator akan menyala sesuai dengan tombol mana yang ditekan setelah pengaturan selesai dilakukan kemudian ditekan tombol mulai maka Arduino Mega akan memproses *input* tersebut lebih lanjut. Setelah proses selesai dilakukan oleh Arduino Mega maka Arduino mengeluarkan perintah untuk menggerakkan motor dc sesuai dengan *input*. Saat motor dc bergerak memutar maka nampan untuk meletakkan larutan akan ikut bergerak pula. Setelah waktu putar sudah habis maka Arduino mega akan memerintahkan motor dc untuk berhenti yang menyebabkan nampan juga ikut berhenti.

Skematik Rangkaian

Skematik rangkaian dibuat bertujuan untuk mempermudah dalam merakit komponen saat pembuatan alat. Rangkaian dibuat dengan memperhatikan datasheet dari masing-masing komponen agar alat bekerja dengan baik.



Gambar 22. Skematik rangkaian

Dari gambar 22 menunjukkan konfigurasi seluruh pin komponen elektronika yang digunakan ke Arduino mega yang berperan sebagai CPU (*Control Processing Unit*) atau sirkuit elektronik yang menjalankan instruksi guna melakukan operasi aritmatika, logika, pengendalian, dan *input output* dasar yang membentuk program pada rancang bangun rotor *orbital shaker* sederhana berbasis arduino mega dan motor dc. Arduino mega fungsi sebagai kontroler atau pengendali yang akan menerima masukan dari *push button* menjadi sebuah keluaran berupa kecepatan putar, waktu putar, dan arah putar dari motor dc. Kecepatan putar dalam satuan m/s dan waktu putar dalam menit. pin vcc dari *push button* 1 sampai *push button* 8, pin vcc driver motor L298N dan pin vcc LCD 16 x 2 dihubungkan menjadi satu kemudian dihubungkan ke pin vcc Arduino mega. Sedangkan pinground dihubungkan kesumua pin ground dari setiap komponen yang digunakan.

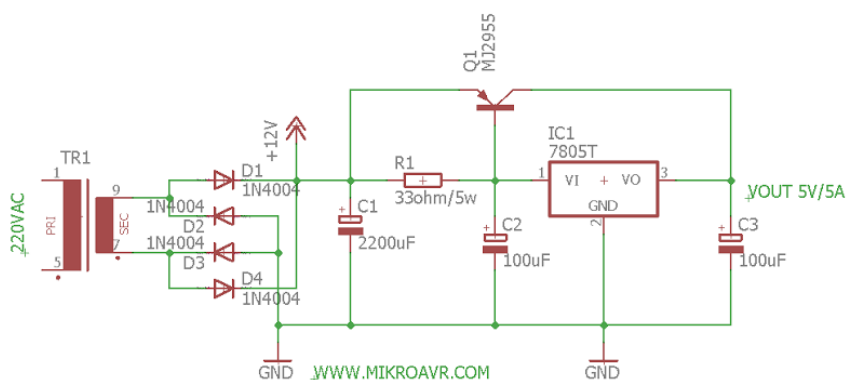
Berdasarkan skematik rangkaian gambar 22 *push button* 1 dan 2 dihubungkan dengan Arduino mega pin digital 23 dan 25 yang berfungsi sebagai *input* pengaturan kecepatan putar motor dc. *Push button* 3 dan 4

dihubungkan dengan Arduino mega pin digital 27 dan 29 yang berfungsi sebagai pengatur waktu putar motor dc. *push button* 5 dihubungkan dengan Arduino mega pin digital 31 yang berfungsi untuk mereset nilai masukan kecepatan dan waktu putar motor dc. *Push button* 6 dihubungkan dengan Arduino mega pin digital 33 yang berfungsi untuk memulai perintah mulai berputar pada motor dc. *Push button* 7 dihubungkan dengan Arduino mega pin digital 35 yang berfungsi untuk menjeda putaran motor dc dengan kecepatan yang sama dengan *input* awal dan melanjutkan waktu yang telah berjalan. *Push button* 8 berfungsi untuk merubah arah putar motor dc.

Pin IN3 dihubungkan ke pin digital 1 arduino yang berfungsi sebagai *input* arah putar motor dc. IN4 dihubungkan ke pin digital 2, IN2 dihubungkan ke pin digital 13 arduino, IN1 dihubungkan ke pin digital 12, IN4 dihubungkan ke pin digital 12. Pin E1 dihubungkan ke pin digital 4 yang berfungsi berfungsi untuk mengaktifkan bagian *Output* 1. Pin E2 dihubungkan ke pin digital 3 yang berfungsi berfungsi untuk mengaktifkan bagian *Output* 2. Sedangkan pin *Output* dari driver motor dc L298N dihubungkan ke motor dc. Sedangkan pin *power* +12V dihubungkan dengan tegangan 12 volt yang diambil dari tegangan *input power supply*. Sedangkan pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock Line*) pada lcd dihubungkan dengan pin SDA dan SCL mikrokontroler atmega 2560. Pin SDA dan SCL pada LCD merupakan pin komunikasi menggunakan I2C dimana protocol transfer data serial, sedangkan device dalam hal ini mikrokontroler at mega 2560 merupakan komponen yang mengirim data yang disebut transmitter, sedangkan pada LCD 16X2 berfungsi sebagai receiver. Lcd 16X2 berfungsi untuk menampilkan nilai kecepatan putar dan waktu putar.

Skematik Rangkaian Power Supply

Skematik rangkaian *power supply* dibuat dengan menggunakan aplikasi eagle7.7.0. Berikut skematik rangkaian *power supply*.



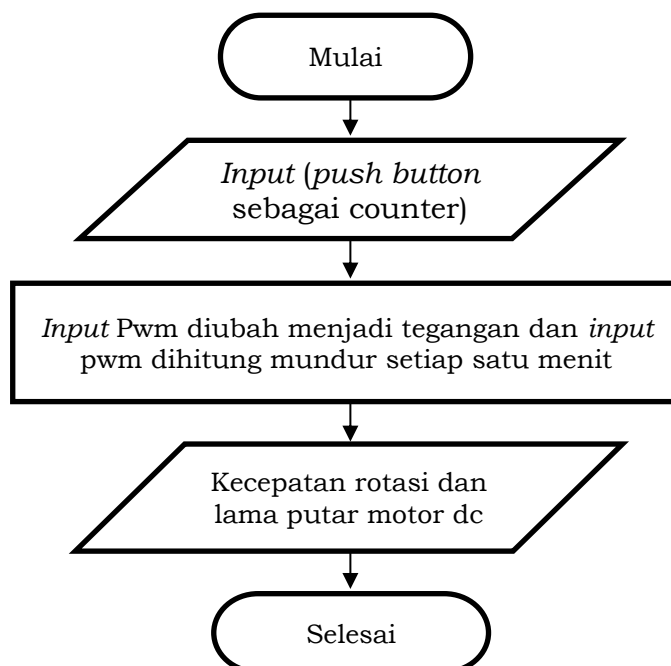
Gambar 23. Skematik rangkaian *power supply*

Terlihat pada gambar 23 bahwa *power supply* menggunakan beberapa komponen diantaranya diode, transistor, kapasitor jenis ELCo (Elektronik Condensator), dan transformator. *Power supply* memiliki fungsi untuk mengalirkan arus listrik ke komponen yang terdapat dalam sebuah rangkaian dengan arus DC (arus searah). Arus listrik yang masuk dalam *power supply* terlebih dahulu dirubah dari arus AC (bolak-balik) menjadi arus DC.

Dengan beberapa komponen yang telah diuraikan pada gambar 23, *power supply* bekerja dari daya AC yang sudah diturunkan tegangannya melalui transformator. Lalu tegangan disearahkan tegangan AC 220 volt menjadi DC 24 volt. Dari diode, terhubung ke ELCo yang berguna sebagai penyangkal tegangan *ripple*. Terdapat transistor yang memiliki fungsi untuk menstabilkan tegangan dan menghasilkan *output* yang kemudian dihubungkan ke perangkat elektronik yang lain.

Flowchart Program

Flowchart bertujuan untuk memudahkan dalam pembuatan algoritma pada alat yang akan di buat. Berikut *flowchart* yang dari alat *orbital shaker*.

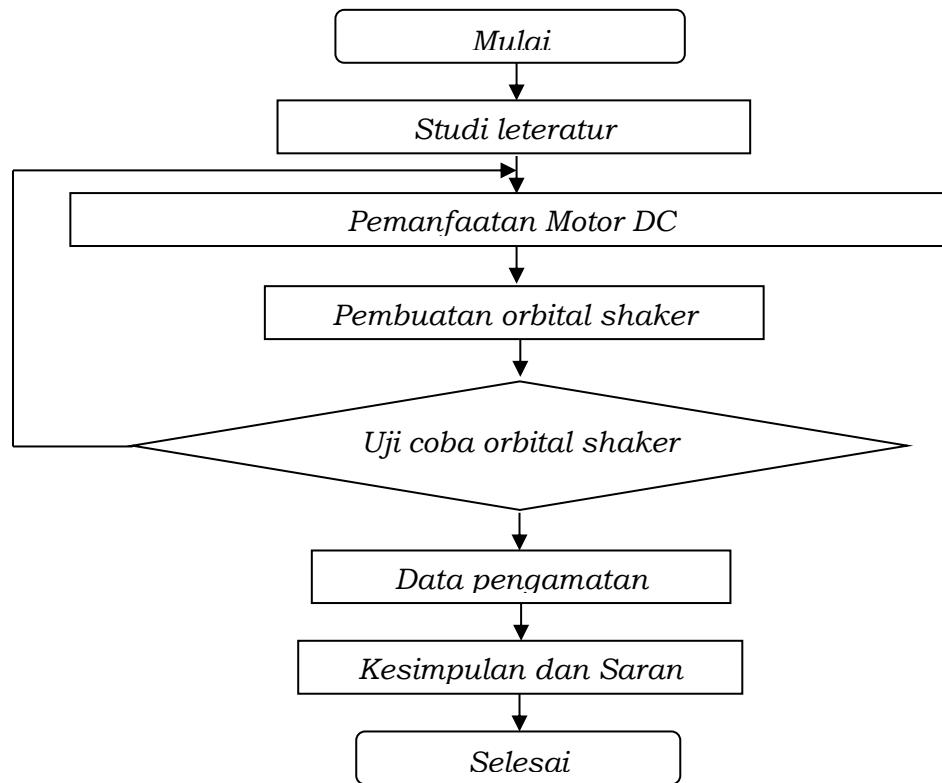


Gambar 24. *Flowchart Program*

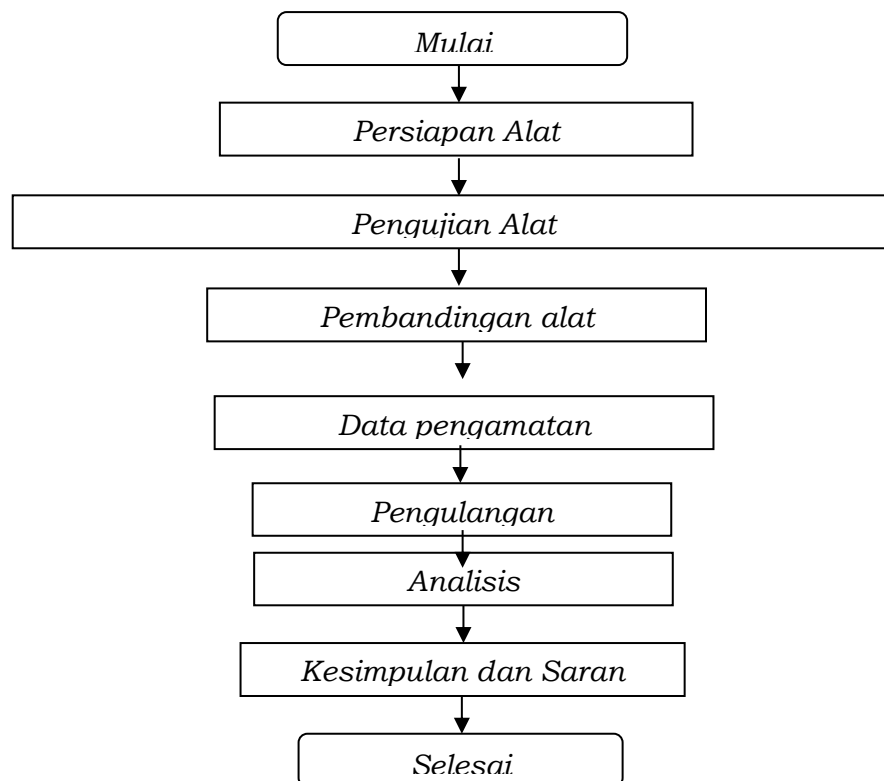
3.4. Diagram Alir Penelitian

Dari uraian yang telah di paparkan maka alur dalam penelitian ini akan dilakukan dalam mencapai tujuan terdiri dari beberapa tahap. Adapun tahapan penelitian dari “Rancang Bangun Rotor *Orbital shaker* Sederhana Berbasis

Arduino Mega dan Motor DC” di tampilkan dalam diagram alir pada gambar 22.



Gambar 25. flowchart penelitian



Gambar 26. Flowchart pengujian alat

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Ketepatan Waktu Putar Motor Dc Terhadap *Stopwach*

Pengujian ketepatan waktu putar motor dc pada alat bertujuan agar alat yang digunakan dapat berfungsi sesuai dengan keinginan pengguna. Pengujian ketepatan waktu penting karena saat menghomogenkan suatu larutan memerlukan waktu yang berbeda. Pengujian ketepatan waktu dilakukan sebanyak lima belas kali. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan waktu putar yang diinginkan dengan kecepatan putar yang sama yaitu 20 rpm kemudian tekan tombol untuk memulai bersamaan dengan tombol mulai pada *stopwach*. Tombol berhenti pada *stopwach* ditekan bersamaan dengan saat orbital *shaker* berhenti. Kemudian nilai yang dimasukkan pada orbital *shaker* dan waktu *stopwach* saat berhenti ditulis sebagai data.

Dalam mikrokontroler sudah terdapat fasilitas pengaturan waktu dalam satuan mili detik. Dari satuan mili detik kemudian dikonversi dalam menit dan digunakan sebagai waktu putar dari motor dc. Waktu yang telah dimasukkan kemudian dihitung mundur oleh mikrokontroler dan ketika nilai waktu mencapai kurang dari satu menit maka secara otomatis motor dc berhenti. Dari hasil yang diperoleh dicatat. Menurut Siska (2016) untuk menghitung nilai error dapat menggunakan persamaan berikut:

$$error = \frac{\text{nilai yang diinginkan} - \text{nilai yang terbaca}}{\text{nilai yang diinginkan}} \times 100\% \quad (4)$$

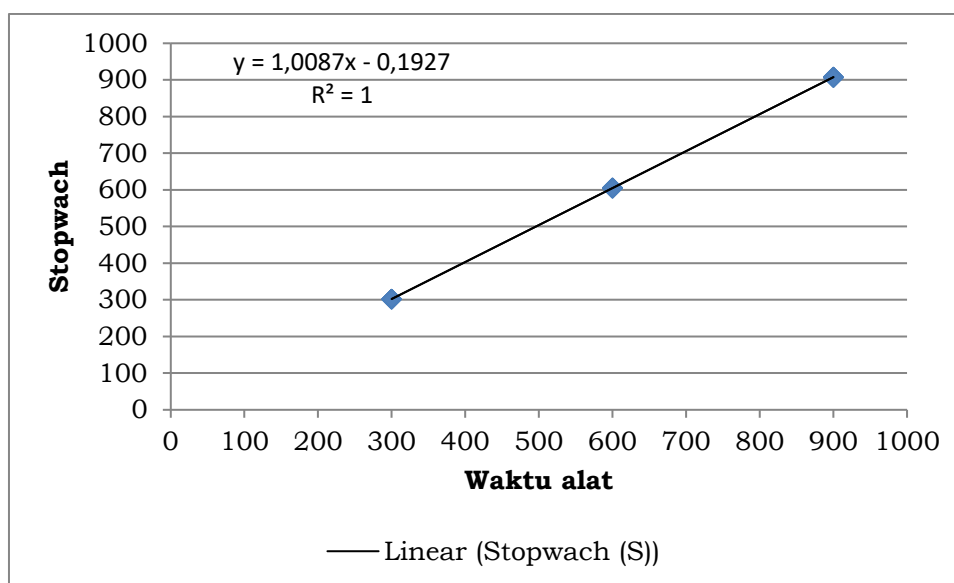
Dari persamaan 4 nilai yang diinginkan adalah nilai dari stopwatch dan dilai yang terbaca adalah waktu yang diinput dari orbital *shaker*. Hasil pengujian ketepatan waktu putar motor dc dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3.Hasil pengujian waktu alat dengan waktu terukur.

No	Waktu Alat (s)	<i>Stopwach</i> (s)	Selisih Waktu (s)	Error %	Error Rata- rata %
1	300	302.57	2.57	0.85%	0.77%
2	300	302.44	2.44	0.81%	
3	300	301.95	1.95	0.65%	
4	300	302.4	2.4	0.79%	
5	300	302.33	2.33	0.77%	0.85%
6	600	605.04	5.04	0.83%	
7	600	606.2	6.2	1.02%	
8	600	604.93	4.93	0.81%	

9	600	604.81	4.81	0.80%	
10	600	604.73	4.73	0.78%	
11	900	907.21	7.21	0.79%	
12	900	907.37	7.37	0.81%	
13	900	908.45	8.45	0.93%	0.83%
14	900	908.42	8.42	0.93%	
15	900	906.23	6.23	0.69%	

Berdasarkan tabel 3 selisih waktu putar motor dc tidak berbeda jauh dengan waktu yang terukur pada stopwatch. Semakin lama waktu putar motor dc selisih waktu yang dengan 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. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa selisih waktu putar motor dc dengan stopwatch masih dapat di toleransi karena tidak lebih dari 10%. Gambar 27 memperlihatkan bahwa diketahui secara tepat bagaimana perubahan waktu terukur pada stopwatch terhadap perubahan waktu alat.



Gambar 27. Linearitas waktu alat dengan *stopwach*

Linearitas merupakan kemampuan suatu metode untuk memperoleh hasil uji secara langsung proporsional dengan konsentrasi analit pada kisaran yang diberikan. Linearitas suatu metode ukuran seberapa baik kurva kalibrasi yang menghubungkan antara masukan (x) dengan keluaran (y) (Chan *et al*, 2004). Pada gambar 27 terlihat bahwa nilai linearitas yang diperoleh sangat baik yaitu sebesar 1.

4.2 Pengaruh Perubahan PWM Terhadap Kecepatan Rotasi Motor Dc

PWM secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sedangkan rotasi per menit (RPM) merupakan sebuah satuan yang biasanya digunakan untuk kecepatan putaran atau rotasi. Pada pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan kecepatan rotasi pada motor dc terhadap sinyal pwm yang diberikan. Untuk mengetahui kecepatan rotasi pada motor dc menggunakan sensor kecepatan LM393. Menurut data sheet sensor kecepatan LM393 memiliki tegangan kerja 3.3 volt sampai 5 volt arus dc. Sedangkan untuk mengatur kecepatan potar dari motor dc mikrokontroler Atmega-2560 memiliki fasilitas pin *output rpm*.

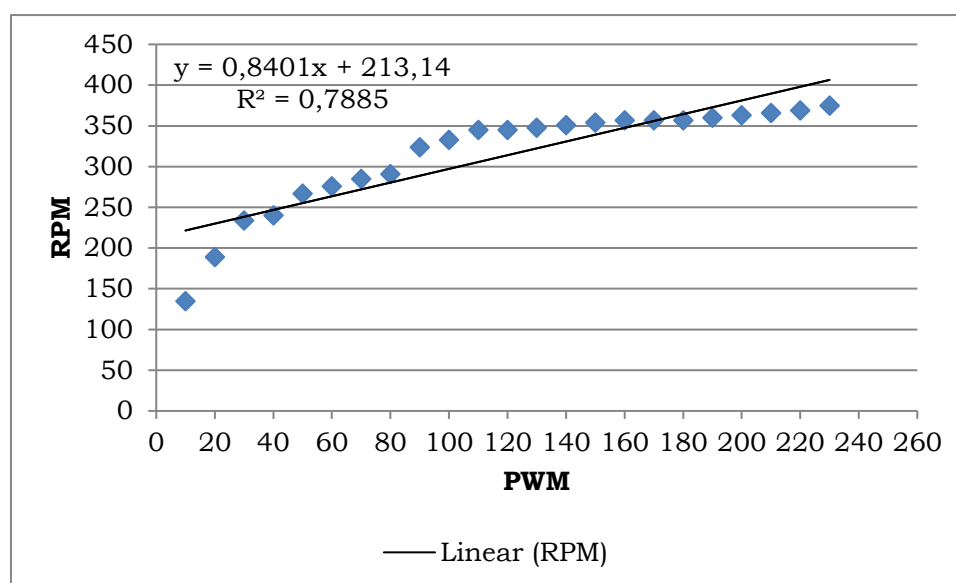
Pengujian pengaruh perubahan pwm terhadap kecepatan putar dilakukan dengan cara memvariasikan *input* pwm. *Range* pwm pada mikrokontroler antara 0 sampai 225, dimana 0 merupakan nilai minimum sedangkan 225 merupakan kecepatan maksimum. Nilai PWM telah ada didalam Arduino mega yaitu pada pin digital 5 sampai pin digital 13. Pengujian dilakukan sebanyak sebanyak 23 kali dengan memvariasikan *input* pwm mulai dari 10 sampai 225 dengan peningkatan pwm sebanyak 10 nilai. Persentase *duty cycle* ini dimanfaatkan untuk mengatur kecepatan putar dari motor DC dengan mengubah-ubah *duty cycle* (Lyons, 2017).

Tabel 4. Pengaturan nilai PWM terhadap kecepatan rotasi motor DC

NO	<i>Pulse width modulation</i> (PWM)	Dutty cicle	Rotasi Per Menit (RPM)
1	10	4,44%	135
2	20	8,89%	189
3	30	13,33%	234
4	40	17,78%	240
5	50	22,22%	267
6	60	26,67%	276
7	70	31,11%	285
8	80	35,56%	291
9	90	40,00%	324
10	100	44,44%	333
11	110	48,89%	345
12	120	53,33%	345
13	130	57,78%	348
14	140	62,22%	351
15	150	66,67%	354
16	160	71,11%	357
17	170	75,56%	357

18	180	80,00%	357
19	190	84,44%	360
20	200	88,89%	363
21	210	93,33%	366
22	220	97,78%	369
23	225	100%	375

Berdasarkan table 4 , hasil menunjukkan bahwa terjadinya perubahan kecepatan rotasi pada motor dc *orbital shaker*. Hal tersebut sesuai dengan yang diungkapkan oleh Baharuddin dkk. (2012) bahwa semakin cepat putaran motor dc, maka frekuensi pulsa akan semakin tinggi. Untuk mempermudah memahami hasil uji coba pada tabel 4 perhatikan grafik pada gambar 28.



Gambar 28. Linearitas PWM terhadap RPM

Gambar 28 menunjukkan bahwa saat pwm dirubah maka rpm akan ikut berubah pula. Hal tersebut sejalan dengan yang diungkapkan oleh Hartono (2011) bahwa setiap terjadi perubahan pulsa pwm yang keluar dari mikrokontroler akan mempengaruhi pada kecepatan motor dc. Nilai regresi yang diperoleh sebesar 0,7885. Sinyal *Pulsa Witdh Modulation* memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi antara 0% hingga 100%. Keadaan *duty cycle* 0% menandakan kondisi dalam *off* atau mati sedangkan *duty cycle* 100% menandakan kondisi dalam *on* atau hidup. Satuan dari *duty cyle* adalah dalam persen (%).

Pengaruh Tegangan Terhadap Perubahan PWM

Pengujian pwm terhadap tegangan dilakukan agar mengetahui pengaruh perubahan pwm terhadap nilai tegangan yang diterima oleh motor dc. Tahapan

pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan nilai pwm pada mikrokontroler. Nilai PWM sudah ada dalam mikrokontroler sehingga hanya memasukkan nilainya saja. Mikrokontroler tersebut akan membaca nilai pwm sebagai perintah masukan kemudian memproses. Kemudian mikrokontroler memberi perintah pada ic L298 untuk merubah nilai pwm tersebut menjadi tegangan. Kemudian tegang tersebut yang diukur menggunakan multimeter digital. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali dengan memvariasikan nilai pwm. Hasil pengukuran nilai tegangan terhadap perubahan nilai pwm disajikan pada tabel 5.

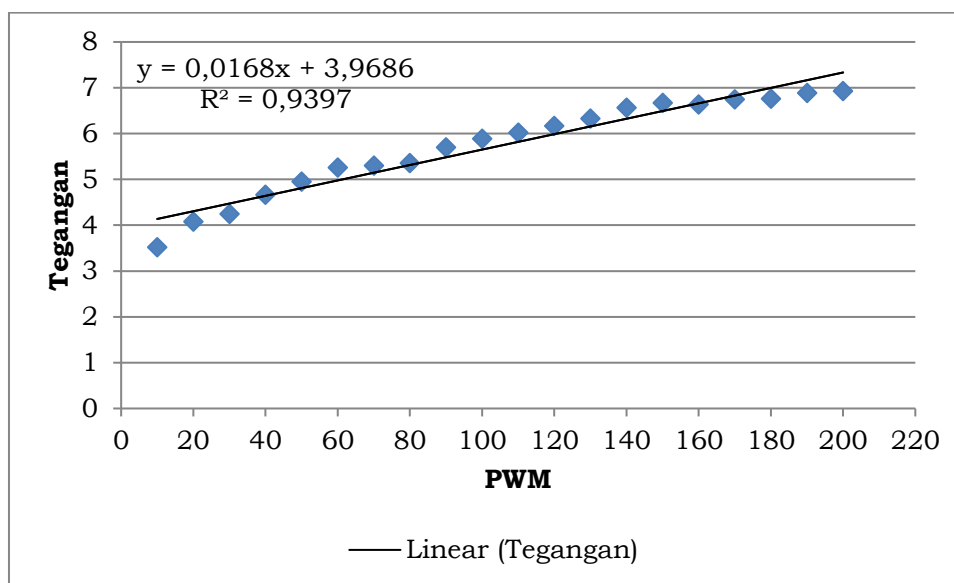
Tabel 5. Pagaruh peningkatan pwm terhadap tegangan pada motor dc

No	PWM	Tegangan (volt)
1	10	3,52
2	20	4,08
3	30	4,25
4	40	4,67
5	50	4,95
6	60	5,26
7	70	5,30
8	80	5,36
9	90	5,70
10	100	5,89
11	110	6,02
12	120	6,17
13	130	6,33
14	140	6,57
15	150	6,67
16	160	6,64
17	170	6,75
18	180	6,76
19	190	6,89
20	200	6,93

Berdasarkan tabel 5 terlihat bahwa penambahan nilai pwm berbanding lurus dengan nilai tegangan yang terbaca. Sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler akan sekitar 500 Hz, frekuensi tinggi tersebut akan digunakan dalam perangkat *switching* yang berkecepatan tinggi seperti *inverter* atau

konverter. Namun, tidak semua aplikasi membutuhkan frekuensi tinggi. Sebagai contoh, untuk mengendalikan motor servo kita hanya perlu menghasilkan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz, frekuensi sinyal PWM ini juga dapat dikendalikan oleh program untuk semua mikrokontroler.

Tegangan *output* sinyal PWM yang telah diubah menjadi *analog* akan menjadi persentase dari siklus kerja (*Duty cycle*). Misalnya jika tegangan operasi 5V maka sinyal PWM juga akan memiliki 5V ketika tinggi. Apabila *Duty cycle* atau siklus kerja adalah 100%, maka tegangan *output* akan menjadi 5V. Sedangkan untuk siklus kerja 50% akan menjadi 2.5V. Demikian juga apabila siklus kerja 60% maka Tegangan *Output analognya* akan menjadi 3V (Aprimaijon, 2011).



Gambar 29. Linearitas PWM terhadap tegangan motor dc

Pada gambar 29 terlihat bahwa pulsa pwm mempengaruhi pada nilai tegangan pada motor dc. Hasil tersebut sejalan dengan pernyataan yang diungkapkan oleh Radi dkk.(2015) semakin besar nilai pwm maka nilai tegangan yang diterima oleh motor dc juga besar.

4.3 Perbandingan Kecepatan Rotasi Alat dengan Alat Ukur Kecepatan

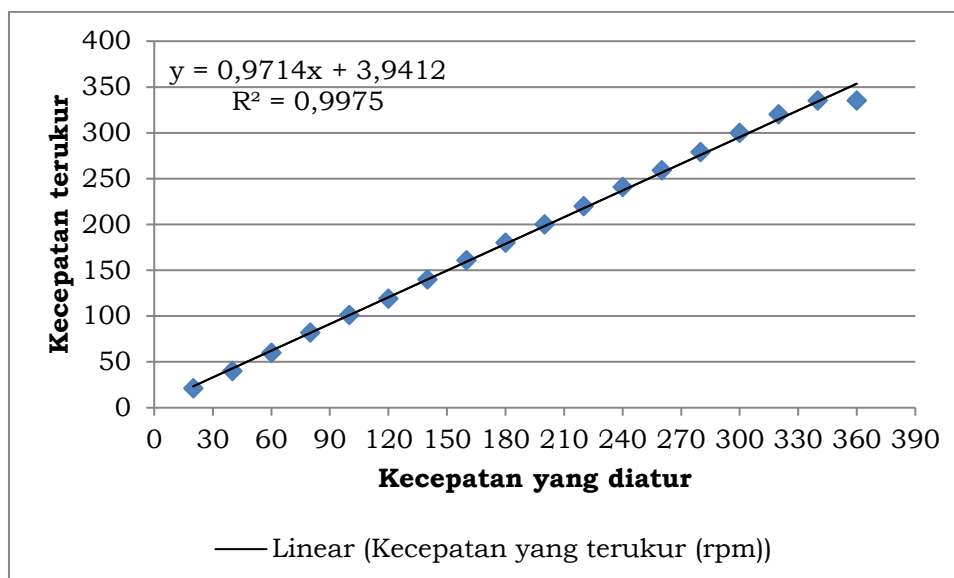
Pengujian ketepatan rotasi motor dc pada alat bertujuan agar alat yang digunakan dapat berfungsi sesuai dengan keinginan pengguna. Pengujian kecepatan rotasi penting karena saat menghomogenkan suatu larutan memerlukan kecepatan rotasi yang berbeda. Pengujian kecepatan rotasi dilakukan sebanyak sepuluh kali. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan nilai kecepatan putar yang diinginkan. Sebelum alat mulai

memutar terlebih dahulu dipasang stiker penanda infrared yang ditembakkan kemudian stiker tersebut sebagai penanda putaran penuh pada alat ukur kecepatan rotasi. Untuk mengukur kecepatan rotasi motor dc menggunakan alat tachometer digital. Hasil pengujian kecepatan rotasi motor dc dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji kecepatan rotasi motor dc

No	Kecepatan yang diatur (rpm)	Kecepatan yang terukur (rpm)	Selisisih	Error (%)
1	20	21	1	5
2	40	40	0	0
3	60	60	0	0
4	80	82	2	3
5	100	101	1	1
6	120	119	1	1
7	140	140	0	0
8	160	161	1	1
9	180	180	0	0
10	200	200	0	0
11	220	220	0	0
12	240	241	1	0
13	260	259	1	0
14	280	279	1	0
15	300	300	0	0
16	320	320	0	0
17	340	335	5	1
18	360	335	25	7

Berdasarkan tabel 6 selisih kecepatan rotasi motor dc tidak berbeda jauh dengan yang terukur pada tachometer digital. Nilai error yang diperoleh tidak begitu besar yaitu 0,05% untuk kecepatan 20 rpm. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa selisih kecepatan rotasi motor dc dengan tachometer masih dapat di toleransi karena tidak lebih dari 10%. Dalam Arduino mega sudah terdapat fasilitas pengaturan kecepatan rotasi dengan memanfaatkan in pwm. Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa kecepatan rotasi maksimum adalah 335 rpm. Nilai tersebut dapat diketahui ketika nilai rpm yang di *input* dari alat melebihi 335 yaitu 340 dan 360 nilai rpm yang diperoleh dari alat ukur tachometer tetap 335 rpm. Untuk lebih mudah mengetahui perubahan kecepatan yang diatur dengan kecepatan terukur perhatikan Gambar 30.



Gambar 30. Linearitas kecepatan terukur dengan kecepatan yang diatur

Pada gambar 30 terlihat bahwa nilai regresi sebesar 0,9975, nilai tersebut menunjukkan hubungan yang sangat erat bahwa kecepatan saat kecepatan yang diatur pada *orbital shaker* akan mempengaruhi alat ukur kecepatan rotasi.

4.4 Pengujian Ketahanan Waktu Operasi Alat

Pengujian ketahanan waktu operasi alat dilakukan dengan cara mengoperasikan alat selama 24 jam. Alat dihidupkan pada jam 9 pagi dan dilakukan pengecekan sepuluh menit sebelum alat berhenti beroperasi. Pengujian dilakukan pengulangan sebanyak lima kali berturut-turut dengan variasi kecepatan rotasi. Pengujian dengan memberi *input* kecepatan rotasi pada *orbital shaker* 20 rpm, 40 rpm, 60 rpm, 80 rpm, dan 100 rpm. Setelah motor diberi *input* kemudian dilakukan pengoperasian alat dan dilakukan pengukuran tegangan pada motor dc serta dilakukan pengukuran kecepatan rotasi pada motor dc menggunakan tachometer digital. Selengkapnya hasil pengujian disajikan pada tabel 7.

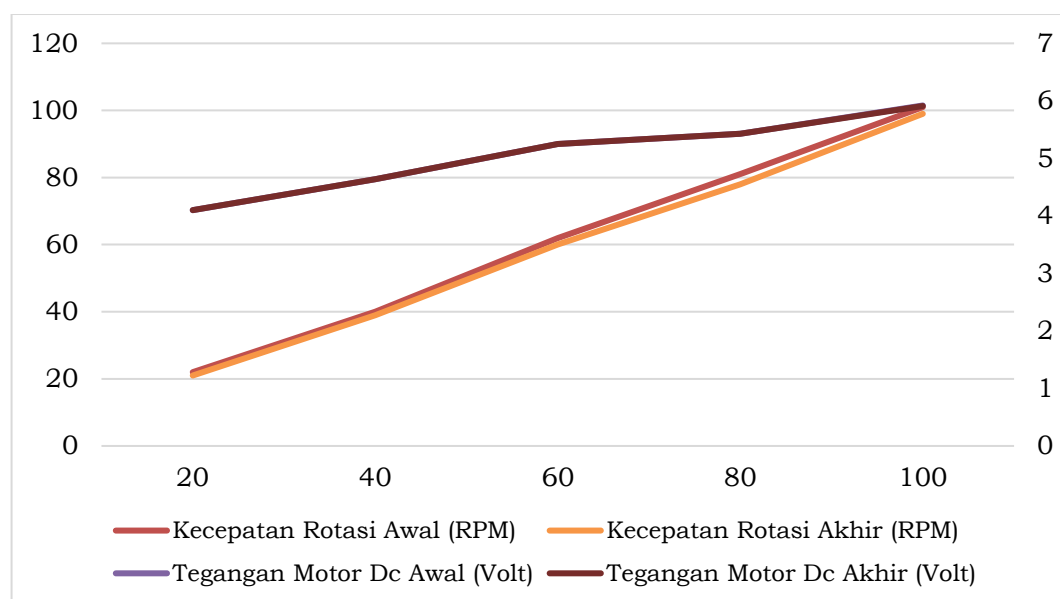
Tabel 7. Hasil uji ketahanan waktu operasi alat

No	<i>Input</i> Rotasi Alat (RPM)	Kecepatan Rotasi Awal (RPM)	Tegangan Motor Dc Awal (Volt)	Kecepatan Rotasi Akhir (RPM)	Tegangan Motor Dc Akhir (Volt)
1	20	22	4,1	21	4,1
2	40	40	4,64	39	4,64

3	60	62	5,25	60	5,25
4	80	81	5,43	78	5,43
5	100	101	5,92	99	5,91

Berdasarkan tabel 7 terlihat bahwa kecepatan rotasi dan tegangan pada pada motor dc setelah 24 jam beroperasi tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pada *input* 20 rpm tegangan terbaca 4,1 volt dan kecepatan rotasi terukur 22 rpm dan saat alat telah beroperasi selama 24 jam tegangan motor dc tidak berubah dan kecepatan rotasi berubah menjadi 21 rpm.

Perubahan kecepatan rotasi tersebut masih lebih kecil dari hitungan toleransi sehingga dapat diabaikan. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra (2018) dimana jika pengujian alat ditemukan nilai error kurang dari 10% maka alat tersebut masih layak digunakan. Hasil pengukuran pada *input* 40 rpm, 60 rpm, 80 rpm dan 100 rpm memiliki hasil yang tidak jauh berbeda pula maka hal tersebut dapat ditoleransi. Untuk lebih mudah memahami tabel 7 perhatikan Gambar 31.

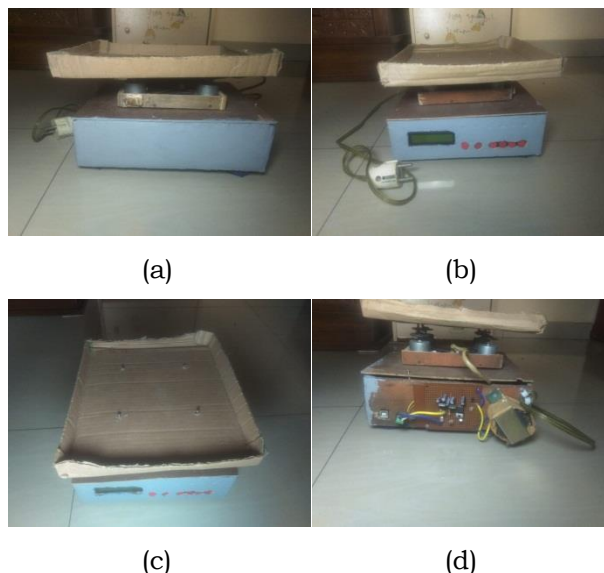


Gambar 31. Hasil uji ketahanan waktu operasional alat

Gambar 31 terlihat bahwa kecepatan rotasi awal tidak beda jauh dengan kecepatan rotasi akhir. Hal tersebut terlihat dari garis kecepatan rotasi awal dan rotasi akhir saling berhimpit. Tegangan awal dan tegangan akhir saat pengujian ketahanan relatif sama, hal tersebut ditunjukkan dengan kedua grafik tersebut saling bertumpuk.

4.5 Sistem kerja alat

Telah dibuat rancang bangun orbital shaker berukuran P=25,5cm; L=24cm; T=12cm. Gambar 32 terlihat kekurangan alat berupa tidak tahan terhadap bahan kimia serta penopang yang kurang stabil. Diperlukan pengujian terhadap kemampuan alat menahan beban.



Gambar 32. *Orbital shaker* yang telah dibuat (a) tampak samping alat (b) tampak depan alat (c) tampak atas alat (d) tampak belakang alat.

Orbital shaker yang telah dibuat dapat beroperasi pada tegangan 9 volt hingga 12 volt dengan arus 1 amper. Alat memiliki sistem kerja dengan cara memanfaatkan gerak melingkar dari motor dc. Saat *orbital shaker* dihubungkan dengan sumber arus kemudian tombol *power* dihidupkan maka alat akan hidup dengan indikator lcd menampilkan waktu dan kecepatan putar dengan nilai nol. Saat alat telah hidup user hanya memasukkan kecepatan putar dan waktu putar yang diinginkan dengan menekan tombol *push button*.

Pada dasarnya, prinsip kerja *push button* adalah pemutus dan penyambung aliran listrik. Namun dalam hal ini, tidak bersifat mengunci. Jadi akan kembali ke posisi semula saat selesai ditekan. Pada Arduino saat *push button* ditekan pada pin digital, menjadi bernilai HIGH dan akan menghantarkan arus listrik. Sedangkan apabila dilepas, maka ia bernilai LOW dan memutus arus listrik (Razor, 2020). Prinsip tersebut kemudian digunakan sebagai *input* pada mikrokontroler mulai pengaturan waktu, kecepatan, reset, jeda serta perintah mulai pada *orbital shaker*.

Input dari *push button* tersebut dapat diterima mikrokontroler melalui serial komunikasi. Secara lebih sederhananya. Komunikasi serial adalah sebuah komunikasi yang terjadi dengan mengirimkan data per-bit secara berurutan dan bergantian. Dengan adanya komunikasi serial, maka Arduino tak hanya bisa

mengolah data dari pin *input* dan *outputnya* saja, tetapi juga bisa dikomunikasikan secara dua arah dengan perangkat komputer untuk menampilkan hasil pengolahan datanya (Pambudi, 2017).

Input yang diterima oleh mikrokontroler kemudian diteruskan untuk dijalankan. Saat perintah dijalankan oleh mikrokontroler diteruskan pada modul ic L298. L298 adalah jenis IC driver motor yang dapat mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC sesuai dengan *input* yang telah diberikan. Mampu mengeluarkan *output* tegangan untuk Motor dc. IC l298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang yang memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc dan dapat mengendalikan 2 untuk motor dc (Faudin, 2017).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian yang berjudul Rancang Bangun Rotor *Orbital shaker* Sederhana Berbasis Arduino Mega dan Motor DC dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dirancang *orbital shaker* dengan 4 motor dc sebagai penggerak, 6 *push button* untuk mengatur waktu dan kecepatan, lcd sebagai penampil, arduino mega sebagai kontroler dan driver motor dc L298N.
2. Kelebihan yang didapat pertama, kecepatan waktu putar motor dc memiliki toleransi <10% yaitu: 0,77% untuk waktu 300 detik; 0,85% untuk waktu 600 detik; dan 0,83% untuk waktu 900 detik. Kedua, Selisih kecepatan rotasi motor dc tidak berbeda jauh dengan yang terukur pada tachometer. Ketiga, mampu bekerja hingga 24 jam tanpa adanya kendala. Kekurangan dari alat ini yang pertama, material yang dipakai tidak tahan terhadap bahan kimia. Kedua, penopang yang kurang stabil.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan maka untuk penelitian selanjutnya disarankan:

1. Dalam penelitian selanjut peneliti dapat menambahkan baterai cadangan sebagai *supply* arus cadangan.
2. Melakukan pengembangan dengan menambah fitur kontrol jarak jauh.
3. Pada penelitian selanjutnya dilakukan pengujian pengaruh beban terhadap kecepatan putar motor dc.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan material yang tahan terhadap bahan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-himaone. 2020. <https://adoc.tips/dasar-motor-stepper-i-pendahuluan.html>. diakses pada tanggal 19 Maret2020.
- Azze Qasim Al dan Mohamed Hasan Ali. 2019. *Design and implement of pulse width modulation with low-cost hardware in the loop*. Department of Electrical Power and Machines, Collage of Engineering, University of Diyala, Iraq.
- Baharuddin dkk. 2012. *System kendali kecepatan motor dc berbasis pwm (pulse width modulation)*. Sulawesi Tenggara: Sekolah tinggi menejemn informatika dan computer.
- Baharuddin, Rhiza dan Muhammad. 2011. *Sistem kendai kecepatan motor dc berbasis PWM (pulse width modulation)*. Kendari, Sulawesi Tengah.
- Chan, C.C, Lam, H., Lee, Y.C., dan Zhang, X-M. 2004. *Analitical method validation instrument performance verification*. Wiley Interscience. A Jhon Wiley and Sons. New York. USA.
- Cheng, C. H., Schmitz, T. L., & Scott Duncan, G. 2007. *Rotating tool point frequency response prediction using RCSA*. Machining Science and Technology, 11(3), 433-446.
- Enny. 2017. *Tachometer Laser, Pemakaian dan Peraatannnya*. Program Studi Diploma III Teknik Elektro Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
- Faudin, Agus. 2017. *Tutorial Arduino Mengakses Driver Motor L298*. <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/>. diakses pada 05 Agustus 2021.
- Ferdous, S. M., Rokonuzzaman, M., Salehin, S., Ferdousi, A., & Hossaine, T. 2010. *Design and Implementation of a Linear IC Based Low Cost Digital Tachometer for Laboratory and Industrial Application (MIEIO-104)*. In International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering. pp. 23-24.
- Hartono, Fuji. 2011. *Analisis pengendalian kecepatan motor dc menggunakan metode logika fuzzy*. WWW.te.ITB.ac.id/Hartono. (diakses pada 10 desember 2020).
- Hidayatullah, Sunan Syarif. 2020. <https://www.belajaronline.net/2020/10/struktur-mikrokontroler-dan-ciri-khas.html>. Diakses pada tanggal 27 Agustus 2021
- Hong-jun, W. A. N. G. 2009. *Multi-function Digital Tachometer Design and Implementation*. Computer Knowledge and Technology, 32, 097.
- Khakam,Maula Nurul.2012. *Pulse Width Modulation*. <http://www.maulanurulkhakam.com>. Diakses tanggal 15 Juni2020.
- Kho, Dickson. 2015. *Jenis-Jenis Motor Arus Searah (DC)*. <https://teknikelektronika.com/jenis-jenis-motor-dc-motor-arus-searah/>. Diakses pada tanggal16 Juni 2020.
- Lynos, Jeffrey. 2016. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/>

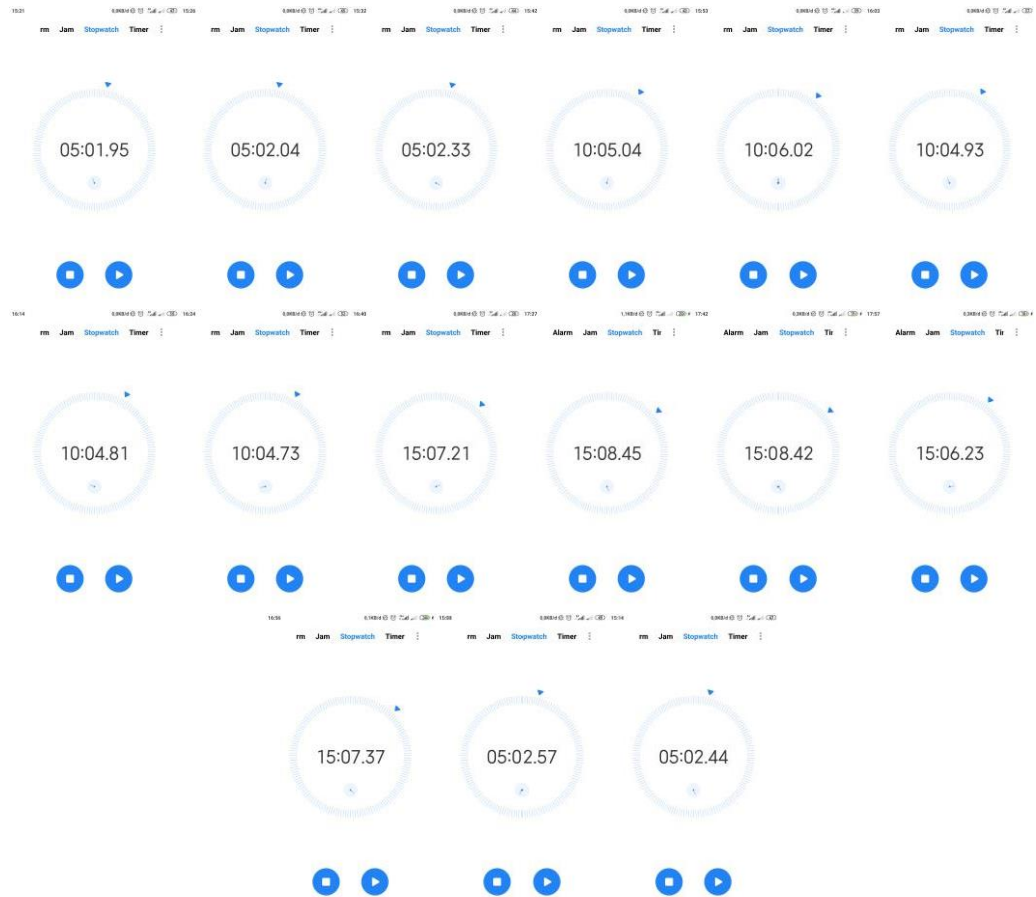
[pops.12336](#). diakses pada tanggal 27 Agustus 2021.

- M.Mracek, J. Wallaschek. 2005. *A system for powder transport based on piezoelectrically excited ultrasonic progressive waves*. Materials Chemistry and Physics 90, pp. 378– 380
- Marzuki, Andri. 2015. *Pulse width modulation (PWM)*. http://andri_mz.staff.ipb.ac.id/pulse-width-modulation-pwm/.
- Muller, Nataline, et all. 2004. *Orbital shaker Technology for the Cultivation of Mammalian Cells in Suspension*. Swiss Federal Institute of Biological Engineering and Biotechnology. Switzerland.
- Nurfitriza, Yulkifli, Zulhendri. 2015. *Pembuatan alat ukur kelajuan angin menggunakan sensor hall dengan display pc*. Jurnal saintek vol. VII No. 2: 95-108.
- Oktariawan, Imran, dkk., 2013. *Pembuatan sistem otomatis dispenser menggunakan mikrokontroler Mikrokontroler Mega 2560*. Universitas Lampung. Lampung
- Pambudi, Giri Wahyu. 2017. *Multi Tasking Arduino, Cara Menjalankan Beberapa Perintah Secara Bersamaan Pada Arduino*. <https://www.cronyos.com/multi-tasking-arduino-cara-menjalankan-beberapa-perintah-secara-bersamaan-pada-arduino/>. Diakses pada 05 Agustus 2021.
- Prayogo, Rudito. 2012. *Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC*. Universitas Brawijaya Malang.
- Primadi, Usman Rozak. 2019. *Sistem Monitoring Rpm Motor Listrik Melalui Perangkat Telepon Pintar Berbasis Iot*. Program Studi Teknik Elektro Universita Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Putra, Muksin Kurnia. 2018. *Modifikasi Alat Ukur Curah Hujan Tipe Ombrometer (OBS) Berbasis Mikrokontroler At-Mega 328P*. Universitas Jambi.
- Radi, Birdayansyah, dkk. 2015. *Pengendalian kecepatan motor dc menggunakan perintah suara berbasis mikrokontroler*. Lampung: Jurusan Teknik Elektro, Unila.
- Rana, M. M., Sahabuddin, M., & Mondol, S. 2016. *Design and Implementation of a Digital Tachometer*. memory, 2, 3.
- Razor, Aldi. 2020. *Push button Arduino: Pengertian, Fungsi dan Prinsip Kerja*. <https://www.aldyrazor.com/2020/05/push-button-arduino.html>. Diakses pada 05 Agustus 2021.
- Restivo, M. T., de Almeida, F. G., Chouzal, M. D. F., Mendes, J. G., & Lopes, A. M. 2011. *Handbook of laboratory measurements and instrumentation*. International Frequency Sensor Association.
- Saputro, Irfan Sandi. *Rancang Bangun Inkubator Shaker Berbasis Mikrokontroler Uno R3*. Jurusan Teknik Elektromedik. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta.
- Syahrul. 2009. *Motor Stepper: Teknologi, Metoda dan Rangkaian Kontrol*. Jurusan Teknik Komputer Universitas Komputer Indonesia.

- Tobing, T. Br. L & Ahmad D.H. 2017. *Rancang Bangun Perangkat Uji Kualitas Komponen Integrated Circuit (IC) Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega32*. Medan: Program Studi Teknik Elektronika. PoliteknikLP3I.
- Yao, Y. 2009. *Yi Yao-DC Motor Controller and Tachometer*.
http://glory.honour.ca/projects/motor_controller_tachometer. Diakses 15 Mei 2021.
- Zainal. 2016. *Instruksi Kerja Alat Laboratorium Orbital shaker*. Lboratorium riset fisiologi tumbuhan. Jurusan biologi. Fakultas MIPA. UniversitasAndalas.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Waktu Dengan *Stopwach*



Lampiran 2. Gambar Alat *Orbital shaker*



Lampiran 3. Gambar Pengukuran Kecepatan Menggunakan Sensor LM393



Lampiran 5. Gambar Pengukuran Pengaruh Perubahan *Input Pwm* Terhadap Tegangan Motor Dc



Lampiran 6. Algoritma Alat yang Dibuat

```
//Inisial untuk memanggil fungsi LCD
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);

//Declare untuk push button (tombol)
const int TambahKecepatan =30;
const int KurangKecepatan =31;
const int TambahWaktu =32;
const int KurangWaktu =33;
const int Reset = 34;
const int Enter = 35;

//Declare untuk fungsi pin pada IC L298 (mengatur pin tegangan
dan ground motor DC)
const int IN1A = 36;
const int IN2A = 37;
const int IN3A = 38;
const int IN4A = 39;
const int IN1B = 40;
const int IN2B = 41;
const int IN3B = 42;
const int IN4B = 43;

//Declare untuk PWM
const int ENA1 = 2;
const int ENB1 = 3;
const int ENA2 = 4;
const int ENB2 = 5;
```

```

//Declarate untuk indikator masing-masing tombol
const int led1 =53;
const int led2 =52;
const int led3 =51;
const int led4 =50;
const int led5 =49;
const int led6 =48;

//perintah bahwa kecepatan awal (RPM) dan waktu awal adalah nol
int TambahV = 0 ;
int TambahT = 0;

//perintah sensor kecepatan
int encoder_pin =6;
unsigned int rpm;
volatile byte pulses;
unsigned long timeold;
unsigned int pulsesreturn =20;

void counter(){
    //counter pada sensor kecepatan
    pulses++;
}

void setup() {
    // memerintahkan bahwa pin yang terhubung dengan IC L298 sebagai
    OUTPUT/keluaran dari mikrokontroler
    pinMode (IN1A, OUTPUT);
    pinMode (IN2A, OUTPUT);
    pinMode (IN3A, OUTPUT);
    pinMode (IN4A, OUTPUT);
    pinMode (IN1B, OUTPUT);
    pinMode (IN2B, OUTPUT);
    pinMode (IN3B, OUTPUT);
    pinMode (IN4B, OUTPUT);

    //perintah bahwa pin RPM sebagai OUTPUT dari mikrokontroler
    pinMode (ENA1, OUTPUT);
    pinMode (ENB1, OUTPUT);
    pinMode (ENA2, OUTPUT);
    pinMode (ENB2, OUTPUT);

    //perintah bahwa tombol push button sebagai input untuk
    mikokontroler
    pinMode (TambahKecepatan, INPUT);
    pinMode (KurangKecepatan, INPUT);
    pinMode (TambahWaktu, INPUT);
    pinMode (KurangWaktu, INPUT);
    pinMode (Reset, INPUT);
    pinMode (Enter, INPUT);

    //perintah bahwa pin led sebagai Output/ keluaran dari
    mikrokontroler
    pinMode (led1, OUTPUT);
    pinMode (led2, OUTPUT);
    pinMode (led3, OUTPUT);
    pinMode (led4, OUTPUT);
    pinMode (led5, OUTPUT);

```

```

pinMode (led6, OUTPUT);

//perintah sensor kecepatan
pinMode (encoder_pin, INPUT);
pulses= 0;
rpm= 0;
timeold= 0;

//perintah untuk tampilan lcd saat alat dihidupkan
lcd.begin ();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print ("Power ON!!!...");
delay (1000);
lcd.clear ();
delay (1000);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  //mengatur tampilan LCD
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print ("V=");
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print ("T=");
  lcd.setCursor (6,0);
  lcd.print ("RPM");
  lcd.setCursor (6,1);
  lcd.print ("menit");

  // mengatur perintah tombol untuk menambah kecepatan
  if (digitalRead (TambahKecepatan) == HIGH){
    TambahV++;
    lcd.setCursor (3,0);
    lcd.print (TambahV);
    delay (200);
    digitalWrite (led1, HIGH);
    delay (200);
    digitalWrite (led1, LOW);
  }

  //mengatur perintah untuk mengurangi kecepatan
  if (digitalRead (KurangKecepatan)==HIGH){
    TambahV--;
    lcd.setCursor (3,0);
    lcd.print (TambahV);
    delay (200);
    digitalWrite (led2, HIGH);
    delay (200);
    digitalWrite (led2, LOW);
  }

  //mengatur perintah untuk menambah waktu
  if (digitalRead (TambahWaktu)== HIGH){
    TambahT++;
    lcd.setCursor (3,1);
    lcd.print (TambahT);
    delay(200);
    digitalWrite (led3, HIGH);
    delay (200);
  }
}

```

```

    digitalWrite (led3, LOW);
}

//mengatur perintah untuk mengurangi waktu
if (digitalRead (KurangWaktu)==HIGH){
    TambahT--;
    lcd.setCursor (3,1);
    lcd.print (TambahT);
    delay (200);
    digitalWrite (led4, HIGH);
    delay (200);
    digitalWrite (led4, LOW);
}

if (millis () - timeold >= 1000){
    detachInterrupt (0);

    rpm = (60*1000/pulsesreturn)/(millis() - timeold*pulses);
    attachInterrupt (0, counter, FALLING);
}

//mengatur perintah untuk eksekusi
if (digitalRead (Enter)==HIGH){
    digitalWrite (led6, HIGH);
    delay (1000);
    digitalWrite (led6, LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("mulai!!!...");
    delay (1000);
    lcd.clear();
    TambahT;
    analogWrite (ENA1, TambahV);
    analogWrite (ENB1, TambahV);
    analogWrite (ENA2, TambahV);
    analogWrite (ENB2, TambahV);

    digitalWrite (IN1A, HIGH);
    digitalWrite (IN2A, LOW);
    digitalWrite (IN3A, HIGH);
    digitalWrite (IN4A, LOW);
    digitalWrite (IN1B, HIGH);
    digitalWrite (IN2B, LOW);
    digitalWrite (IN3B, HIGH);
    digitalWrite (IN4B, LOW);
    for (int x=TambahT; x>0; x--){
        lcd.setCursor (0,0);
        lcd.print ("V=");
        lcd.setCursor (0,1);
        lcd.print ("T=");
        lcd.setCursor (6,0);
        lcd.print ("RPM");
        lcd.setCursor (6,1);
        lcd.print ("menit");
        lcd.setCursor (3,0);
        lcd.print (rpm);
        lcd.setCursor (3,1);
    }
}

```

```

lcd.print (x);
delay (60000);
if (x<=1){
  digitalWrite (IN1A, LOW);
  digitalWrite (IN2A, LOW);
  digitalWrite (IN3A, LOW);
  digitalWrite (IN4A, LOW);
  digitalWrite (IN1B, LOW);
  digitalWrite (IN2B, LOW);
  digitalWrite (IN3B, LOW);
  digitalWrite (IN4B, LOW);
  digitalWrite (led6, LOW);
  lcd.clear();
  delay (200);
}
}
}

//mengatur perintah untuk mengatur ulang/ reset
if (digitalRead (Reset)==HIGH){
  TambahV=0;
  TambahT=0;
  lcd.setCursor (3,0);
  lcd.print (TambahV);
  lcd.setCursor (3,1);
  lcd.print (TambahT);
  delay (200);
  digitalWrite (led5, HIGH);
  delay (200);
  digitalWrite (led5, LOW);
}
}

```

Lampiran 7. Perhitungan Error Waktu Alat

Waktu Alat (s)	Stopwach (S)	Selisish waktu	Selisih waktu/ <i>stopwach</i>	Persentase hasil bagi
300	302.57	2.57	0.008494	0.85%
300	302.44	2.44	0.008068	0.81%
300	301.95	1.95	0.006458	0.65%
300	302.4	2.4	0.007937	0.79%
300	302.33	2.33	0.007707	0.77%
600	605.04	5.04	0.008330	0.83%
600	606.2	6.2	0.010228	1.02%
600	604.93	4.93	0.008150	0.81%
600	604.81	4.81	0.007953	0.80%
600	604.73	4.73	0.007822	0.78%
900	907.21	7.21	0.007947	0.79%
900	907.37	7.37	0.008122	0.81%
900	908.45	8.45	0.009302	0.93%
900	908.42	8.42	0.009269	0.93%
900	906.23	6.23	0.006875	0.69%

Lamiran 8. Perhitungan Duty Cicle

no	pwm	Pwm/225	dutty cicle
1	10	0.044444	4.44%
2	20	0.088889	8.89%
3	30	0.133333	13.33%
4	40	0.177778	17.78%
5	50	0.222222	22.22%
6	60	0.266667	26.67%
7	70	0.311111	31.11%
8	80	0.355556	35.56%
9	90	0.4	40.00%
10	100	0.444444	44.44%
11	110	0.488889	48.89%
12	120	0.533333	53.33%
13	130	0.577778	57.78%
14	140	0.622222	62.22%
15	150	0.666667	66.67%
16	160	0.711111	71.11%
17	170	0.755556	75.56%
18	180	0.8	80.00%
19	190	0.844444	84.44%
20	200	0.888889	88.89%
21	210	0.933333	93.33%
22	220	0.977778	97.78%
23	225	1	100.00%

Lampiran 9. Desain ukuran alat