

TUGAS AKHIR

“RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN MOTOR DC PADA ALAT PRODUKSI BODIESEL DARI MINYAK JELANTAH BERBASIS ARDUINO MEGA”

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

Ari Pratono
1607220031



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ari Pratono

NPM : 1607220031

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC Pada
Alat Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berbasis
Arduino Mega

Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 07 Juni 2021



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ari Pratono
Tempat /Tanggal Lahir : Antara/01 Maret 1997
NPM : 1607220031
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC Pada Alat Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 01 Juni 2021
Saya yang menyatakan,


Ari Pratono

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan rancang bangun alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega. Tujuan penelitian ini yaitu merancang dan membuat sebuah program alat pengontrolan motor DC agar alat produksi biodiesel dapat berjalan dengan otomatis. Berkembangnya teknologi yang semakin canggih dan modern seiring dengan kebutuhan manusia yang berbeda-beda kita dapat membuat sesuatu hal yang manual menjadi otomatis, sehingga akan mempermudah atau meringankan beban setiap pekerjaan. Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik yang dimana arduino merupakan *platform* pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware*. Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian eksperimen yang dimana penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa motor DC yang telah diprogram ke dalam arduino mega akan berfungsi sebagai pengadukan proses pembuatan biodiesel dan pemindahan minyak dari tabung ke tabung secara otomatis.

Kata Kunci : *Biodiesel, Mikrokontroler, Arduino Mega, Motor DC*

ABSTRACT

This research is the design of a DC motor control device for the production of biodiesel from used cooking oil based on Arduino Mega. The purpose of this research is to design and create a DC motor control device program so that the biodiesel production tool can run automatically. The development of increasingly sophisticated and modern technology in line with different human needs, we can make manual things automatic, so that it will simplify or lighten the burden of every job. A microcontroller is a computer on a chip that is used to control electronic equipment where Arduino is an open-source hardware electronic prototyping platform. The research method used is an experimental research method in which research is carried out to determine the consequences of a treatment given intentionally by the researcher. The results of this study indicate that the DC motor that has been programmed into Arduino Mega will serve as a stirring process for making biodiesel and transferring oil from tube to tube.

Keywords : *Biodiesel, Microcontroller, Arduino Mega, DC Motor*

KATA PENGANTAR

Asalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, berkat karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan tingkat sarjana strata satu Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. terselesaikannya Tugas Akhir ini tentu tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Partaonan Harahap, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Solly Aryza Lubis ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Penulisan Tugas Akhir atas perhatian dan kesabarannya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
6. Seluruh Pegawai dan Laboratorium Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ayahanda tercinta Saijan dan Ibunda tercinta Poniye orang tua penulis yang selalu memberikan nasihat, dorongan, motivasi, doa dan dukungan selama ini dalam proses pengerjaan dan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman A2 Siang yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dan mendukung sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
9. Teman-teman seperkosaan Perkasa 33 yang telah membantu dan mendukung sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

10. Dan semua pihak yang tidak mungkin dapat saya sebutkan satu persatu sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa karya tulis Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, maka saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya semoga karya tulis Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan sumbangan pada perkembangan ilmu pengetahuan.

Wasalamualaikum Wr. Wb.

Medan, Juni 2020

Penulis

Ari Pratono

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | ii |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Ruang Lingkup..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5.1 Masyarakat..... | 4 |
| 1.5.2 Universitas | 4 |
| 1.5.3 Mahasiswa | 4 |
| 1.6 Metode Penelitian..... | 5 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan | 7 |
| 2.1.1 Sejarah Biodiesel | 7 |
| 2.1.2 Pengertian Biodiesel | 9 |
| 2.1.3 Proses Pembuatan Biodiesel | 10 |
| 2.1.4 Manfaat Penggunaan Biodiesel | 12 |
| 2.1.5 Standar Mutu Biodiesel | 12 |
| 2.1.6 Minyak Jelantah..... | 14 |
| 2.1.7 Macam-Macam Alat Penghasil Biodiesel Yang Sudah Ada | 16 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.1.8 | Komparasi Penelitian Terdahulu | 18 |
| 2.1.9 | Prinsip Kerja Alat Penghasil Biodiesel | 20 |
| 2.2 | Landasan Teori..... | 21 |
| 2.2.1 | Sistem Kontrol..... | 21 |
| 2.2.2 | Mikrokontroler..... | 24 |
| 2.2.3 | Arduino | 27 |
| 2.2.4 | Arduino Mega 2560..... | 28 |
| 2.2.4.1 | Spesifikasi Arduino Mega 2560..... | 29 |
| 2.2.4.2 | Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 2560..... | 30 |
| 2.2.5 | Motor DC (<i>Direct Current</i>) | 31 |
| 2.2.5.1 | Prinsip Kerja Motor DC (<i>Direct Current</i>)..... | 32 |
| 2.2.5.2 | Komponen Utama Motor DC (<i>Direct Current</i>) | 33 |
| 2.2.5.3 | Pengendalian Kecepatan Motor DC (<i>Direct Current</i>) | 35 |
| 2.2.6 | Driver Motor DC (<i>Direct Current</i>)..... | 36 |
| 2.2.6.1 | Pin Out Dari <i>Driver</i> Motor L298N | 37 |
| 2.2.6.2 | Spesifikasi Dari Modul <i>Driver</i> Motor L298N..... | 38 |
| 2.2.6.3 | Fungsi Driver Motor DC (<i>Direct Current</i>) | 38 |
| 2.2.7 | PWM (<i>Pulsa Width Modulation</i>)..... | 38 |
| 2.2.8 | Modul Relay 4 <i>Channel</i> | 40 |
| 2.2.8.1 | Fungsi Relay..... | 41 |
| 2.2.8.2 | Prinsip Kerja Relay | 41 |
| 2.2.9 | Pompa | 42 |
| 2.2.9.1 | Jenis-Jenis Pompa | 42 |
| 2.2.10 | Pompa Air..... | 43 |
| 2.2.10.1 | Prinsip Kerja Pompa Air | 43 |
| 2.2.10.2 | Jenis Pompa Air | 44 |
| 2.2.10.3 | Spesifikasi Pompa Air (<i>water Pump</i>)..... | 44 |
| 2.2.11 | Dimmer | 45 |
| 2.2.11.1 | Fungsi Dimmer..... | 45 |
| 2.2.11.2 | Jenis-Jenis Dimmer | 45 |
| 2.2.11.3 | Komponen Dimmer..... | 46 |
| 2.2.12 | <i>Power Supply</i> | 46 |

| | |
|---|------------|
| 2.2.12.1 Jenis-Jenis <i>Power Supply</i> | 47 |
| 2.2.12.2 Prinsip Kerja <i>Power Supply</i> | 49 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 51 |
| 3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian | 51 |
| 3.2 Alat Dan Bahan | 51 |
| 3.2.1 Alat | 51 |
| 3.2.2 Bahan | 52 |
| 3.3 Rancangan Penelitian | 53 |
| 3.3.1 Blog Diagram..... | 53 |
| 3.3.2 Flowchart Penelitian | 54 |
| 3.3.3 Gambar Rancangan Penelitian..... | 58 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 59 |
| 3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian | 60 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 61 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 61 |
| 4.2 Pembahasan Penelitian..... | 67 |
| 4.2.1 Prinsip Kerja Alat Pengontrolan Motor DC | 67 |
| 4.2.2 Prinsip Kerja Alat Produksi Biodiesel..... | 68 |
| 4.2.3 Cara Menginput <i>Setting</i> Program Arduino Mega..... | 69 |
| 4.2.4 Pengujian Komponen Alat Pengontrolan Motor DC..... | 74 |
| 4.2.5 Data Keluaran Penggunaan Daya | 81 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 82 |
| 5.1 Kesimpulan | 82 |
| 5.2 Saran..... | 83 |
| DAFTAR PUSTAKA | 84 |
| LAMPIRAN..... | 88 |
| JURNAL | 90 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | 102 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Senyawa Alkil Ester (Biodiesel) | 11 |
| Gambar 2.2 Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel..... | 17 |
| Gambar 2.3 Labu Pemanas dengan Metode <i>Zeolite Cracking Catalyst</i> | 17 |
| Gambar 2.4 Reaktor Biodiesel 30 Ltr dengan Minyak Jelantah..... | 18 |
| Gambar 2.5 Hubungan sebab akibat dalam sistem kontrol | 21 |
| Gambar 2.6 Sistem Kontrol Lup Terbuka (<i>Open-Loop Control System</i>)..... | 23 |
| Gambar 2.7 Sistem Kontrol Lup Tertutup (<i>Closed-Loop Control System</i>)..... | 23 |
| Gambar 2.8 Bagian-bagian Mikrokontroler | 26 |
| Gambar 2.9 Arduino Mega 2560 | 29 |
| Gambar 2.10 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Arduino ATmega 2560..... | 30 |
| Gambar 2.11 Motor DC..... | 32 |
| Gambar 2.12 Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor.... | 33 |
| Gambar 2.13 IC L298 & Modul Driver Motor L298N | 36 |
| Gambar 2.14 Pin <i>Out</i> dari <i>Driver</i> Motor L298..... | 37 |
| Gambar 2.15 Bentuk Pulsa PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)..... | 39 |
| Gambar 2.16 <i>Duty Cycle</i> PWM 8 bit..... | 40 |
| Gambar 2.17 Modul Relay 4 <i>Channel</i> | 40 |
| Gambar 2.18 Prinsip Kerja Relay | 41 |
| Gambar 2.19 Pompa Air (<i>Water Pump</i>) 12 Volt | 44 |
| Gambar 2.20 Dimmer DC | 46 |
| Gambar 2.21 <i>Power Supply</i> DC 12 Volt | 49 |
| Gambar 2.22 Rangkaian <i>Power Supply</i> DC | 49 |
| Gambar 2.23 Rangkaian Trafo <i>Step Down</i> | 50 |
| Gambar 3.1 Skema Rancangan Alat Pengontrolan Motor Dc pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega..... | 53 |
| Gambar 3.2 Skema rancangan Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega..... | 54 |
| Gambar 3.3 Flowchart langkah-langkah penelitian..... | 55 |
| Gambar 3.4 Flowchart Langkah-Langkah Kerja Alat | 58 |
| Gambar 3.5 Gambar Rancangan Alat..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.1 Rangkaian Sistem Alat Keseluruhan | 61 |
| Gambar 4.2 Rangkaian Sistem Pengaduk 1 | 62 |
| Gambar 4.3 Rangkaian Sistem Pompa 1 | 62 |
| Gambar 4.4 Rangkaian Sistem Pompa 2 | 62 |
| Gambar 4.5 Rangkaian Sistem Pompa 3 | 62 |
| Gambar 4.6 Rangkaian Sistem Pengaduk 2 | 63 |
| Gambar 4.7 Skematik Rangkaian Sistem Alat Keseluruhan | 63 |
| Gambar 4.8 Hasil Rancangan Alat Secara Keseluruhan | 66 |
| Gambar 4.9 Alat Keseluruhan Tampak dari Samping..... | 66 |
| Gambar 4.10 Komponen Elektronika pada Alat Pengontrolan Motor DC | 66 |
| Gambar 4.11 Tampilan Program Arduino Mega untuk Alat Pengontrolan Motor DC | 70 |
| Gambar 4.12 Proses <i>Uploading</i> Program..... | 73 |
| Gambar 4.13 Proses Selesai <i>Uploading</i> Program..... | 74 |
| Gambar 4.14 Pengujian Pengaduk 1..... | 75 |
| Gambar 4.15 Pengujian Pompa 1 | 76 |
| Gambar 4.16 Pengujian Pompa 2 | 77 |
| Gambar 4.17 Pengujian Pompa 3 | 78 |
| Gambar 4.18 Pengujian Pengaduk 2..... | 80 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Parameter Umum Standart Mutu Biodiesel Yang Diatur Oleh Beberapa Negara..... | 12 |
| Tabel 2.2 | Standar Mutu Biodiesel Menurut SNI 04-7182:2006..... | 13 |
| Tabel 2.3 | Perbandingan Kandungan Asam Lemak Dalam Bunga Matahari, Minyak Kedelai, Dan Minyak Jelantah..... | 16 |
| Tabel 2.4 | Perbandingan Berbagai Macam Alat Biodiesel Pada Penelitian Terdahulu..... | 18 |
| Tabel 3.1 | Jadwal Pelaksanaan Kegiatan..... | 60 |
| Tabel 4.1 | Pengujian Komponen Pompa Pada Alat..... | 80 |
| Tabel 4.2 | Pengujian Komponen Pengaduk Pada Alat..... | 80 |
| Tabel 4.3 | Hasil Pengukuran Alat Pengontrolan Motor DC..... | 81 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi utama yang digunakan diberbagai Negara didunia saat ini adalah energi fosil. Banyaknya penggunaan energi fosil menyebabkan semakin terancam keberadaannya dan harganya akan meningkan secara terus-menerus. Hal ini disebabkan karena energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui.

Penggunaan energi berbasis fosil suatu saat akan habis dan akan digantikan dengan energi terbarukan. Transisi dari penggunaan energi berbasis fosil menuju penggunaan energi terbarukan perlu dipersiapkan dan banyak tantangan yang harus dihadapi. Negera-negara maju, seperti Perancis sudah memulai transisi ini melalui kebijakan transisi energi yang disahkan dalam Undang Undang Transisi Energi pada tanggal 22 Juli 2015 (Rüdinger, 2015).

Target yang akan dicapai melalui kebijakan ini adalah mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 40% pada tahun 2030 dan 75% pada tahun 2050 terhadap tahun dasar 1990, meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan menurunkan kebutuhan sebesar 20% pada tahun 2030 dan 50% pada tahun 2050, serta melakukan diversifikasi penyediaan energi dengan mengurangi penggunaan energi nuklir dan fosil dan mempercepat pemanfaatan energi terbarukan (Agus Sugiyono, 2017).

Dalam skala nasional, Indonesia masih menghadapi permasalahan energi yang relatif kompleks. Pemanfaatan bahan bakar minyak (BBM) sebagai jenis energi dominan yang dikonsumsi, lebih besarnya laju konsumsi BBM dibandingkan laju produksi, harga minyak bumi mentah yang fluktuatif, dan cadangan minyak bumi semakin berkurang merupakan permasalahan yang selalu melekat pada jenis energi fosil ini (BPPT, 2014). Sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap BBM, pemerintah Indonesia telah membuat kebijakan sebagai bagian dari salah satu paket kebijakan ekonomi, salah satunya adalah penerbitan Peraturan Menteri ESDM No. 20 Tahun 2014 (perubahan kedua

Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008) tentang penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain (Haryono dkk, 2016).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak hewan atau minyak bekas melalui transesterifikasi dengan alkohol. Biodiesel dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar tanpa modifikasi ulang mesin diesel. Biodiesel dapat ditulis B20 yang berarti dalam bahan bakar tersebut terdapat kandungan biodiesel 20% dan minyak solar 80% (Siswanti dkk, 2012). Bahan baku biodiesel berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, oleh karena itu biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui (Rosdiana Moeksin dkk, 2017).

Jumlah produksi minyak jelantah di Indonesia yang telah mencapai 4 juta ton/tahun memerlukan penanganan yang baik agar tidak terjadi pencemaran lingkungan. Pembuangan minyak jelantah secara langsung (tanpa pengolahan) selain dapat mengganggu badan air juga dapat merusak struktur tanah karena menghambat pergerakan air pada pori-pori tanah. Teknologi terbaik yang dapat diterapkan adalah mengolah kembali minyak jelantah yang telah menjadi limbah sehingga memberi manfaat bagi masyarakat (Hadrah dkk, 2018).

Berkembangnya teknologi yang semakin canggih dan modern seiring dengan kebutuhan manusia yang bervariasi kita dapat membuat sesuatu yang manual menjadi otomatis, sehingga akan mempermudah atau meringankan setiap pekerjaan. Dengan hal tersebut kita membutuhkan suatu alat berbasis mikrokontroler yang dapat diisi perintah program yang sesuai dengan kebutuhan berdasarkan nilai masukan (*input*) dan memprosesnya kemudian mengeluarkan hasil keluaran (*output*) berdasarkan perintah program yang telah tersimpan dalam memori IC (Partaonan Harahap dkk, 2018).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Joko Tri Jaryadi dkk (2018) dengan judul "*Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodiesel Menggunakan Arduino*" pada penelitiannya penulis menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengontrolnya yang dimana sumber energi utamanya berasal dari sinar matahari. Sinar matahari tersebut akan memanaskan *solar heater* yang sudah terhubung pada tabung air dan penelitian bertujuan untuk mempermudah

produksi biodiesel skala mini dengan menerapkan semi otomatisasi dalam rancangannya.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan pengembangan penelitian terhadap prototype alat produksi biodiesel dengan menerapkan sistem otomatisasi, dimana penelitian ini terfokus pada rancangan alat pengontrolan motor DC dalam prototype alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega. Pada penelitian ini yang ditekankan oleh penulis yaitu tentang sistem kontrolnya serta bagaimana cara kerja alat pada proses pengolahan biodiesel dari minyak jelantah.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat program pengontrolan untuk motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega?
2. Bagaimana prinsip kerja alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega?
3. Bagaimana rancang alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah:

1. Mengetahui pembuatan program pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.
2. Mengetahui prinsip kerja alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.
3. Mengetahui perancangan alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.

1.4 Ruang Lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud juga tujuannya, maka ditetapkan ruang ruang lingkup sebagai berikut:

1. Membahas mengenai pembuatan program pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.
2. Membahas secara umum tentang prinsip kerja alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.
3. Penelitian ini hanya mengetahui perancangan alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian yang merancang alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega ini, nantinya dapat mempunyai manfaat bagi:

1.5.1 Masyarakat

Manfaat dari rancang bangun alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega ini bagi masyarakat adalah memberikan informasi bagaimana proses pembuatan alat dan program pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah.

1.5.2 Universitas

Manfaat alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega ini bagi universitas adalah dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

1.5.3 Mahasiswa

Manfaat alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega ini bagi mahasiswa dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut yang lebih baik lagi.

1.6 Metode Penelitian

Adapun beberapa metode penelitian yang penulis gunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi pustaka ini dilakukan untuk menambah pengetahuan bagi penulis sekaligus sebagai referensi dalam literatur maupun teori-teori yang bersumber dari buku, jurnal dan internet mengenai pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel.

2. Studi Eksperimen

Pada saat merancang penulis membuat perancangan dan menganalisa tempat yang ingin digunakan dalam proyek tugas akhir dan meliputi alat-alat dan bahan yang akan digunakan.

3. Studi Analisa dan Pengujian

Menganalisa dan menguji alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika yang digunakan penulis dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat penulisan, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka relevan yaitu teori-teori rujukan yang dapat menunjang dalam penulisan tugas akhir, serta teori dasar yang berisikan landasan teori dasar setiap komponen alat yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang lokasi penelitian berlangsung, alat dan bahan penelitian, jadwal penelitian, prosedur penelitian, gambar rancangan dan

diagram alir perancangan alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.

BAB 4 ANALISIS DAN HASIL

Pada bab ini berisikan tentang analisis hasil dari perancangan pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran dari penelitian dari penulisan tugas akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

2.1.1 Sejarah Biodiesel

Nuva dkk, 2019 (dalam Michael et al. 2011) menjelaskan bahwa perkembangan *biofuel* sebagai salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan (green and clean energy) bukan merupakan hal baru. Ditilik dari sejarahnya, penggunaan ethanol untuk kendaraan sudah dimulai dari tahun 1806, dimana salah seorang engineer Jerman - Nikolaus August Otto (*Otto' cycle*) – menggunakan ethanol dari fermentasi *yeast* untuk menjalankan mesin kendaraan.

Sebuah konsep penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar mesin muncul ketika Rudolf Diesel (1858-1913) mengembangkan mesin pertama yang berjalan menggunakan minyak kacang yang didemonstrasikannya pada pameran Dunia di Paris pada tahun 1900. Pada masa itu, Rudolf Diesel berkeyakinan bahwa pemanfaatan bahan bakar biomassa menjadi masa depan bagi mesin ciptaannya. Ambisinya ialah ingin memberikan kesempatan bagi para petani untuk menghasilkan bahan bakar mereka sendiri. Sehingga di tahun 1911, dikatakannya bahwa mesin diesel dapat diberi umpan dengan minyak nabati dan akan cukup membantu dalam pengembangan pertanian dari negara-negara yang menggunakannya. Penggunaan minyak nabati untuk bahan bakar mesin mungkin tampak tidak signifikan hari ini. Tapi dalam perjalanan waktu, minyak tersebut dapat menjadi sama pentingnya dengan produk minyak bumi dan tar batubara dari saat ini seperti yang sudah diramalkan oleh Rudolf Diesel. Namun sayang, pada tahun 1913 sebelum visinya tentang minyak nabati dapat memberi tenaga pada mesin sepenuhnya terwujud sang penemu minyak nabati itu meninggal dunia (Mahfud, 2018: 4).

Pada saat kematian Rudolf Diesel, industri minyak bumi dengan cepat berkembang dan memproduksi produk murah yang disebut "solar" yang akan menggerakkan sebuah "mesin diesel" yang dimodifikasi. Dengan demikian, minyak nabati sebagai energi terbarukan dengan cepat telah di lupakan orang. Mesin diesel modern saat ini di rancang untuk beroperasi dengan menggunakan

bahan bakar yang lebih cair (mudah mengalir) daripada bahan bakar dari minyak nabati. Namun, pada saat bahan bakar menjadi langka, maka mobil dan truk telah berhasil di jalankan dengan menggunakan minyak kacang dan minyak hewan yang dipanaskan lebih dahulu. Pada pertengahan tahun 1970-an, kelangkaan bahan bakar memacu minat dalam diversifikasi sumber bahan bakar, dan dengan demikian biodiesel (ester dari minyak) kembali dikembangkan sebagai alternatif untuk minyak diesel. Kemudian, pada tahun 1990, sedang terjadi peningkatan ketertarikan dalam mengembangkan biodiesel karena adanya manfaat pengurangan polusi besar yang berasal dari penggunaan biodiesel. Mesin diesel saat ini membutuhkan pembakaran yang bersih, bahan bakar yang stabil yang akan beroperasi dibawah berbagai kondisi. Kebangkitan biodiesel telah di pengaruhi oleh undang-undang dan peraturan di semua negara. Banyak peraturan dibuat untuk mempromosikan ekonomi pertanian suatu negara, keamanan nasional, dan mengurangi polusi atau perubahan iklim (Mahfud, 2018: 5).

Di Indonesia, *bioenergy* termasuk biofuel yang adalah merupakan bagian dari energi baru dan terbarukan juga sudah menjadi perhatian pemerintah semenjak tahun 1980-an. Kebijakan diversifikasi (bauran) energi termasuk pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) di Indonesia secara umum sudah diinisiasikan semenjak tahun 1980-an. Upaya pengembangan bauran energi sebagai bentuk kepedulian pemerintah akan pentingnya energi diawali dengan terbitnya Keputusan Presiden (Kepres) No. 46 tahun 1980 tentang Badan Koordinasi Energi Nasional (BAKOREN). Dalam Kepres tersebut, pemerintah Indonesia masih fokus pada penghematan bahan bakar minyak (BBM) dan menggantinya dengan batu bara. Terkait dengan biofuel, kebijakan pemanfaatan BBN dipertegas dengan terbitnya Instruksi Presiden (Inpres) No.1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan BBN (biofuel) sebagai bahan bakar lain. Pasal 3 Ayat 2 Peraturan Menteri (Permen) Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 25 Tahun 2013 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Biofuel Sebagai Bahan Bakar Lain, menyatakan bahwa badan usaha pemegang izin usaha niaga bahan bakar wajib menggunakan biofuel sebagai bahan bakar lain secara bertahap (Nuva dkk, 2019).

2.1.2 Pengertian Biodiesel

Biodiesel dapat didefinisikan sebagai BBN yang dibuat dari minyak nabati, baik itu baru maupun bekas penggorengan (minyak jelantah), melalui proses transesterifikasi dan esterifikasi. Biodiesel dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi solar. Bahan dasar biodiesel adalah minyak kelapa, kelapa sawit, dan minyak jarak. Dari ketiga bahan dasar tersebut, kelapa sawit menghasilkan minyak nabati paling tinggi, yaitu 5.950 liter/ha/ tahun, sedangkan kelapa 2.689 liter/ha/ tahun dan biji jarak 1.892 liter/ha/tahun (Bajoe 2008). Biodiesel dapat pula dihasilkan dari minyak jelantah atau minyak sisa penggorengan (Sjahrul Bustaman, 2009).

Biodiesel merupakan bahan bakar diesel yang terbuat dari bahan hayati terutama lemak nabati dan lemak hewani. Minyak goreng bekas adalah salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas. Asam lemak dari minyak lemak nabati jika direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester yang merupakan senyawa utama pembuatan biodiesel dan produk sampingan berupa gliserin yang juga bernilai ekonomis cukup tinggi. Gliserin ini dimanfaatkan untuk pembuatan sabun (Silvira Wahyuni dkk, 2015).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak hewan atau minyak bekas melalui esterifikasi dengan alkohol. Nama biodiesel telah disetujui oleh *Department of Energy (DOE)*, *Environmental Protection Agency (EPA)* dan *American Society of Testing Material (ASTM)*. Biodiesel dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel. Biodiesel dapat ditulis B20 yang berarti dalam bahan bakar tersebut terdapat kandungan biodiesel 20% dan minyak solar 80% (Siswani, dkk., 2012). Bahan baku biodiesel berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, oleh karena itu biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui. Pada dasarnya semua minyak nabati atau lemak hewan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mendapatkan bahan baku alternatif yang dapat dikembangkan secara luas sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biodiesel berasal minyak sawit, minyak jelantah, minyak jarak, dan minyak kedelai (Rosdiana Moeksin dkk, 2017).

Biodiesel adalah sebuah bahan bakar cair yang berasal dari minyak nabati dan lemak yang memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar minyak diesel biasa (dari minyak bumi). Biodiesel dapat diproduksi langsung dari minyak nabati, minyak atau lemak hewan dan minyak jelantah. Biodiesel bersifat biodegradable, tidak beracun, dan memiliki emisi yang lebih sedikit daripada dari minyak diesel yang berbasis minyak bumi ketika dibakar. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang mirip dengan minyak diesel (fosiel) konvensional. Proses yang digunakan untuk mengkonversi bahan baku minyak menjadi biodiesel disebut transesterifikasi. Proses ini akan dijelaskan lebih rinci di bab selanjutnya. Sumber terbesar dari minyak yang cocok berasal dari tanaman minyak seperti kedelai, rapeseed, jagung, sawit dan bunga matahari (Mahfud, 2018: 5).

2.1.3 Proses Pembuatan Biodiesel

Dalam menentukan proses pembuatan biodiesel, kandungan asam lemak bebas merupakan faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel. Dengan menggunakan proses transesterifikasi, esterifikasi atau esterifikasi – transesterifikasi.

A. Esterifikasi

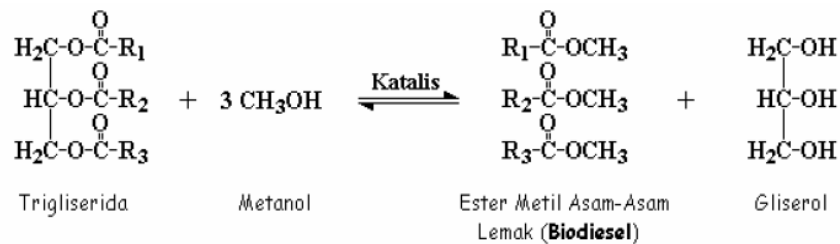
Esterifikasi adalah reaksi antara methanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis–katalis yang cocok adalah zat berkarakter kuat, karena itu zat seperti asam sulfat, asam *sulfonat* organik atau resin penukar kation asam merupakan katalis – katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial.

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka asam ≥ 5 mg-KOH/g). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu (Galih Jatra P, 2019)

B. Transesterifikasi

Menurut Mahfud (2018:6) proses transesterifikasi adalah reaksi dari trigliserida (lemak atau minyak nabati) dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Sebuah trigliserida memiliki molekul gliserin yang terdiri dari tiga asam lemak rantai panjang yang menempel. Karakteristik lemak ditentukan oleh sifat asam lemak yang melekat pada gliserin itu yang pada akhirnya akan mempengaruhi karakteristik biodiesel tersebut.

Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester adalah :



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Senyawa Alkil Ester (Biodiesel)

Sumber: Hadrah dkk (2018)

Menurut Silvira Wahyuni dkk (2015) faktor – faktor yang mempengaruhi proses transesterifikasi pada proses produksi biodiesel yaitu:

1. Homogenisasi reaksi (pencampuran)
2. Rasio molar
3. Pengaruh jenis alkohol
4. Katalis
5. Metanolisis crude dan refined minyak nabati
6. Pengaruh suhu
7. Lama waktu pengendapan (*settling*)
8. Kandungan air
9. Putaran pengadukan
10. Viskositas
11. Massa jenis
12. Titik nyala (*flash point*)
13. Rendemen biodiesel

2.1.4 Manfaat Penggunaan Biodiesel

Rosdiana Moeksin dkk (2017) menegaskan bahwa biodiesel memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan bakar diesel yaitu:

1. Biodiesel mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan minyak diesel, sehingga dapat langsung dipakai pada motor diesel tanpa melakukan modifikasi yang signifikan dengan resiko kerusakan yang sangat kecil.
2. Biodiesel memberikan efek pelumasan yang lebih baik daripada minyak diesel konvensional. Bahkan satu persen penambahan biodiesel dapat meningkatkan pelumasan hampir 30 persen. Hasil percobaan membuktikan bahwa jarak tempuh 15.000.000 mil, biodiesel memberikan konsumsi bahan bakar, HP, dan torsi yang hampir sama dengan minyak diesel konvensional.
3. Biodiesel dapat diperbarui dan siklus karbonnya yang tertutup tidak menyebabkan pemanasan global. Analisa siklus kehidupan memperlihatkan bahwa emisi CO₂ secara keseluruhan berkurang sebesar 78% dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum.

2.1.5 Standar Mutu Biodiesel

Berdasarkan penjelasan Djeni Hendra dkk (2018) bahwa standar yang mengatur parameter mutu biodiesel di Indonesia dijelaskan dalam SNI biodiesel (SNI-04-7182-2006). Standar tersebut mengacu pada biodiesel Internasional yaitu, ASTM D6751 dan EN 14214. Standar mutu tersebut bisa dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.1 Parameter umum standart mutu biodiesel yang diatur oleh beberapa Negara

| No | Parameter | Austria | Republik Czech (CSN) | Prancis | Y7Jerman (awqDIN) | Italia (UNI) | Amerika Serikat (ASTM) |
|----|--|-----------|----------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------------|
| 1 | Densitas (15 ⁰ C, g/cm ³) | 0,85–0,89 | 0,87–0,89 | 0,87–0,89 | 0,875–0,89 | 0,86–0,90 | - |
| 2 | Viskositas (40 ⁰ C, mm ² /s) | 3,5–5,0 | 3,5–5,0 | 3,5–5,0 | 3,5–5,0 | 3,5–5,0 | 1,9–6,0 |
| 3 | Titik nyala (⁰ C) | 100 | 110 | 100 | 110 | 100 | 130 |
| 4 | CFPP (⁰ C) | 0/-5 | -5 | - | 0-10/-20 | - | - |
| 5 | Titik tuang | - | - | -10 | - | 0/-5 | - |

| | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| 6 | Bilangan setana | ≥49 | ≥48 | ≥49 | ≥49 | - | ≥47 |
| 7 | Bilangan asam (mg KOH/g) | ≤0,89 | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,8 |
| 8 | Residu karbon (CCR %) | 0,05 | 0,05 | - | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

Sumber: Djeni Hendra dkk, 2018 (dalam Meher *et al.* 2006).

Tabel 2.2 Standar mutu biodiesel menurut SNI 04-7182:2006

| No | Parameter | Satuan | Metode | Syarat |
|----|---|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | Massa jenis pada 40 ^o C | kg/m ³ | ASTM D 1298 | 850–890 |
| 2 | Viskositas kenematik pada 40 ^o C | mm ² /s (cSt) | ASTM D445 | 2,3–6,0 |
| 3 | Bilangan setana | - | ASTM D 613 | min. 51 |
| 4 | Titik nyala (mangkuk tertutup) | oC | ASTM D 93 | min. 100 |
| 5 | Titik kabut | oC | ASTM D 2500 | maks. 18 |
| 6 | Korosi kepingan tembaga (3 jam pada 50 ^o C) | - | ASTM D 130 | maks. No.3 |
| 7 | Residu karbon (mikro) - dalam contoh asli - dalam 10% ampas dist. | % - massa | ASTM D 4530 | - maks. 0,05 - maks. 0,30 |
| 8 | Air dan sedimen | % -vol | ASTM D 2709 atau ASTM 1796 | maks. 0,05* |
| 9 | Suhu distilasi 90% | oC | ASTM D 1160 | maks. 360 |
| 10 | Abu tersulfatkan | % - massa | ASTM D 874 | maks. 0,02 |
| 11 | Belerang | ppm atau (mg/kg) | ASTM D 5453 atau ASTM D-1296 | maks. 100 |
| 12 | Fosfor | ppm atau (mg/kg) | AOCS Ca 12-55 | maks. 10 |
| 13 | Bilangan asam | mg-KOH/ g | AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D 664 | maks. 0,8 |
| 14 | Gliserol bebas | % - massa | AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584 | maks. 0,02 |
| 15 | Gliserol total | % - massa | AOCS Ca 14-56 ASTM D 6584 | maks. 0,24 |
| 16 | Kandungan ester alkil | % - massa | Dihitung ** | min. 96,5 |
| 17 | Bilangan iodium | % - massa (g I ₂ /100 g) | AOCS Cd 1-25 | maks. 115 |
| 18 | Uji Helphen | - | AOCS Cb 1-25 | Negatif |

Sumber : BSN 2006

Keterangan :

* = Dapat diuji terpisah dengan kebutuhan kandungan sedimen maksimum 0,01% vol

**= $\text{Kadar ester (\% - massa)} = 100(A_s - A_a - 4,57G_t) \div A_s$

A_s = Bilangan penyabunan yang ditentukan dengan metode AOCS Cd 3-25 (mg KOH/g biodiesel).

A_a = Bilangan asam yang ditentukan dengan metode AOCS Cd 3-63 atau ASTM D-664 (mg KOH/g biodiesel).

G_t = Kadar gliserol total dalam biodiesel yang ditentukan dengan metode AOCS Ca 14-56 (% massa).

SNI-04-7182-2006 di susun dengan mengacu pada standar-standar syarat mutu biodiesel di Amerika Serikat, Eropa, dan Australia serta memperhatikan kondisi Indonesia. Parameter-parameter SNI-04-7182-2006 terdiri dari 2 kelompok antara lain:

1. Parameter yang nilainya lebih mewakili tingkat kesempurnaan pengolahan adalah viskositas kinematik, titik nyala (*flash point*), tingkat korosi bilah tembaga, bilangan asam, kadar ester alkil, gliserol total, fosfor, belerang, abu tersulfatkan, air dan sendimen.
2. Parameter yang niainya ditentukan oleh komposisi asam lemak bahan mentah adalah angka setana, bilangan iodium, titik kabut (*cloud point*), residu karbon, uji halphen, massa jenis dan temperature destilasi.

2.1.6 Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng (minyak nabati) seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya, minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, umumnya dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia. Untuk itu

perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas. Data statistik menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan peningkatan produksi minyak goreng. Dari 2,49 juta ton pada tahun 1998, menjadi 4,53 juta ton tahun 2004 dan 5,06 juta ton pada tahun 2005 (www.wartaekonomi.com/indicator, 2006). Selain ketersediaannya yang relatif berlimpah, minyak goreng bekas merupakan limbah sehingga berpotensi mencemari lingkungan berupa naiknya kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biology Oxygen Demand) dalam perairan, selain itu juga menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha pemanfaatan minyak goreng bekas tersebut. Salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel (Ferry Indra D & I Wayan S, 2013).

Penggunaan minyak goreng bekas atau minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel, karena secara karakteristik masih ada kesamaan dengan minyak kelapa sawit: masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas. Secara ekonomi, minyak goreng bekas yang kualitas sangat rendah seperti bentuknya yang sudah hitam, saat ini dapat diperoleh secara gratis karena merupakan limbah yang sudah tidak digunakan lagi. Data statistik menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan peningkatan produksi minyak goreng. Selain ketersediaannya yang relatif berlimpah, minyak jelantah merupakan limbah sehingga berpotensi mencemari lingkungan berupa naiknya kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biology Oxygen Demand) dalam perairan, selain itu juga menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi (Joni Prasetyo, 2018).

Berikut ini merupakan perbandingan kandungan asam lemak dalam bunga matahari, minyak kedelai, dan minyak jelantah yang ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan kandungan asam lemak dalam bunga matahari, minyak kedelai, dan minyak jelantah (Rosdiana Moeksin dkk, 2017)

| Asam lemak | Minyak Bunga Matahari | Minyak Kedelai | Minyak Jelantah |
|--------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <i>Lauric</i> | - | - | 9,95 |
| <i>Myristic</i> | 0,06 | 0,07 | 0,19 |
| <i>Palmitic</i> | 5,68 | 10,87 | 8,90 |
| <i>Palmitoleic</i> | 0,14 | 0,10 | 0,22 |
| <i>Searic</i> | 3,61 | 3,66 | 3,85 |
| <i>Oleic</i> | 34,27 | 23,59 | 30,71 |
| <i>Linoleic</i> | 54,79 | 53,86 | 54,35 |
| <i>Linonelic</i> | 0,07 | 6,49 | 0,27 |
| <i>Arachidic</i> | 0,25 | 0,37 | 0,29 |
| <i>Gidoleic</i> | 0,13 | 0,22 | 0,18 |
| <i>Bahenic</i> | 0,69 | 0,45 | 0,61 |

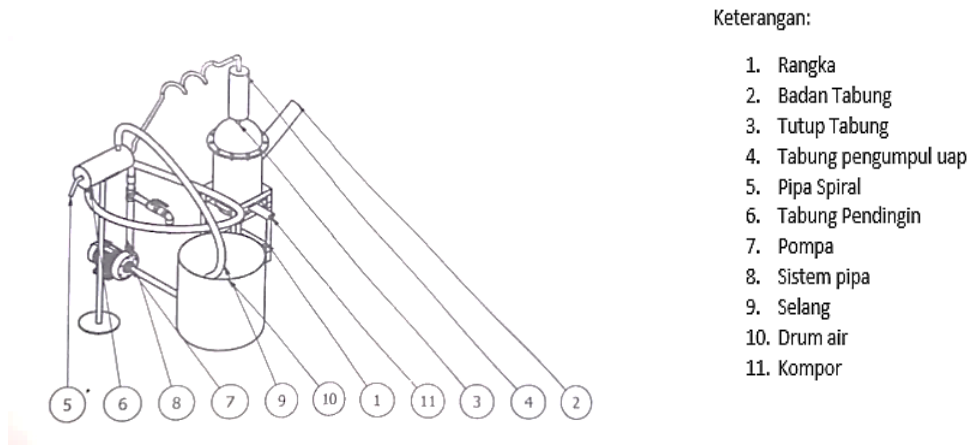
Sumber: Rosdiana Moeksin dkk (2017)

2.1.7 Macam-Macam Alat Penghasil Biodiesel yang Sudah Ada

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang mampu menggantikan minyak bumi yang pada dasarnya minyak bumi memiliki jumlah yang terbatas maka di masa sekarang ini banyak ilmuwan mengembangkan kembali cara menggantikan minyak bumi yang terlampau menipis dengan biodiesel. Karena pada awalnya mesin berjalan yang pertama kali diciptakan oleh Rudolf Diesel menggunakan bahan bakar biodiesel. Pada dasarnya pembuatan Biodiesel memiliki metode yang sama yaitu esterifikasi tetapi ada beberapa metode yang berbeda pada prosesnya. Berikut ini adalah contoh alat produksi biodiesel yang pernah ada:

1. Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel

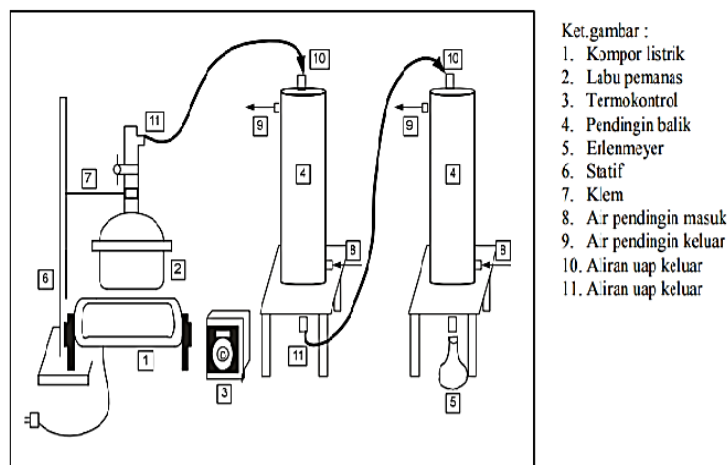
Alat ini adalah yang sederhana yang pernah di buat oleh Ripardi sebagai tugas akhirnya di Politeknik Negeri Sriwijaya. Cara kerja alat ini dengan cara menuangkan minyak jelantah pada wadah dan direbus dengan ruang tertutup sehingga mengga akibatkan minyak menguap dan mengalir dengan kata lain seperti penyulingan.



Gambar 2.2 Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel
Sumber: M. Rio Ripardi (2014)

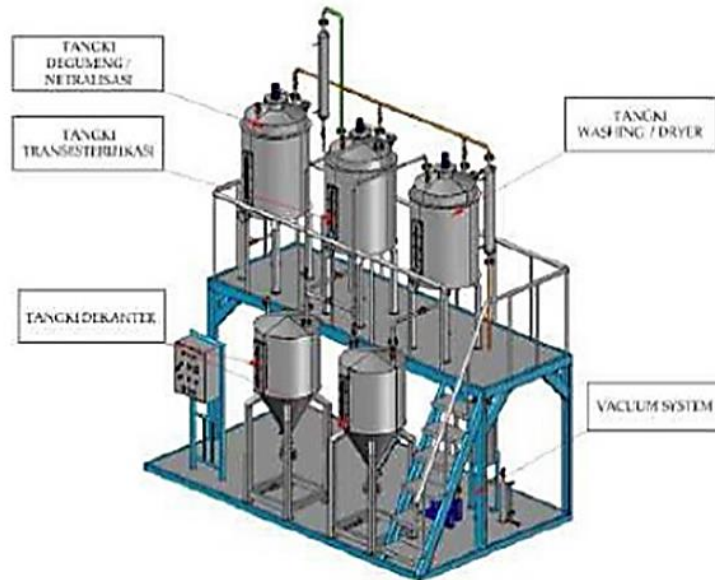
2. Labu Pemanas dengan Metode *Zeolite Cracking Catalyst*

Pada jurnal yang di buat oleh Luqman Buchori dan Widayat ini mereka menggantikan katalis yang biasa digunakan yaitu asam klorida dan asam sulfat dengan *zeolite*. Proses *cracking* adalah salah satu cara untuk memutus rantai hidrokarbon dari molekul yang besar ke molekul yang lebih kecil.



Gambar 2.3 Labu Pemanas dengan Metode *Zeolite Cracking Catalyst*
Sumber: Luqman Buchori & Widayat (2007)

3. Reaktor Biodiesel Kapasitas 30 liter dengan Bahan Baku Minyak Jelantah
Alat yang dirancang oleh Alfaris ini memiliki keunggulan pada kapasitas yang banyak dan adanya proses netralisasi pada minyak yang memiliki kadar asam bebas tinggi karena jika asam pada minyak terlalu tinggi akan proses esterifikasi tak akan berjalan dengan baik.

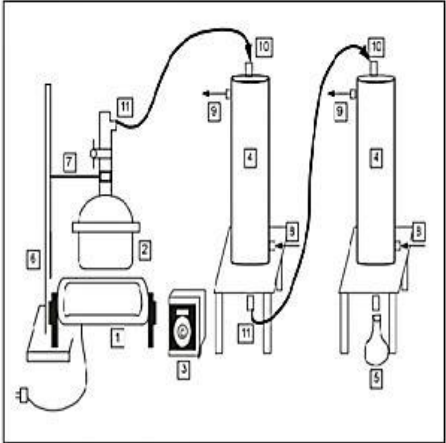
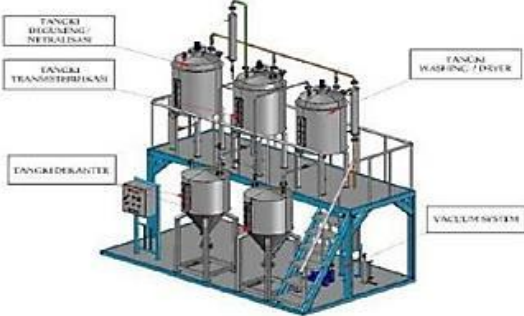


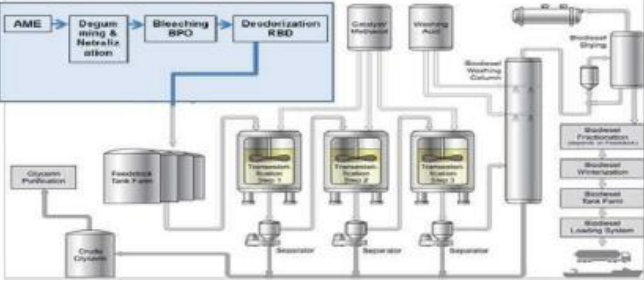
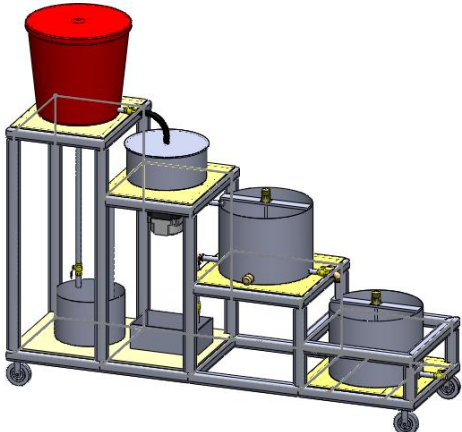
Gambar 2.4 Reaktor Biodiesel 30 Ltr dengan Minyak Jelantah
Sumber: Alfaris Muhammad Syaddad (2015)

2.1.8 Komparasi Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Perbandingan berbagai macam alat biodiesel pada penelitian terdahulu

| No | Judul Dan Penulis | Komparasi | Penjelasan/info/gambar |
|----|--|--|---|
| 1 | M. Rio Ripardi (2014) | Cara Kerja | Cara kerja alat ini dengan cara menuangkan minyak jelantah pada wadah dan direbus dengan ruang tertutup sehingga mengakibatkan minyak menguap dan mengalir dengan kata lain seperti penyulingan. |
| | Rancang Bangun Mesin Pengubah Minyak Jelantah menjadi Biodiesel (Proses Pembuatan) | Model dan Desain | <p>Keterangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rangka 2. Badan Tabung 3. Tutup Tabung 4. Tabung pengumpul uap 5. Pipa Spiral 6. Tabung Pendingin 7. Pompa 8. Sistem pipa 9. Selang 10. Drum air 11. Kompor |
| | Diagram Alir | Minyak di rebus - air menguap - pipa - menuju tabung pendingin - drum. | |

| No | Judul Dan Penulis | Komparasi | Penjelasan/info/gambar |
|----|--|------------------|---|
| 2 | Luqman Buchori, Widayat (2007) | Cara Kerja | Cracking adalah suatu cara untuk memecah rantai molekul hidrokarbon yang besar menjadi molekul yang lebih kecil. Pemecahan ini menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi tanpa adanya katalis, atau suhu dan tekanan yang rendah dengan menggunakan katalis. Keunikan dari reaksi ini adalah molekul hidrokarbon dihancurkan secara acak untuk meng hasilkan campuran hidrokarbon yang lebih kecil. |
| | Model dan Desain | Diagram Alir |  <p>Ket. gambar :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kompor listrik 2. Labu pemanas 3. Termokontrol 4. Pendingin balik 5. Erlenmeyer 6. Statif 7. Kem 8. Ar pendingin masuk 9. Ar pendingin keluar 10. A iran uap keluar 11. A iran uap keluar |
| 3 | Alfaris Muhammad Syaddad (2015) | Cara Kerja | Pencampuran katalis dengan asam dilanjut dengan proses esterifikasi, pemisahan Fatty Acid Methyl Ester, pencampuran katalis dengan alkohol, pemisahan ester dan gliserol. |
| | Rancang Bangun Reaktor Biodiesel Kapasitas 30 liter/batch Berbahan Baku Minyak Jelantah (Waste | Model dan Desain |  <p>TANGKI DEKUMPOL/NETRALISASI TANGKI TRANSFER/ESTERISASI TANGKI WASHING / DRYER TANGKI DEBANTER VACUUM SYSTEM</p> |

| No | Judul Dan Penulis | Komparasi | Penjelasan/info/gambar |
|----|---|------------------|--|
| | Cooking Oil) | Diagram Alir |  |
| | Galih JP, M Ilham M, Pipo I. (2019) | Cara Kerja | <p>Minyak difiltrasi oleh <i>mesh</i> menuju drum kemudian di pisahkan dengan air oleh <i>centrifuge</i> setelah itu ditampung oleh tabung kerucut kemudian disedot pompa menuju tabung pencampuran dan diproses dengan cara esterifikasi.</p> |
| 4 | Rancang Bangun Alat Pretreatment Penghasil Biodiesel dari Minyak Jelantah | Model dan Desain |  |
| | | Diagram Alir | <p>Minyak Jelantah ditampung didalam ember - Di filter dalam centrifuge memisahkan kandungan air dan minyak – Masuk kedalam tangki pencampuran katalis – Pencucian – Hasil</p> |

Sumber : Muhammad Ilham M (2019)

2.1.9 Prinsip Kerja Alat Penghasil Biodiesel

Pada proses produksi biodiesel secara konvensional umumnya dilakukan melalui reaksi transesterifikasi dibantu dengan katalis basa. Akan tetapi, proses satu tahap ini tidak cocok dilakukan pada minyak dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi karena akan membuat timbulnya sabun sehingga akan mengganggu proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi hanya akan berjalan baik pada minyak dengan kadar asam lemak bebas kurang dari 2% (Muhammad Ilham M, 2019)

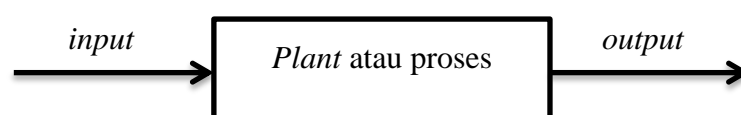
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Kontrol

Menurut Longman dictionary, sistem adalah sekelompok bagian atau komponen yang terhubung dan bekerja sama secara keseluruhan untuk tujuan tertentu. Sedangkan kontrol merupakan kemampuan untuk membuat sesuatu untuk melakukan atau mengerjakan sesuai dengan keinginan yang mengontrol. Sistem kontrol merupakan sebuah sistem yang memiliki hubungan satu sama lain antar komponen yang akan membentuk suatu konfigurasi sistem yang akan memberikan respon atau keluaran sistem yang diharapkan. Sistem kontrol dapat memberikan perintah, mengontrol sistemnya sendiri, atau sistem lainnya sehingga didapatkan keluaran sistem yang dikehendaki (Erni Yudaningtyas, 2017: 2).

Sistem kendali atau sistem kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variabel* atau *parameter*) sehingga berada pada suatu harga atau *range* tertentu. Contoh variabel atau parameter fisik, adalah : tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), ketinggian (*level*), pH, kepadatan (*viscosity*), kecepatan (*velocity*), dan lain-lain (Nicolaus Allu & Apriana Toding, 2018: 2).

Erni Yudaningtyas (2017: 3) menegaskan bahwa dalam menganalisa dan merancang sistem kontrol adalah dengan menggunakan suatu teori, yaitu teori sistem linier. *Plant* atau proses yang akan dikontrol dapat dipresentasikan oleh hubungan sebab akibat, hal tersebut dapat dilihat dalam gambar 2.5. *Input* (masukan) pada *plant* atau proses merupakan harga yang diharapkan dalam sistem kontrol, sedangkan *output* (keluaran) merupakan harga yang terjadi atau merupakan respon sistem yang sesungguhnya. Seperti yang ditunjukkan gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Hubungan sebab akibat dalam sistem kontrol

Input adalah sinyal masukan yang umumnya dihasilkan dari sebuah sensor. Sensor ini adalah suatu alat *transducer* (pengubah) yang dapat merubah *kuantitas*

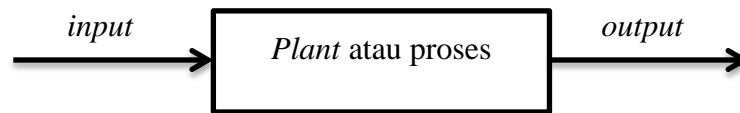
(besaran) fisik menjadi *kuantitas* (besaran) listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian saat melakukan pengukuran atau pengendalian.

Plant atau proses adalah operasi yang sengaja dibuat, berlangsung secara kontinyu, yang terdiri dari beberapa aksi atau perubahan yang dikontrol, yang diarahkan menuju ke suatu hasil atau keadaan akhir tertentu. Dalam hal ini setiap operasi yang dikontrol disebut proses. Peralatan yang digunakan untuk mengontrol operasi disebut *controller*. Sedangkan obyek fisik yang dikontrol disebut *plant*. Bagian proses bertugas untuk memproses (mengontrol) sinyal *input* (masukan) untuk menghasilkan sinyal *output* (keluaran).

Output adalah sinyal keluaran yang dihasilkan dari bagian proses, berupa sinyal listrik yang dipakai untuk mengaktifkan peralatan *output (actuator)*, seperti: motor, solenoid, lampu indikator, buzzer, *heater*, katup, dan lainnya.

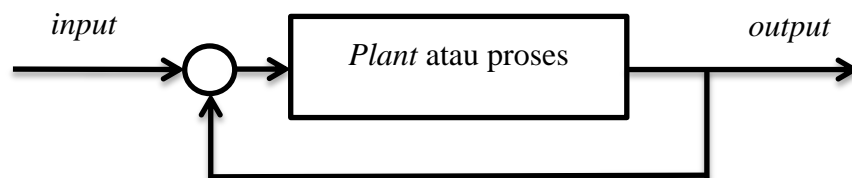
Nicolaus Allu & Apriana Toding (2018: 5) memaparkan bahwa sistem kontrol secara umum diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol manual dan otomatis
 - Sistem kontrol manual adalah pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang berperan sebagai operator, contohnya seperti mematikan keran air dan sebagainya.
 - Sistem kontrol otomatis adalah pengontrolan yang dilakukan oleh peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya diawasi oleh manusia, contohnya seperti pada mesin cuci.
2. Sistem kontrol lup terbuka (*Open-Loop Control System*) dan sistem kontrol lup tertutup (*Closed-Loop Control System*)
 - Sistem kontrol lup terbuka (*Open-Loop Control System*) adalah sistem pengontrolan di mana besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga atau *range* yang diinginkan. Seperti pada gambar 2.6 dibawah ini, mengilustrasikan blok diagram sistem kontrol lup terbuka (*Open-Loop Control System*).



Gambar 2.6 Sistem Kontrol Lup Terbuka (*Open-Loop Control System*)

- Sistem kontrol lup tertutup (*Closed-Loop Control System*)
Sistem kontrol lup tertutup (*Closed-Loop Control System*) adalah sistem pengontrolan dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga atau *range* yang diinginkan. Selanjutnya, perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan harga atau *range* yang diinginkan digunakan sebagai koreksi yang merupakan sasaran pengontrolan. Seperti pada gambar 2.7 dibawah ini, mengilustrasikan blok diagram sistem kontrol lup tertutup (*Closed-Loop Control System*).



Gambar 2.7 Sistem Kontrol Lup Tertutup (*Closed-Loop Control System*)

3. Sistem kontrol kontinu dan diskrit
 - Sistem kontrol kontinu adalah sistem yang memanfaatkan pengendali (*controller*) berbasis nilai kontinu, seperti: *proportional (P)*, *integrator (I)*, dan *differensiator (D)*, atau kombinasi dari ketiganya (PI, PD atau PID).
 - Sistem kontrol diskrit adalah sistem yang menggunakan pengontrol (*controller*) dengan nilai diskrit, seperti pengendali ON-OFF atau pengendali posisi ganda (*switch selector*)

4. Menurut sumber penggeraknya
Menurut sumber penggeraknya seperti:
 - Elektrik
 - Mekanik
 - Pneumatik
 - Hidraulik

2.2.2 Mikrokontroler

Menurut Dedi Setiawan dkk (2020) mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja mikrokontroler sebenarnya hanya sederhana yaitu membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC, TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka:

1. Sistem elektronik akan menjadi ringkas
2. Rancangan bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak

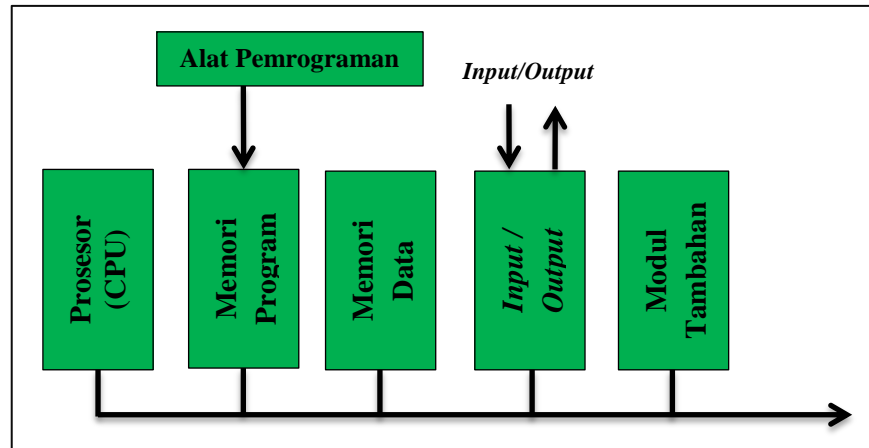
Hari Arief Dharmawan (2017: 1) menjelaskan bahwa mikrokontroler merupakan *chip* mikrokomputer yang secara fisik berupa IC (*integrated circuit*). Mikrokontroler biasanya digunakan dalam sistem yang kecil, murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks seperti dalam aplikasi di PC. Mikrokontroler banyak ditemukan dalam peralatan seperti *microwave*, *oven*, *keyboard*, *CD player*, *VCR*, *remote control*, robot dan lain-lain. Mikrokontroler berisikan bagian-bagian utama seperti CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random-Access Memory*), ROM (*Read-Only Memory*), dan *port I/O*

(*input/output*). Mikrokontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan didalamnya, dan program tersebut sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Aplikasi mikrokontroler normalnya terkait pembacaan data dari luar atau pengontrolan peralatan diluarnya. Contoh aplikasi sederhannya yaitu melakukan pengendalian untuk menyalakan dan mematikan LED yang terhubung ke kaki mikrokontroler.

Mikrokontroler yaitu sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Ada perbedaan penting antara mikroprocessor dan mikrokontroler. Mikroprosesor merupakan CPU (*Central Processing Unit*) tanpa memori dan I/O pendukung sebuah komputer, sedangkan mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegasi di dalamnya. Kelebihan utama mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas. Pada mikrokontroler perbandingan ROM dan RAM nya yang besar, artinya program kontrol disimpan dalam ROM (bisa *Masked ROM* atau *Flash PEROM*) yang ukurannya relatif lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan (Partaonan Harahap dkk, 2018).

Mikrokontroler sekarang ini sudah banyak dapat kita temui dalam berbagai peralatan elektronik, misalnya peralatan yang terdapat di rumah, seperti telepon digital, *microwave*, *oven*, televisi, dan masih banyak lagi. Mikrokontroler juga dapat kita gunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian suatu alat otomatisasi dalam industri dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler adalah harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai dengan keinginan kita (Partaonan Harahap dkk, 2018).

Menurut Ahmad Mursyidun Nidhom (2019: 18) mikrokontroler memiliki bagian-bagian tertentu, seperti terlihat pada gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Bagian-bagian Mikrokontroler

Keterangan masing-masing bagian sebagai berikut:

1. Prosesor/CPU

Prosesor melakukan fungsi logika dan aritmatika mengikuti instruksi yang dibaca dari memori program. Prosesor ini juga akan membaca dan menuliskan data ke memori data dan ke modul *input/output*.

2. Memori Program

Memori program menyimpan instruksi untuk dibaca oleh prosesor. Prosesor hanya dapat membaca, tetapi tidak bias menuliskan datanya ke memori program ini. Hanya alat pemrograman yang dapat menuliskan datanya ke memori. Data dalam memori ini tetap tersimpan sekalipun listrik mati.

3. Memori Data

Memori data menyimpan data dan variabel yang digunakan oleh prosesor. Prosesor dapat membaca dan menuliskan datanya ke memori data ini. Data dalam memori ini akan hilang bila tidak mendapatkan daya listrik.

4. Alat Pemrogram

Alat yang digunakan untuk memasukan instruksi atau program ke dalam memori program mikrokontroler.

5. *Input/Output*

Input/output bekerja untuk menghubungkan mikrokontroler dengan piranti luar yang ditempatkan pada kaki-kaki mikrokontroler.

6. Modul Tambahan

Berbagai fungsi tambahan disediakan oleh mikrokontroler, seperti *counter/timer*, *ADC*, *comperator*, *PWM*, *12C*, *SPI* dan lain-lain.

2.2.3 Arduino

Faisal Irsan Pasaribu dkk (2018) menjelaskan bahwa arduino adalah *platform* pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif.

Jauhari Arifin dkk, 2016 (dalam Sulaiman, 2012: 1) memaparkan bahwa *hardware* arduino sama dengan mikrokontroler pada umumnya, hanya saja pada arduino ini ditambahkan penamaan pin agar untuk mudah diingat. *Software* arduino merupakan *software open source* sehingga dapat mendownloadnya secara gratis diinternet. *Software* ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke dalam arduino. Pemrograman arduino tidak sebanyak tahapan mikrokontroler konvensional karena arduino sudah didesain mudah untuk dipelajari, sehingga para pemula dapat mudah memulai belajar mikrokontroler dengan arduino.

Noorly Evalina dkk (2020) menjelaskan bahwa arduino merupakan papan berbasis mikrokontroler atau papan sirkuit elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu chip mikrokontroler dengan tipe AVR. Mikrokontroler sendiri merupakan chip atau IC (*integrated circuit*) yang dapat diprogram menggunakan komputer. Tujuan dari penyemat program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca masukan, mengolah masukan tersebut kemudian menghasilkan keluaran yang diinginkan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengontrol proses masukan dan keluaran dari suatu rangkaian elektronik.

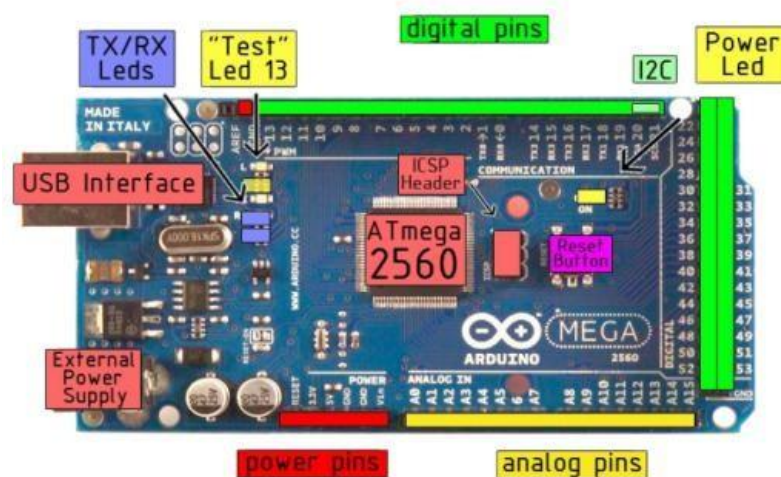
Arduino *board* merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (*software*) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. Arduino *board* akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya. Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk arduino *board*. Bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya. Karena menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya, bahasa pemrograman arduino memiliki banyak sekali kemiripan, walaupun beberapa hal telah berubah (Faisal Irsan Pasaribu dkk, 2018).

2.2.4 Arduino Mega 2560

Surya N Santika dkk (2019) menjelaskan bahwa, arduino mega 2560 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis arduino dengan menggunakan *chip* ATmega 2560. *Board* ini memiliki 54 pin I/O (15 pin diantaranya PWM), 16 pin *analog input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB, *power jack* DC, ICSP *header*, dan tombol *reset*.

Papan arduino mega 2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt saja. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Vol saja (Jauhari Arifin dkk, 2016).

Dalam arduino mega 2560 ini berisi semua yang diperlukan guna mendukung mikrokontroler, cukup hanya dengan menghubungkan *board* arduino ke komputer atau laptop menggunakan kabel USB atau kabel listrik dengan sumber DC atau AC saja. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini merupakan sebuah arduino mega 2560 dengan *chip* ATmega 2560 yang digunakan dalam penelitian untuk pengontrolan motor DC dalam alat produksi biodiesel dari minyak jelantah.



Gambar 2.9 Arduino Mega 2560
Sumber: Fauzan Nusyura dkk (2015)

2.2.4.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Spesifikasi arduino mega 2560 menurut Agus Kurniawan (2019) adalah sebagai berikut:

- Menggunakan mikrokontroler ATmega2560
- Tegangan operasi 5V
- Tegangan *input* (rekomendasi) 7-12V
- Tegangan *input* (limit) 6-20V
- 54 pin I/O (15 pin diantaranya PWM *output*)
- 16 pin *analog input*
- Arus DC per-pin I/O 20 mA
- Arus DC untuk pin 3.3V 50 mA
- *Flash memory* sebesar 256 KB (8 KB diantaranya digunakan oleh *bootloader*)
- SRAM sebesar 8 KB
- EEPROM sebesar 4 KB
- *Clock speed* 16 MHz
- LED BUILTIN 13
- Panjang 101,52 mm
- Lebar 53,3 mm

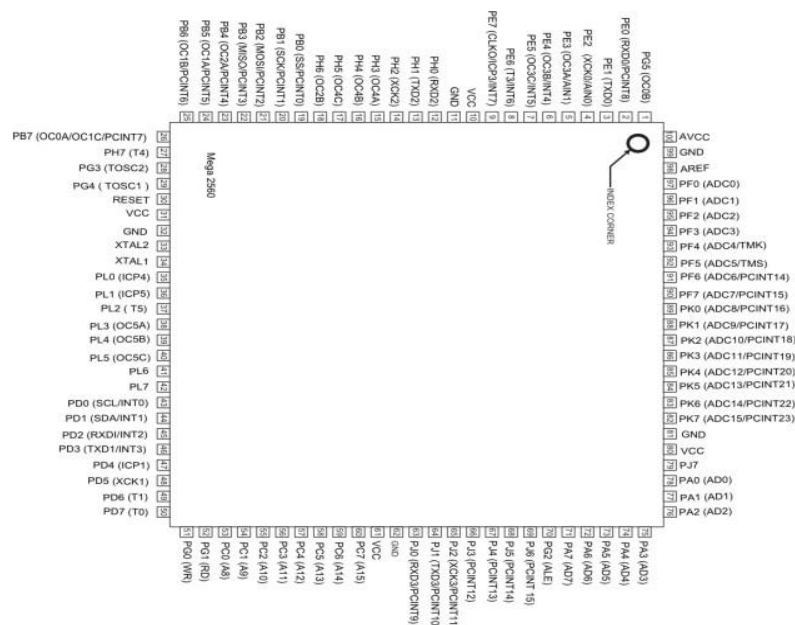
- Berat 37 g

2.2.4.2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Atmega 2560

Menurut Jauhari Arifin dkk, 2016 (dalam Dian Artanto, 2008: 34) memaparkan konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 2560 adalah sebagai berikut:

- VCC merupakan pin yang digunakan sebagai masukan sumber tegangan.
- GND merupakan pin untuk *Ground*.
- XTAL1/ XTAL2, XTAL digunakan sebagai pin *external clock*.
- Port A, B, C ,D, E, H, dan L merupakan 8 bit port I/O dengan *internal pull-up* resistor. Port G merupakan 6 bit port I/O dengan *internal pull-up* resistor.
- Port F (PF0:PF7) dan Port K (PK0:PK7) merupakan pin I/O dan merupakan pin masukan ADC.
- AVCC adalah pin masukan untuk tegangan ADC.
- AREF adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.

Dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini merupakan konfigurasi pin mikrokontroler arduino ATmega 2560.



Gambar 2.10 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Arduino ATmega 2560
Sumber: Jauhari Arifin dkk (2016)

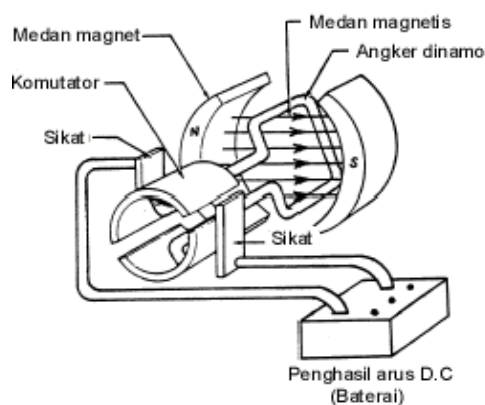
2.2.5 Motor DC (*Direct Current*)

Menurut Faisal Irsan Pasaribu & Suthes Yogen (2019) menjelaskan bahwa motor DC (*Direct Current*) merupakan jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Motor DC atau motor arus searah sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung dan tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Motor DC (*Direct Current*) adalah salah satu perangkat kelas mesin listrik yang tenaga listrik arus searahnya diubah menjadi energi mekanik atau energi gerak yang berupa sebuah putaran. Jenis yang paling umum bergantung pada kekuatan yang dihasilkan oleh medan magnet. Hampir semua jenis motor DC memiliki beberapa mekanisme internal, baik elektromekanik atau elektronik, secara berkala mengubah arah arus aliran di bagian motor. Jenis ini kebanyakan menghasilkan gerakan berputar, linear motor langsung menghasilkan gaya dan gerak dalam garis lurus (Istiqomah Sumadikarta & Eko Pratama S, 2017). Arah putaran motor DC ditentukan oleh arus maju atau arus berbalik atau tegangan positif dan tegangan negatif pada motor DC. Sedangkan kecepatan motor DC ditentukan oleh perubahan atau meningkatnya tegangan kumparan pada motor DC tersebut (David Setiawan, 2017). Motor DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*revolutions per minute*) dan dapat diputar sesuai arah jarum jam ataupun berlawanan arah jarum jam, apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalikkan (Dedi Setiawan dkk, 2020).

Motor DC atau biasa disebut motor arus searah yang ditunjukkan gambar 2.11, lebih sering digunakan untuk keperluan yang membutuhkan pengaturan kecepatan dibandingkan dengan motor AC. Alasan yang utama yaitu penggunaan motor DC terutama pada industri-industri modern adalah karena kecepatan kerja motor-motor DC mudah diatur dalam suatu rentang kecepatan yang luas, di samping banyaknya metode-metode pengaturan kecepatan yang dapat digunakan (Radi Birdayansyah dkk, 2015). Dedi Setiawan dkk (2020) menjelaskan bahwa motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk

diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut *stator* (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



Gambar 2.11 Motor DC

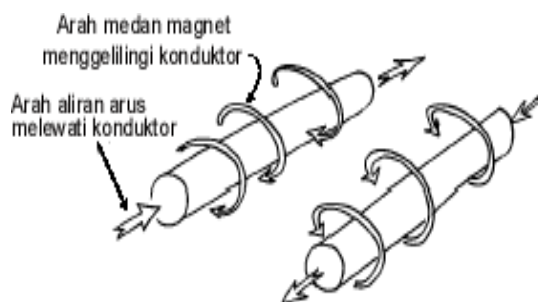
Sumber: Radi Birdayansyah dkk (2015)

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet (Dedi Setiawan dkk, 2020).

2.2.5.1 Prinsip Kerja Motor DC (*Direct Current*)

Fauzan Nusyura dkk (2015) menjelaskan bahwa prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorentz, yaitu membangkitkan fungsi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul GGL induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan

magnet. Bisa dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini dimana medan magnet yang membawa arus mengelilingi sebuah konduktor.



Gambar 2.12 Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor
Sumber: Dedi Setiawan dkk (2020)

Motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang ber kutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti (Dedi Setiawan dkk, 2020)

2.2.5.2 Komponen Utama Motor DC (*Direct Current*)

Menurut Faisal Irsan Pasaribu & Suthes Yogen (2019) menjelaskan bahwa, komponen utama motor DC diantaranya yaitu:

1. Kutub Medan Magnet

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan kumparan motor DC yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

2. Kumparan Motor DC.

Bila arus masuk menuju kumparan motor DC, maka kumparan akan memiliki sifat elektromagnet. Kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC.

3. *Commutator*

Berfungsi untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo dan juga komponen ini membantu untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Motor dc tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaan pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah dan penggunaan dengan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*. Pada motor DC ukuran besar sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis. Motor DC ukuran besar dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya karena ada resiko percikan api pada sikatnya.

Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan menurut Faisal Irsan Pasaribu & Suthes Yogen (2019) tentang hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan kumparan motor DC adalah sebagai berikut:

$$E = K \Phi N$$

$$T = K \Phi I_a$$

Dimana:

E = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal kumparan motor dc
(Volt)

Φ = flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan (Wb)

N = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

T = *torque electromagnetic* (Nm)

I_a = arus kumparan motor DC (A)

K_e = konstanta persamaan elektromagnetik (V/rad/s)

K_t = konstanta persamaan torque (Nm/A)

2.2.5.3 Pengendalian Kecepatan Motor DC (*Direct Current*)

Menurut Royan & Luqman A (2015) menjelaskan bahwa, pengendalian kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan memanipulasi tiga variabel secara manual maupun otomatis. Arus jangkar (I_a) ditentukan oleh besarnya beban yang sedang dicatu oleh jangkar motor, oleh sebab itu tidak digunakan untuk pengendalian kecepatan motor.

Menurut Royan & Luqman A (2015) terdapat 3 metode dasar pengendalian kecepatan yaitu:

1. Pengendalian Fluks medan
2. Pengendalian Tahanan Jangkar
3. Pengendalian Tegangan Jangkar

Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan menurut Royan & Luqman A (2015) adalah sebagai berikut:

$$E_a = V_t - I_a R_a$$

$$V_t = I_f R_f$$

$$I = I_a + I_f$$

$$n = \frac{E_a}{C \Phi}$$

Dimana:

E_a : Tegangan induksi (V)

V_t : Tegangan terminal motor DC (V)

R_a : Tahanan jangkar (ohm)

I_a : Arus jangkar (A)

R_f : Tahanan medan shunt

I_f : Arus medan shunt (A)

Φ : Fluks magnet/kutub

n : Kecepatan putar (rpm)

C : Konstanta motor

2.2.6 Driver Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC tidak dapat dikendalikan secara langsung oleh mikrokontroler, karena kebutuhan arus listrik yang besar pada motor DC sedangkan arus keluaran pada mikrokontroler sangat kecil. *Driver* motor merupakan pilihan alternatif yang harus digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC. Ada beberapa jenis kendali motor yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor, yaitu menggunakan rangkaian *H-Bridge* transistor, *H-Bridge* MOSFET, dan IC driver motor (Fauzan Nusyura dkk, 2015). Menurut Istiqomah Sumadikarta & Eko Pratama S (2017) rangkaian *driver* motor DC berfungsi menjalankan perintah dari rangkaian mikrokontroler untuk mengontrol pergerakan dari motor maju atau mundur dengan *supply* tegangan melalui kaki – kaki *relay* yang telah difungsikan sebagai pemutus dan penyambung tegangan untuk motor DC.

Pada penelitian ini *driver* motor yang digunakan adalah *driver* motor L298N karena *driver* motor DC ini merupakan *module driver* motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika, seperti pada gambar 2.13 yang memiliki fungsi untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. Menurut Fauzan Nusyura dkk (2015) IC driver L298N berbasis H-Bridge, yang mampu menangani beban hingga 4A pada tegangan 6V – 46V dan didalam chip nya terdapat dua rangkaian H-Bridge. Selain itu driver ini mampu mengendalikan 2 motor sekaligus dengan arus beban masing-masing 2 A.



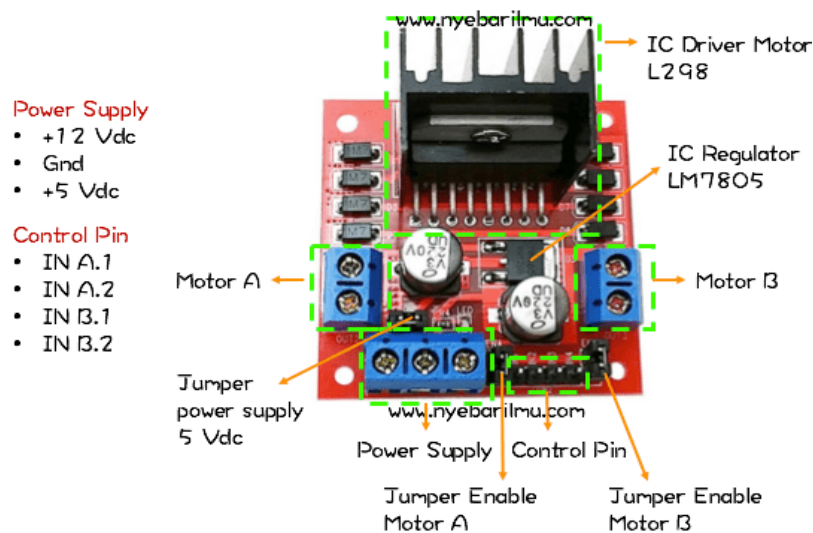
Gambar 2.13 IC L298 & Modul Driver Motor L298N
Sumber: Dedi Setiawan dkk (2020)

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*. Untuk dipasaran sudah terdapat modul *driver* motor menggunakan IC L298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah *terpackage* dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol (Dedi Setiawan dkk, 2020).

2.2.6.1 Pin Out dari Driver Motor L298

Pin out dari *driver* motor L298 dapat dilihat seperti pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14 Pin Out dari Driver Motor L298

Sumber: Dedi Setiawan dkk (2020)

Keterangan:

1. *Enable A* : berfungsi untuk mengaktifkan bagian *output* motor A
2. *Enable B* : berfungsi untuk mengaktifkan bagian *output* motor B
3. *Jumper 5Vdc* : sebagai mode pemilihan sumber tegangan 5Vdc, jika tidak *dijumper* maka akan ke mode sumber tegangan 12 Vdc
4. *Control Pin* : Sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan ke Mikrokontroler

2.2.6.2 Spesifikasi dari Modul *Driver Motor L298N*

Spesifikasi dari modul *driver* motor L298N menurut Fauzan Nusyura dkk (2015) adalah sebagai berikut:

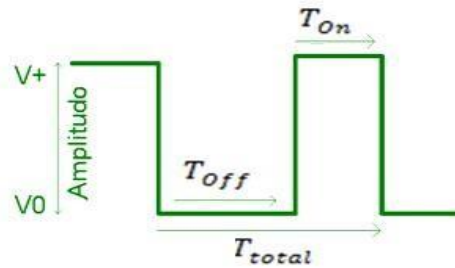
1. Menggunakan IC L298N (*Double H bridge Drive Chip*)
2. Tegangan minimal untuk masukan *power* antara 5V-35V
3. Tegangan operasional : 5V
4. Arus untuk masukan antara 0-36mA
5. Arus maksimal untuk keluaran per *Output A* maupun *B* yaitu 2A
6. Daya maksimal yaitu 25W
7. Dimensi modul yaitu 43 x 43 x 26mm
8. Berat : 26g

2.2.6.3 Fungsi *Driver Motor DC (Direct Current)*

Partaonan Harahap dkk (2018) menjelaskan bahwa *Motor Driver* berfungsi mengendalikan dan mengatur kecepatan putaran motor DC atau pun motor *stepper* karena membutuhkan arus yang cukup besar. Pada IC L298N, terdapat *output* 4 jalur yang dapat mengendalikan 1 atau 2 buah motor DC atau motor *Stepper*. Untuk motor DC cukup berikan logika *high* atau *low* disalah satu pin dari 2 pin yang digunakan oleh tiap motor, dimana logika *high* atau *low* menentukan arah putaran motor DC.

2.2.7 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar pulsa dalam suatu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%) (Royan & Luqman A, 2015). Dapat dilihat bentuk pulsa PWM (*Pulse Width Modulation*) seperti terlihat pada gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15 Bentuk Pulsa PWM (*Pulse Width Modulation*)
Sumber: Royan & Luqman A (2015)

Sudiyono dkk (2015) menjelaskan bahwa, PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu cara yang digunakan untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periode-nya berulang antara *high* dan *low* dimana kita dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang diinginkan.

Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan menurut Royan & Luqman A (2015) adalah sebagai berikut:

$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

Keterangan:

T_{off} : Waktu pulsa *off* / *low*

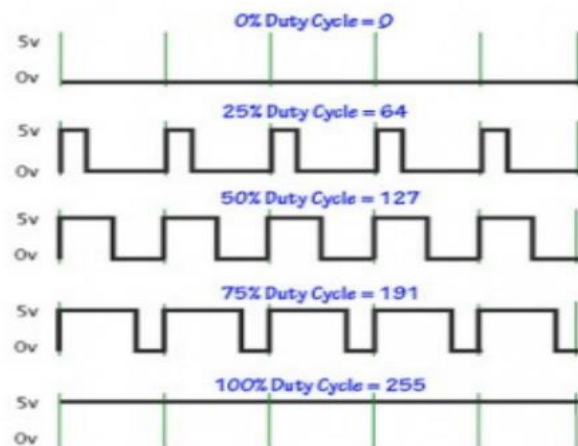
T_{on} : Waktu pulsa *on* / *high*

V_{out} : Tegangan keluaran

V_{in} : Tegangan masukan

PWM (*Pulse Width Modulation*) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi merupakan jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut (Royan & Luqman A, 2015).

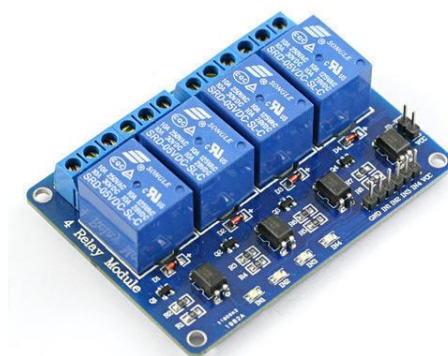
David Setiawan (2017) memaparkan bahwa, suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut, seperti dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2.16 *Duty Cycle* PWM 8 bit
Sumber: David Setiawan (2017)

2.2.8 Modul Relay 4 Channel

Modul relay 4 channel merupakan saklar (*switch*) yang dioperasikan menggunakan listrik dan merupakan komponen Electromechanical yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*coil*) dan Mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*), dan banyak digunakan diberbagai aplikasi yang menggunakan mikrokontroler serta menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi, dapat dilihat pada gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2.17 Modul Relay 4 Channel

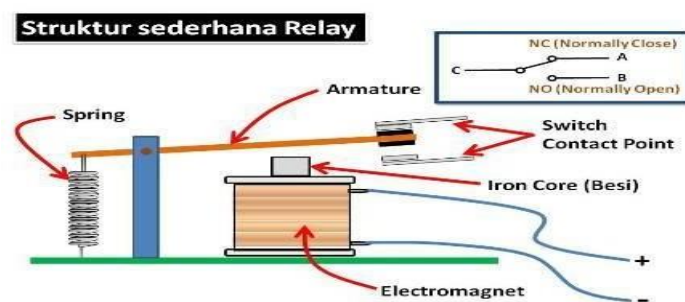
2.2.8.1 Fungsi Relay

Ada beberapa fungsi relay yang dapat diketahui, yaitu:

1. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah.
2. Menjalankan *logic function* atau fungsi logika.
3. Memberikan *time delay function* atau fungsi penundaan waktu.
4. Melindungi motor atau komponen lainnya dari korsleting atau kelebihan tegangan.

2.2.8.2 Prinsip Kerja Relay

Berdasarkan gambar 2.18 dibawah ini, maka *iron core* (besi) yang dililitkan oleh kumparan *coil* berfungsi untuk mengendalikan *iron core* tersebut. Ketika kumparan *coil* di berikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet sehingga akan menarik Armature berpindah posisi yang awalnya NC (tertutup) ke posisi NO (terbuka) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi NO. Posisi Armature yang tadinya dalam kondisi *close* akan menjadi *open* atau terhubung. Armature akan kembali keposisi *close* saat tidak dialiri listrik. *Coil* yang digunakan untuk menarik *Contact Point* ke posisi *close* umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.



Gambar 2.18 Prinsip Kerja Relay

Kontak point relay terbagi 2 jenis, yaitu:

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi *close* (tertutup).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi *open* (terbuka).

2.2.9 Pompa

Onery Andy Saputra & Utomo Ramelan (2018) menjelaskan bahwa pompa merupakan alat yang mampu memindahkan fluida dari tempat yang rendah menuju tempat yang tinggi, serta mampu menaikkan tekanan fluida dari tekanan rendah menjadi tekanan tinggi.

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk menaikkan tekanan cairan dari cairan bertekanan rendah ke cairan yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpindahan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau suction dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau discharge dari pompa (K. Lingga Yana dkk, 2017).

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

2.2.9.1 Jenis-Jenis Pompa

Menurut Try Ayu Lestari (2014) terdapat beberapa jenis-jenis pompa, yaitu sebagai berikut:

1. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

Sifat dari hidrolis ini adalah memindahkan energi pada daun/kipas pompa dengan dasar pembelokan/pengubah aliran (*fluid dynamics*). Kapasitas yang di hasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan putaran, sedangkan total head (tekanan) yang di hasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan pangkat dua dari kecepatan putaran.

2. Pompa Desak (*Positive Displacement Pumps*)

Sifat dari pompa desak adalah perubahan periodik pada isi dari ruangan yang terpisah dari bagian hisap dan tekan yang dipisahkan oleh bagian dari pompa.

3. Sifat dari *jets pump*
Sebagai pendorong untuk mengangkat cairan dari tempat yang sangat dalam
4. *Air lift pumps (mammoth pumps)*
Cara kerja pompa ini sangat tergantung pada aksi dari campuran antara cairan dan gas (*two phase flow*)
5. *Hidraulic pumps*
Pompa ini menggunakan kinetik energi dari cairan yang dipompakan pada suatu kolom dan energi tersebut diberikan pukulan yang tiba-tiba menjadi energi yang berbentuk lain (energi tekan).
6. *Elevator Pump*
Sifat dari pompa ini mengangkat cairan ke tempat yang lebih tinggi dengan menggunakan roda timbah.

2.2.10 Pompa Air

Menurut Wijaya dkk (2014) menjelaskan bahwa, pompa air merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair *incompressible* dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik suatu alat penggerak menjadi energi potensial yang berupa *head*, dengan demikian zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan *head* yang dimilikinya.

2.2.10.1 Prinsip Kerja Pompa Air

Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Pada sisi hisap pompa atau biasa disebut *suction*, elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Dengan demikian fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir kedalam saluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Klasifikasi pompa menurut prinsip dan cara kerjanya dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu pompa kerja positif (*positive*

displacement pump) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*) (Fendik Hidayat Hasan, 2017).

2.2.10.2 Jenis Pompa Air

Menurut Wijaya dkk (2014) berdasarkan pada letak penempatan pompa air tersebut dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu pompa turbin vertical (*vertical turbine pump*) dan pompa benam atau celup (*submersible pump*). Pompa benam atau celup merupakan pompa air sentrifugal yang melekat dengan motor listrik dan dioperasikan dengan cara terendam didalam air. Motor listrik dipasang pada suatu poros bersamaan dengan impeller. Kapasitas pompa air ini ditentukan oleh lebarnya baling-baling impeller dan tekanan ditentukan oleh jumlah impeller.

Salah satu pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa air listrik 12 Volt (*water pump*) (dapat dilihat pada gambar 2.19). Sesuai dengan namanya, pompa air listrik ini penggunaannya untuk menggerakkan air dari tempat yang rendah ke tinggi ataupun memindahkan air dari tempat ke tempat lainnya. Pada dasarnya *water pump* sama dengan motor DC hanya saja sudah dibentuk sedemikian rupa supaya dapat menyedot air.



Gambar 2.19 Pompa Air (*Water Pump*) 12 Volt

2.2.10.3 Spesifikasi Pompa Air (*Water Pump*)

Spesifikasi pompa air (*water pump*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Berbahan karet
- Pompa tipe *brushed*
- Tegangan kerja maksimal 12 VDC
- Arus maksimal 2 A
- Tekanan 0,48 Mpa
- Panjang kabel sekitar 20 cm
- Kecepatan aliran 3,5 L/m
- Sumber *power* : *powerbank, charger smartphone, aki, baterai, adaptor, solar panel.*

2.2.11 Dimmer

Dimmer adalah sebuah rangkaian komponen elektronika dari input sinyal AC kemudian sinyal tersebut diproses menjadi sinyal AC phase maju dari pada sinyal AC inputan, yang menyebabkan penurunan daya (watt) bisa disimpulkan dimmer berguna menurunkan daya (watt) yang mengakibatkan lampu bisa redup ataupun mengurangi kecepatan pada motor listrik.

2.2.11.1 Fungsi Dimmer

Dalam aplikasi elektronika banyak sekali fungsi dimmer yang dipergunakan, berikut beberapa fungsi dimer yaitu:

1. Sebagai peredup lampu / LED.
2. Mengurangi arus lonjakan (gerinda, bor, dinamo, dan lain-lain) dengan prinsip mengatur kecepatan dinamo tersebut.
3. Mengatur pemanasan (*heater, solder, dan lain-lain*)
4. Sepeda listrik atau motor-motor listrik.

2.2.11.2 Jenis – Jenis Dimmer

Dengan berkembangnya sebuah teknologi dan kebutuhan yang disesuaikan, dimmer juga ikut berkembang dan memiliki berbagai jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Dimmer PWM (arduino)
2. *Rotary* dimmer
3. Dimmer saklar

Dalam penelitian ini dimmer yang digunakan adalah dimmer PWM (dapat dilihat pada gambar 2.20), karena sebagai rangkaian pengatur kecepatan motor DC dimana rangkaian ini berfungsi mengatur kecepatan putaran dari stator motor DC. Pengatur putaran motor ini menggunakan metode PWM (Pulse Width Modulation). Metode PWM akan menghasilkan denyut pulsa digital yang akan dimanfaatkan untuk mengatur putaran motor DC.



Gambar 2.20 Dimmer DC

2.2.11.3 Komponen Dimmer

Komponen dalam dimmer itu sederhana, berikut beberapa komponen yang terdapat pada dimmer:

1. TRIAC
2. DIAC
3. Potensio
4. Kapasitor
5. LED
6. Resistor
7. Terminal
8. PCB

2.2.12 Power Supply

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan catu daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* atau catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi

listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *power supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *electric power converter*.

2.2.12.1 Jenis – Jenis *Power Supply*

Power supply terbagi atas beberapa jenis, semua itu tergantung pada penggunaannya diantaranya yaitu:

1. *Power Supply* DC

Power supply DC adalah pencatu daya yang menyediakan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk DC (*Direct Current*) dan memiliki Polaritas yang tetap yaitu positif dan negatif untuk bebannya. Terdapat 2 jenis DC *Supply* yaitu :

- *AC ke DC Power Supply*

AC ke DC *power supply*, yaitu DC *power supply* yang mengubah sumber tegangan listrik AC menjadi tegangan DC yang dibutuhkan oleh peralatan Elektronika. AC to DC *power supply* pada umumnya memiliki sebuah transformator yang menurunkan tegangan, dioda sebagai penyearah dan kapasitor sebagai penyaring (*filter*).

- *Linear Regulator*

Linear Regulator berfungsi untuk mengubah tegangan DC yang berfluktuasi menjadi konstan (stabil) dan biasanya menurunkan tegangan DC *input*.

2. *AC Power Supply*

AC *power supply* adalah *power supply* yang mengubah suatu taraf tegangan AC ke taraf tegangan lainnya. Contohnya AC *power supply* yang menurunkan tegangan AC 220V ke 110V untuk peralatan yang membutuhkan tegangan 110VAC. Atau sebaliknya dari tegangan AC 110V ke 220V.

3. *Switch-Mode Power Supply*

Switch-Mode Power Supply (SMPS) adalah jenis *power supply* yang langsung menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan *input* AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-*switch* ON dan OFF pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati transformator frekuensi tinggi.

4. *Programmable Power Supply*

Programmable power supply adalah jenis *power supply* yang pengoperasiannya dapat dikendalikan oleh *remote control* melalui antarmuka (*interface*) *input* analog maupun digital seperti RS232 dan GPIB.

5. *Uninterruptible Power Supply (UPS)*

Uninterruptible power supply atau sering disebut dengan UPS adalah *power supply* yang memiliki 2 sumber listrik yaitu arus listrik yang langsung berasal dari tegangan input AC dan baterai yang terdapat didalamnya. Saat listrik normal, tegangan *input* akan secara simultan mengisi baterai dan menyediakan arus listrik untuk beban (peralatan listrik). Tetapi jika terjadi kegagalan pada sumber tegangan AC seperti matinya listrik, maka baterai akan mengambil alih untuk menyediakan Tegangan untuk peralatan listrik/elektronika yang bersangkutan.

6. *High Voltage Power Supply*

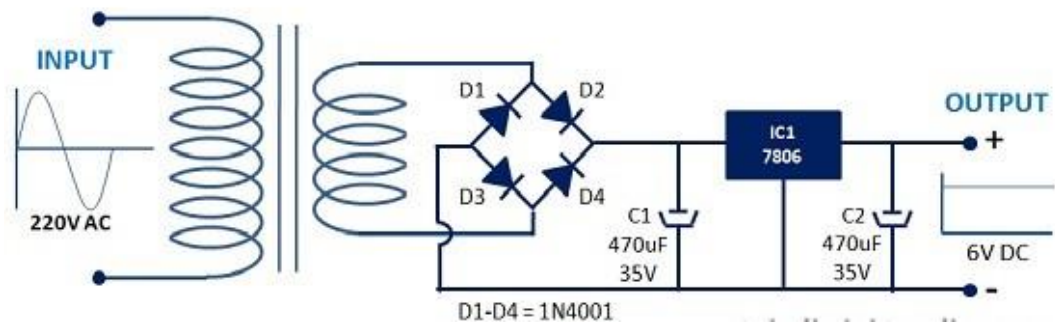
High voltage power supply adalah *power supply* yang dapat menghasilkan tegangan tinggi hingga ratusan bahkan ribuan volt. *High voltage power supply* biasanya digunakan pada mesin X-ray ataupun alat-alat yang memerlukan tegangan tinggi.

Pada penelitian ini menggunakan *power supply* AC ke DC 12 Volt (dapat dilihat pada gambar 2.21), karena AC ke DC *power supply* yaitu *power supply* yang mengubah sumber tegangan listrik AC menjadi tegangan DC.



Gambar 2.21 *Power Supply* DC 12 Volt

Rangkaian Sederhana DC Power Supply



Gambar 2.22 Rangkaian *Power Supply* DC

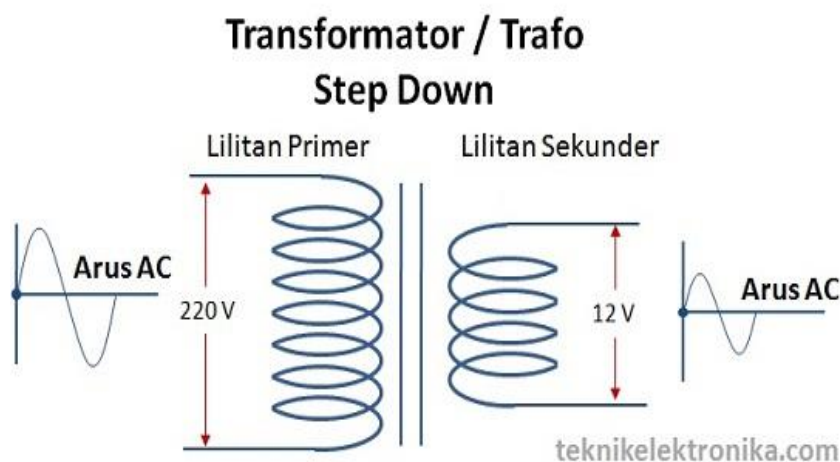
2.2.12.2 Prinsip Kerja *Power Supply*

Dibawah ini akan kami jelaskan tentang prinsip kerja DC *power supply* atau adaptor.

1. Transformator

Tranformator, transformer atau disingkat dengan trafo yang dipakai untuk DC *power supply* adalah jenis *step down* yang berguna untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang ada pada rangkaian adaptor atau DC *power supply*. Transformator bekerja atas dasar prinsip induksi elektromagnetik yang terdiri dari 2 bagian utama brebentuk lilitan yakni lilitan primer dan juga lilitan sekunder. Lilitan primer adalah input transformator, sedangkan yang menjadi output adalah lilitan sekunder. Meski tegangan sudah

diturunkan, output dari transformator masih berbentuk arus bolak balik atau arus AC yang harus diproses lebih lanjut.



Gambar 2.23 Rangkaian Trafo *Step Down*

2. *Rectifier*

Rectifier atau penyearah gelombang merupakan rangkaian elektronika dalam *power supply* atau catu daya yang berguna untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC sesudah tegangan diturunkan transformator *step down*. Rangkaian *rectifier* umumnya terdiri dari komponen dioda dan terdapat dua jenis *rectifier* dalam *power supply* yakni *half wave rectifier* yang hanya memiliki 1 komponen dioda dan *full wave rectifier* yang memiliki 2 atau 4 komponen dioda.

3. *Filter*

Dalam rangkaian DC *power supply*, *filter* atau penyaring berguna untuk meratakan sinyal arus yang keluar dari *rectifier*. *Filter* tersebut biasanya terdiri dari komponen kapasitor atau kondensator berjenis elektrolit atau ELCO (*Electrolyte Capacitor*).

4. *Voltage Regulator*

Untuk menghasilkan tegangan atau arus DC tetap serta stabil, maka dibutuhkan *voltage regulator* yang berguna untuk mengatur tegangan sehingga tegangan *output* tidak akan dipengaruhi dengan arus beban, suhu dan juga tegangan *input* yang berasal dari *output filter*. *Voltage regulator* biasanya terdiri dari dioda zenert atau IC (*integrated circuit*).

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan rancangan alat penelitian. Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian eksperimen yang dimana penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti.

Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah yaitu pengujian untuk mengetahui cara perancangan alat, prinsip kerja sebuah alat dan keefektifan alat tersebut. Penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dipaparkan sebagai berikut:

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU Jalan Muchtar Basri no 3 Medan. Pada bulan Oktober s/d Januari 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan dan komponen elektronika yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3.2.1 Alat

Peralatan dan komponen elektronika yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Laptop
2. Handphone
3. Tespen
4. Multitester
5. Solder
6. Tang
7. Lem tembak
8. USB
9. Gunting

10. Korek api
11. Selotip
12. Gelas ukur
13. Timbangan

3.2.2 Bahan

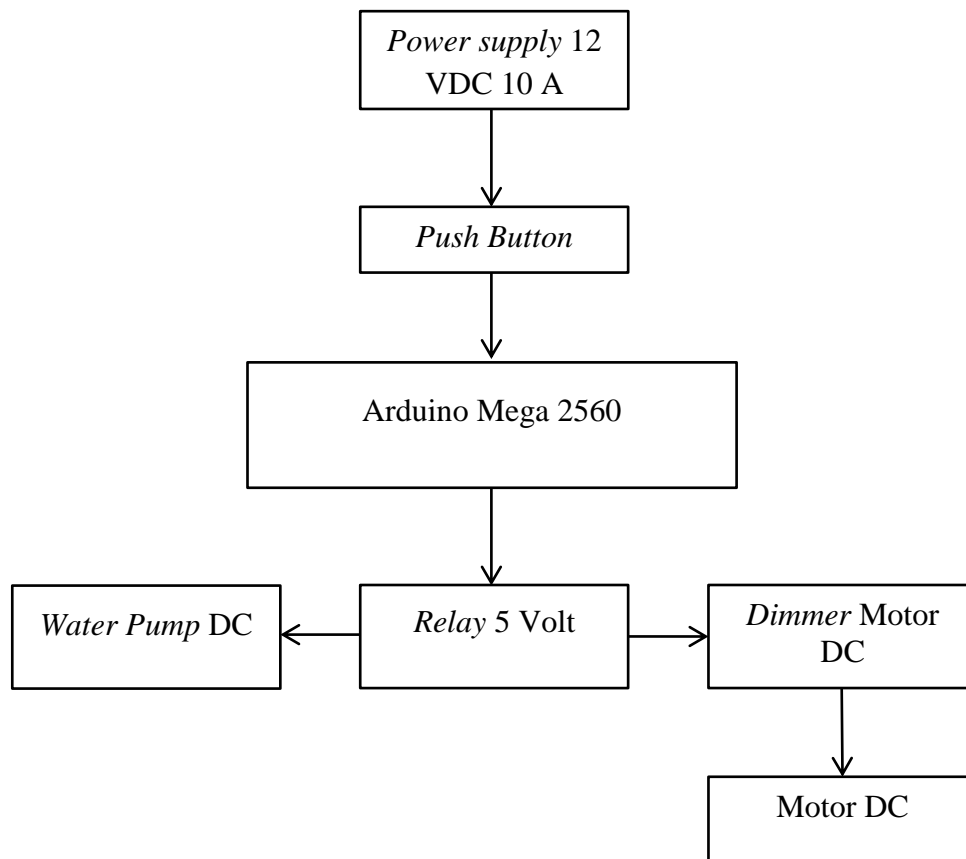
Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Arduino mega 2560
2. Motor DC
3. *Water pump* DC
4. *Dimmer* DC
5. Relay 5 V
6. *LCD display*
7. *Push button*
8. Papan atau triplek untuk dudukan dari alat produksi biodiesel
9. Kabel penghubung secukupnya
10. Selang
11. *Power supply*
12. AutoCAD
13. Fritzing
14. Minyak jelatah
15. NaOH / Soda api
16. Matanol
17. Air
18. Keran
19. Tabung
20. *Heater*
21. *Thermostat* digital

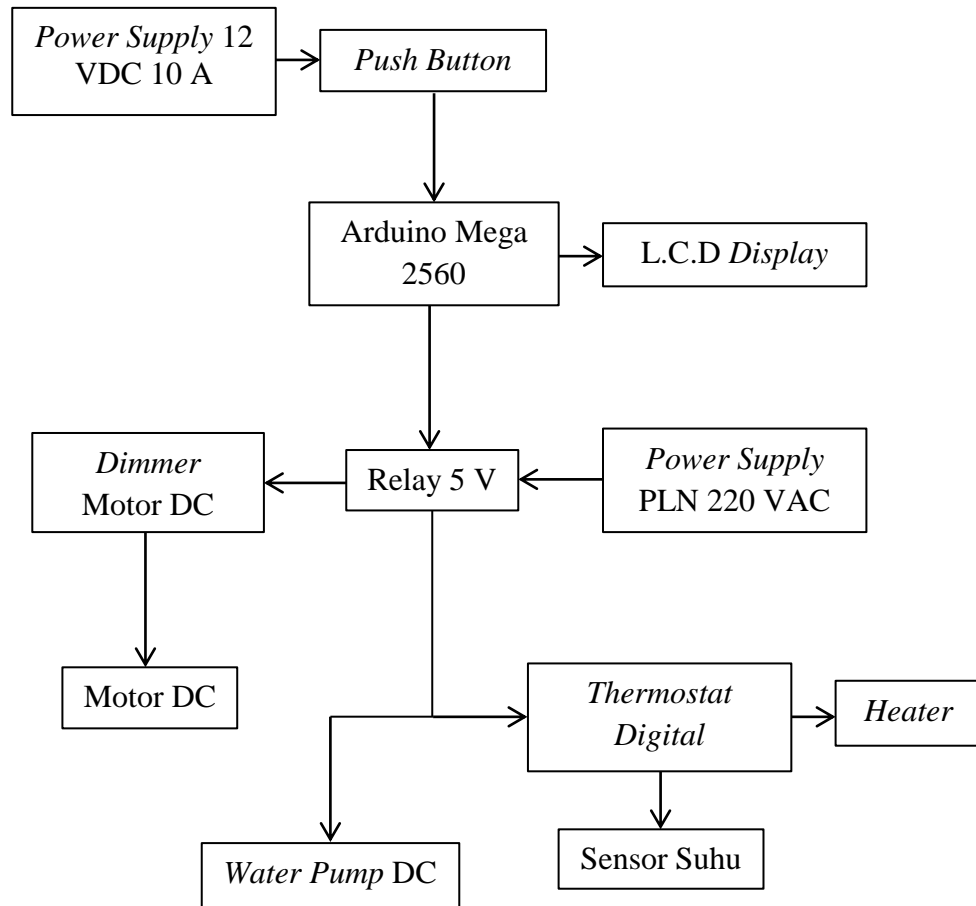
3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Blok Diagram

Blok diagram sistem penelitian Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega bisa digambarkan seperti pada gambar 3.1 dan 3.2 dibawah ini.



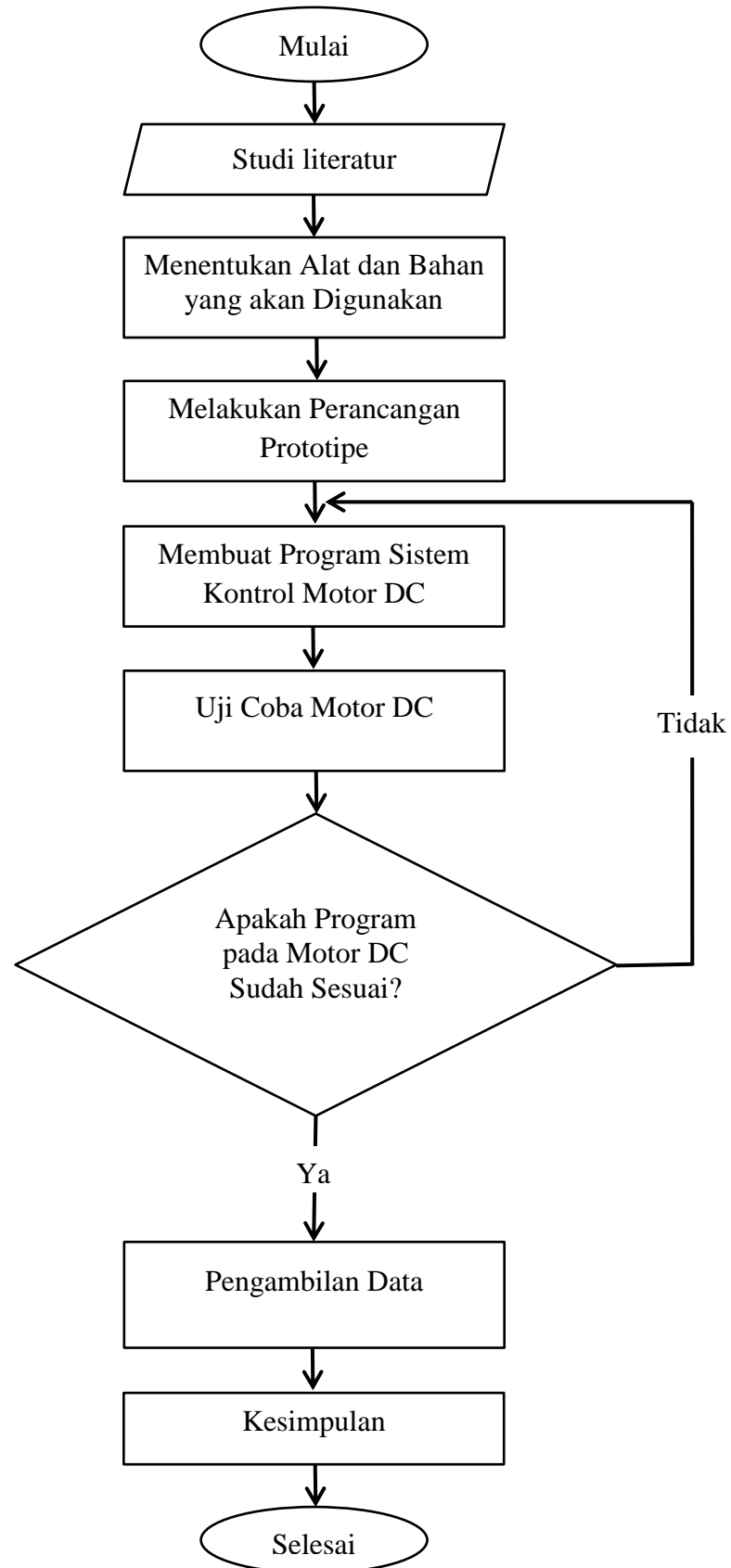
Gambar 3.1 Skema Rancangan Alat Pengontrolan Motor Dc pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega



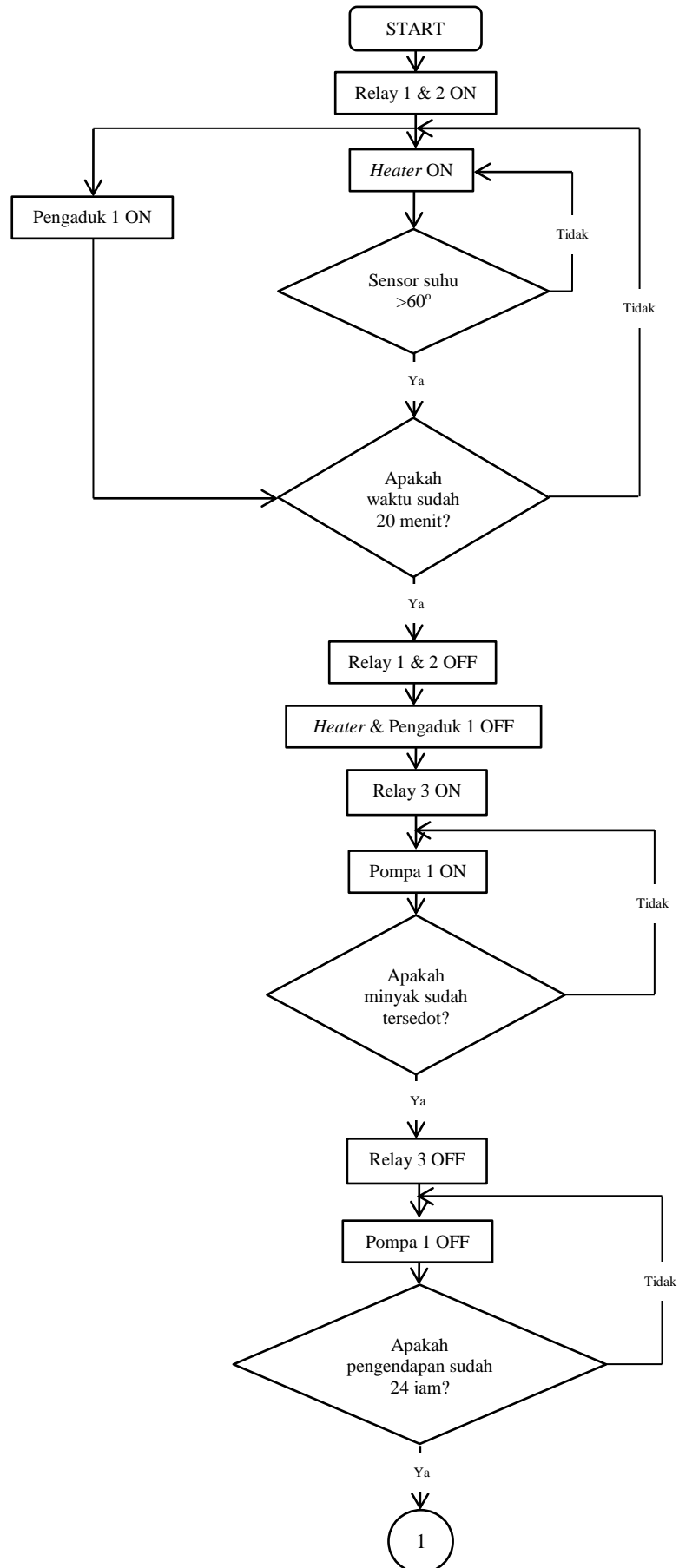
Gambar 3.2 Skema rancangan Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

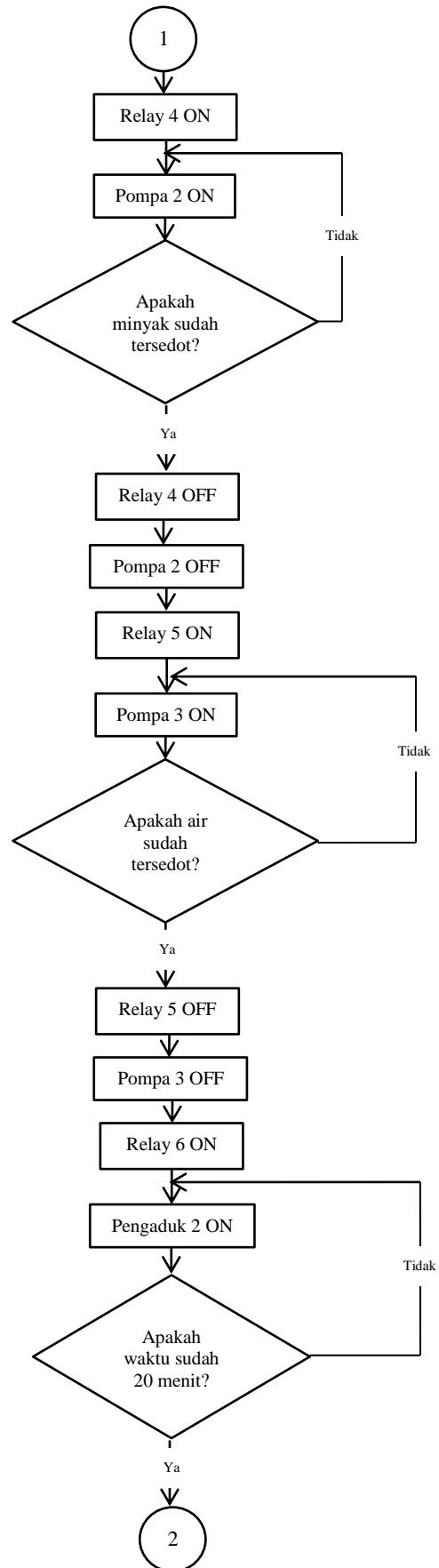
3.3.2 Flowchart Penelitian

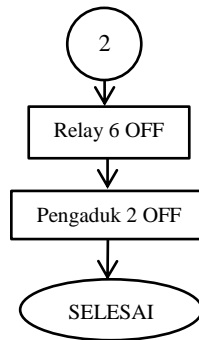
Gambaran umum langkah-langkah penelitian dan kerja alat dalam tugas akhir ini dapat dilihat dalam flowchart penelitian pada gambar 3.3 dan 3.4 berikut ini.



Gambar 3.3 Flowchart langkah-langkah penelitian



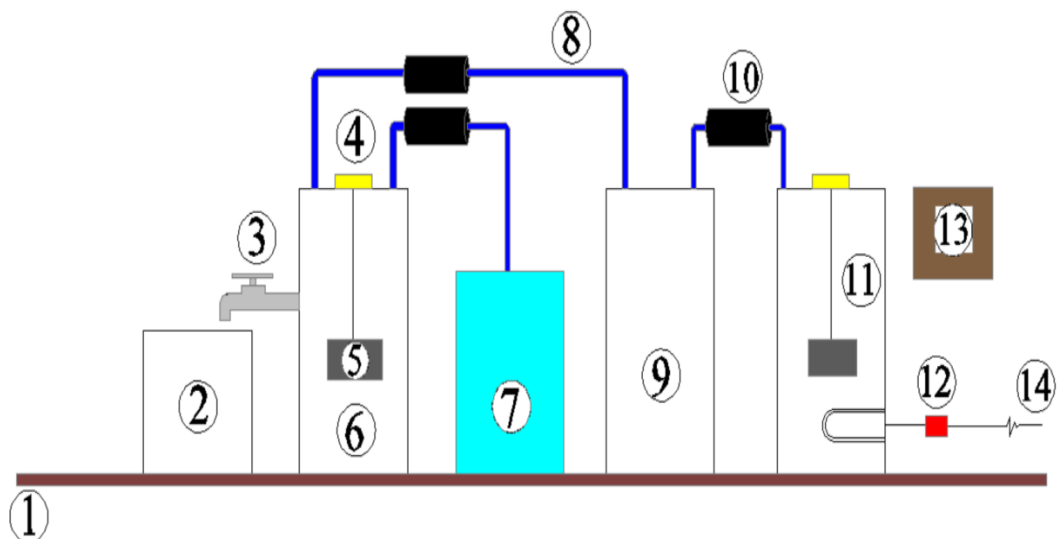




Gambar 3.4 Flowchart Langkah-Langkah Kerja Alat

3.3.3 Gambar Rancangan Penelitian

Gambar rancangan alat pada penelitian Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.5 Gambar Rancangan Alat

Keterangan:

1. Lantai Dasar
2. Tangki Biodiesel
3. Keran
4. Motor DC/Pompa air
5. Pengaduk
6. Tangki Pencucian
7. Tabung Air

8. Selang
9. Tangki Pengendapan
10. Pompa Air DC
11. Tangki Transesterifikasi
12. Relay
13. Panel Kontrol
14. *Powes Suplay* PLN

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian direncanakan akan dilakukan pada bulan Oktober s/d Januari 2021 bertempat di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU Jalan Muchtar Basri no 3 Medan. Adapun Langkah – langkah yang harus diketahui dalam melaksanakan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

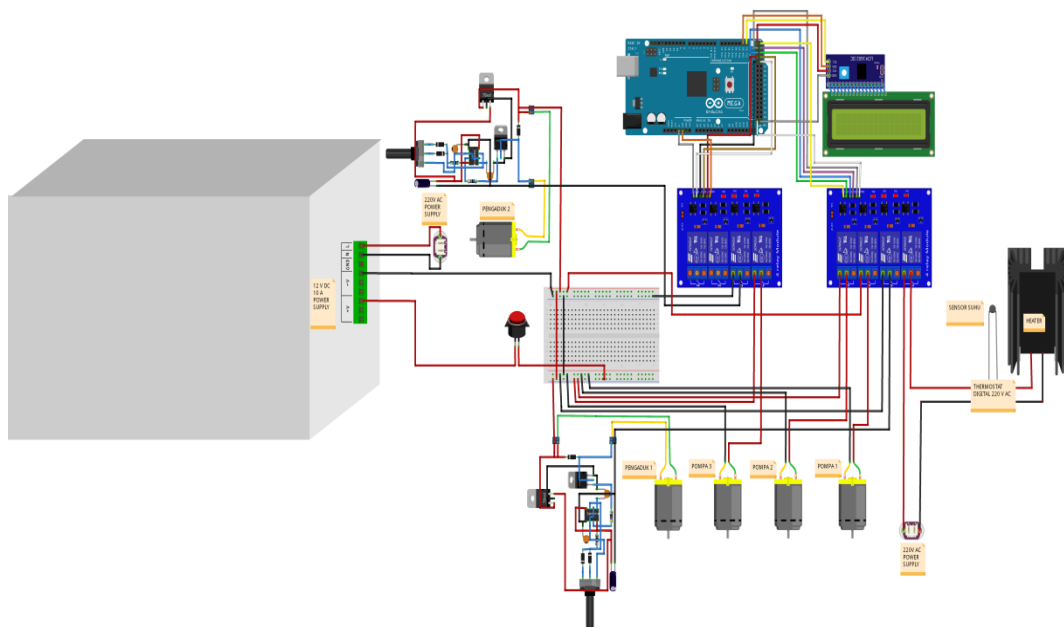
1. Menentukan tema dengan cara melakukan studi literatur untuk memperoleh berbagai teori dan konsep untuk mendukung perancangan alat penelitian yang akan dilaksanakan.
2. Menyiapkan Alat dan Bahan penelitian.
3. Merancang alat penelitian dan program prototype alat produksi biodiesel, dimana penelitian ini terfokus pada rancangan alat pengontrolan motor DC dalam prototype alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega.
4. Melakukan uji coba alat penelitian.
5. Mengumpulkan data hasil uji coba alat penelitian tersebut.
6. Menganalisa hasil uji coba dari alat penelitian.
7. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.
8. Selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

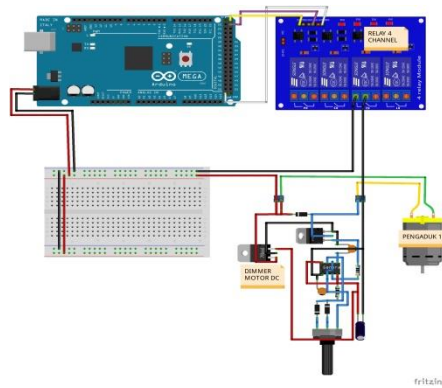
Dalam bab ini membahas mengenai hasil uji coba sistem yang telah dirancang. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sebagaimana mestinya ataupun tidak, dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan serta dilakukan sesuai dengan perancangan serta pemrogramannya.

4.1 Hasil Penelitian

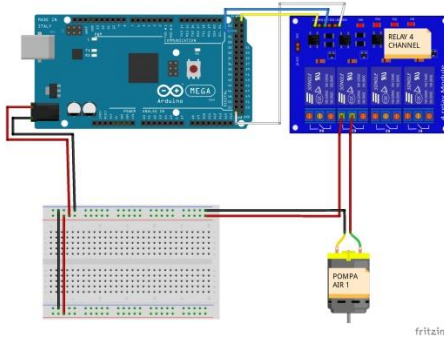


Gambar 4.1 Rangkaian Sistem Alat Keseluruhan

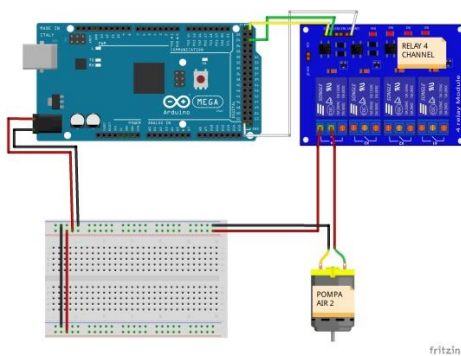
Jika rangkaian alat pengontrolan motor DC dipecah berdasarkan prosesnya, maka akan menjadi beberapa part seperti gambar dibawah ini.



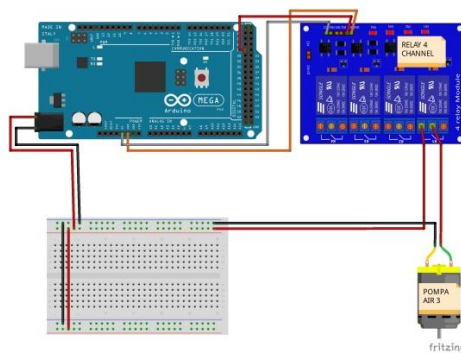
Gambar 4.2 Rangkaian Sistem Pengaduk 1



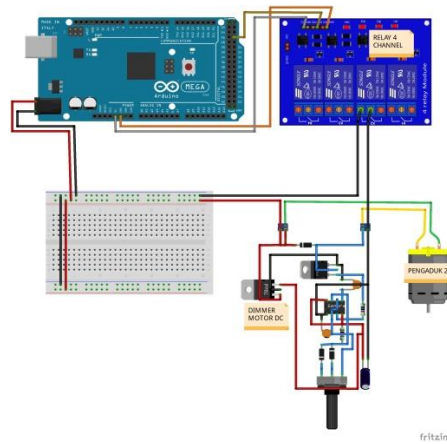
Gambar 4.3 Rangkaian Sistem Pompa 1



Gambar 4.4 Rangkaian Sistem Pompa 2

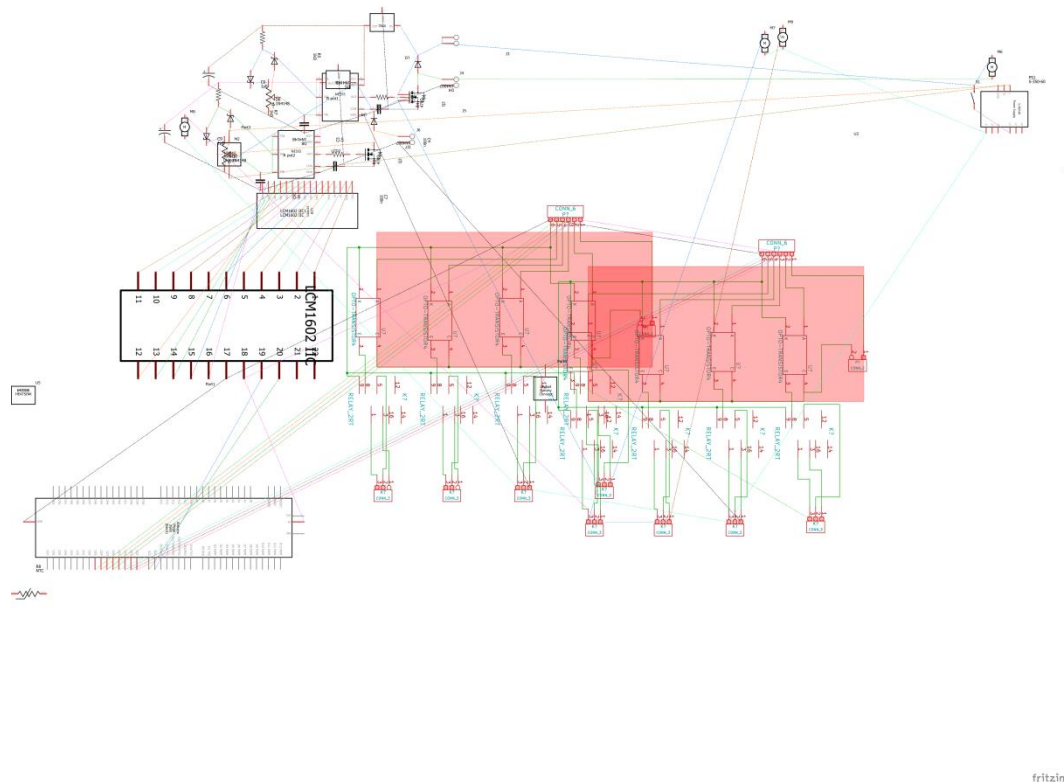


Gambar 4.5 Rangkaian Sistem Pompa 3



Gambar 4.6 Rangkaian Sistem Pengaduk 2

Setiap bagian dari sistem komponen pada gambar diatas memiliki peran penting sesuai fungsinya masing – masing, supaya sistem tersebut dapat berjalan sesuai yang direncanakan. Setiap dari masing – masing komponen akan dihubungkan dengan Arduino Mega.



Gambar 4.7 Skematik Rangkaian Sistem Alat Keseluruhan

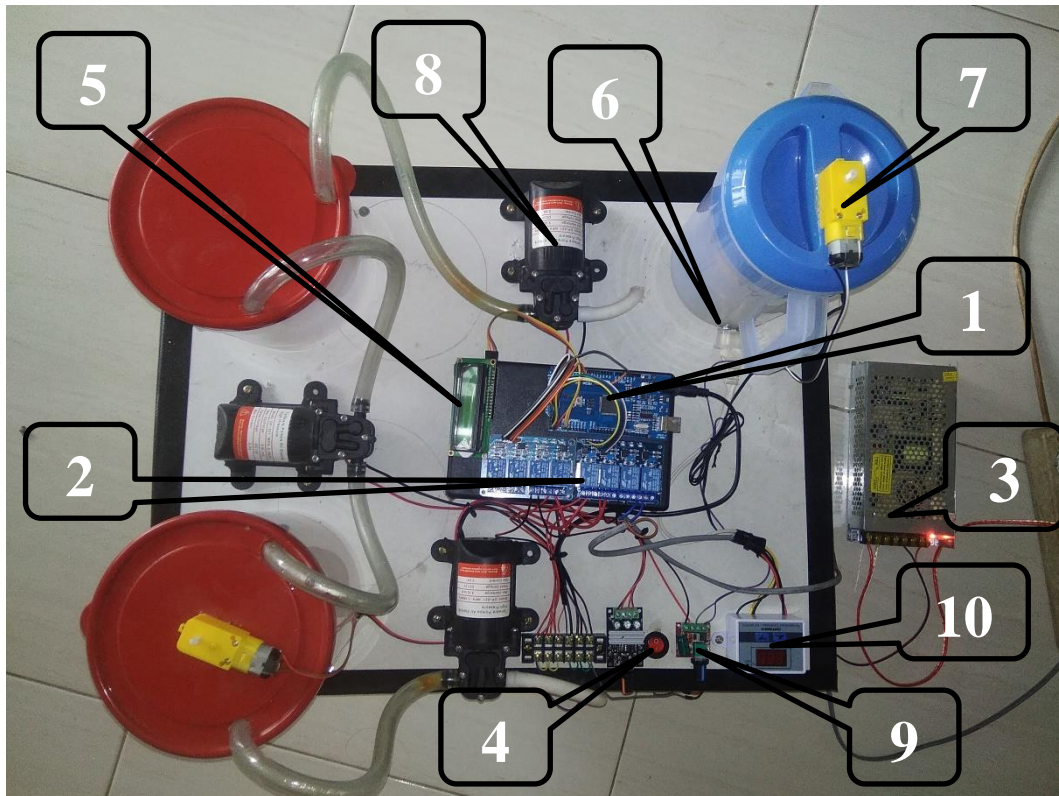
Rangkaian pada gambar - gambar diatas dibuat dengan menggunakan software Fritzing dengan mengikuti perintah program yang telah dibuat pada program Arduino Mega melalui software Arduino IDE. Fungsi gambar skematik (gambar 4.7) rangkaian sistem percobaan ialah agar lebih mudah memahami rangkaian dengan melihat jalur-jalur terhubungnya komponen.

Pada penelitian ini yaitu Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega ini terdiri dari berbagai rangkaian yang kemudian digabungkan menjadi satu rangkaian alat secara keseluruhan. Adapun komponen - komponen secara keseluruhannya adalah sebagai berikut:

1. Arduino Mega 2560
Arduino mega 2560 berfungsi sebagai otak atau inti dari Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah ini, dimana arduino mega ini sebagai pengontrol program dari komponen rangkaian LCD, relay, *heater* dan motor – motor agar bekerja sesuai program yang diinginkan.
2. Relay 5 Volt DC
Pada alat ini digunakan Relay 5 volt DC 4 channel yang berfungsi sebagai komponen saklar otomatis agar tegangan output dapat digunakan, komponen tersebut juga diprogram melalui arduino mega.
3. Power supply 12 Volt DC
Power Supply berfungsi sebagai pengubah dari tegangan listrik AC (Alternating Current) menjadi tegangan (Direct Current), karena komponen yang terdapat pada alat ini menggunakan tegangan DC, maka dari itu menggunakan sumber tegangan DC.
4. Push button
Push button berfungsi saklar manual sebagai pemutus atau penghubung tegangan dari sumber menuju komponen rangkaian
5. LCD display
LCD display berfungsi untuk menampilkan atau menunjukkan proses yang sedang berjalan pada alat, dimana komponen tersebut di program di arduino.

6. Heater
Heater berfungsi sebagai pemanas minyak pada alat produksi biodiesel ini. Dimana waktu heater telah di program di arduino.
7. Motor DC
Motor DC berfungsi sebagai pengaduk minyak yang mana waktu pengadukannya telah telah diprogram di arduino.
8. Water pump DC
Water pump DC berfungsi untuk menyedot minyak atau mentransfer minyak dari tabung ke tabung, dimana waktu penyedotan telah di program di arduino.
9. Dimmer DC
Dimmer DC berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran pada pengaduk atau motor
10. Thermostat digital
Thermostat digital berfungsi untuk mendeteksi suhu panas pada saat pemanasan minyak.

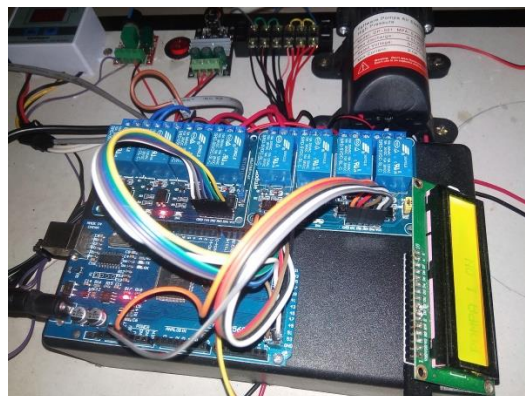
Sehingga hasil gabungan rangkaian ini membentuk suatu alat utuh yang dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah.



Gambar 4.8 Hasil Rancangan Alat Secara Keseluruhan



Gambar 4.9 Alat Keseluruhan Tampak dari Samping



Gambar 4.10 Komponen Elektronika pada Alat Pengontrolan Motor DC

4.2 Pembahasan Penelitian

Pada pembahasan penelitian ini yaitu tentang Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega terbagi atas beberapa sub bab.

4.2.1 Prinsip Kerja Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

Setelah rancangan alat selesai, peneliti menjelaskan prinsip kerja Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega, maka prinsip kerjanya yaitu pada saat saklar ditekan ON maka tegangan dari *power supply* masuk ke arduino, selanjutnya arduino yang berfungsi sebagai pusat kontrol memerintahkan relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay yang dihubungkan ke dimmer atau pengatur kecepatan dan tegangan motor DC. Didalam dimmer sudah disesuaikan kecepatan putaran motor DC yang dibutuhkan, berdasarkan penelitian terdahulu kecepatan pengadukan mempengaruhi proses reaksi, yang mana telah ditentukan bahwa kecepatan pengadukannya adalah 150 Rpm. Maka motor DC disesuaikan kecepatannya menggunakan dimmer sekitar 150 Rpm, Motor DC yang berperan dalam alat produksi biodiesel dari minyak jelantah sebagai alat pengadukan. Setelah tegangan masuk melalui dimmer, motor DC akan berputar sebagaimana perannya sebagai pengaduk dan sudah disesuaikan dahulu kecepatan putaran pengadukannya. Dimana waktu pengadukannya sudah di program dalam arduino sehingga motor DC akan berhenti otomatis ketika waktunya sudah selesai.

Begitu juga dengan pompa DC, dimana pompa DC ini bekerja ketika arduino memberi sinyal ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa DC, sehingga pompa akan menyala. Peran pompa DC ini pada alat produksi biodiesel adalah untuk menyedot minyak atau pemindahan minyak dari tabung ke tabung sesuai program yang telah dibuat dalam arduino. Untuk kecepatan pompa DC itu sendiri sudah tertera dalam spesifikasi yaitu kecepatan maksimalnya 3,5 liter/menit atau setara dengan 0,0583 liter/sekon.

4.2.2 Prinsip Kerja Alat Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

Prinsip kerjanya yaitu pada saat saklar ditekan ON maka arus yang masuk dari power supply masuk ke arduino, selanjutnya arduino memerintahkan pada relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke dimmer pengaduk 1 dan pemanas, dimana tegangan pemanas yaitu 220 VAC. Dalam waktu yang bersamaan pengaduk 1 dan pemanas hidup untuk periode waktu yang telah ditentukan di arduino. Pada saat pemanas mencapai suhu maksimal yang telah ditentukan melalui thermometer, maka thermometer akan mengurangi daya yang masuk sehingga suhu pemanas akan turun, dan ketika pemanas suhunya turun menjauh dari batas yang ditentukan maka otomatis thermometer akan membuka jalur daya seluruhnya sehingga pemanas kembali memanaskan minyak mencapai suhu maksimalnya. Selama periode yang telah ditentukan di arduino pemanas dan pengaduk 1 akan tetap beroperasi. Fungsi relay untuk pemanas ini adalah sebagai pemutus otomatis tegangan ketika waktu pemanasan telah selesai, begitu juga dengan pengaduk 1.

Selanjutnya setelah proses pemanasan dan pengadukan minyak selesai, pompa 1 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa 1 untuk menyedot minyak yang sudah dipanaskan tadi ke tabung pengendapan sesuai waktu yang telah diprogram dalam arduino. Selanjutnya tinggal menunggu waktu pengendapan selesai, waktu pengendapan telah di program dalam arduino selama 24 jam, setelah 24 jam maka pompa 2 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke pompa 2 untuk menyedot minyak yang sudah diendapkan selama 24 jam ke tabung pencucian. Setelah selesai proses pemindahan minyak yang sudah diendapkan ke tabung pencucian, pompa 3 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke pompa 3 untuk menyedot air ke tabung pencucian.

Yang terakhir setelah proses penyedotan air selesai, maka pengaduk 2 akan ON atas perintah arduino melalui relay untuk membuka katub sehingga tegangan

masuk melalui relay ke dimmer pengaduk 2 sehingga pengaduk 2 ON. Periode beroperasinya pengaduk 2 sudah diprogram dalam arduino yang dimana arduino sebagai pusat kontrol semua komponen.

4.2.3 Cara Menginput *Setting* Program Arduino Mega untuk Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah

Adapun beberapa tahapan untuk menginput program arduino pada alat pengontrolan motor DC ini yaitu:

1. Mempersiapkan kabel penghubung arduino agar bisa terhubung ke laptop.
2. Mempersiapkan laptop sebagai tempat coding program arduino.
3. Menyiapkan software program arduino di laptop, software bisa di download melalui media internet.
4. Membuka software arduino yang telah di *download*.
5. Menghubung arduino ke laptop dengan kabel penghubung.
6. Melakukan *setting* program untuk alat tersebut.
7. Setelah *setting* program selesai, klik konfirmasi kemudian klik *upload*, tunggu beberapa saat.
8. Sistem telah bekerja.

```

PROGRAM_ARDUINO_IDE | Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)
File Edit Sketch Tools Help

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

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup()
{
  pinMode(22,OUTPUT); // pemanas
  pinMode(23,OUTPUT); // pengaduk 1
  pinMode(24,OUTPUT); // pompa 1
  pinMode(25,OUTPUT); // pompa 2
  pinMode(26,OUTPUT); // Pompa 3
  pinMode(27,OUTPUT); // pengaduk 2

  lcd.init();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("PEMBUATAN");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("BIODIESEL");

  digitalWrite(22,HIGH);
  digitalWrite(23,HIGH);
  digitalWrite(24,HIGH);
  digitalWrite(25,HIGH);
  digitalWrite(26,HIGH);
  digitalWrite(27,HIGH);
}

Done uploading.
Sketch uses 4678 bytes (11) of program storage space. Maximum is 253952 bytes.
Global variables use 407 bytes (44) of dynamic memory, leaving 7785 bytes for local variables. Maximum is 8192 bytes.

71 | Arduino Mega or Mega 2560 on COM3
Type here to search | 11:57 | 24/03/2021

```

Gambar 4.11 Tampilan Program Arduino Mega untuk Alat Pengontrolan Motor DC

Adapun isi *setting* program arduino mega untuk alat tersebut adalah sebagai berikut:

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  pinMode(22,OUTPUT); // pemanas
```

```
  pinMode(23,OUTPUT); // pengaduk 1
```

```
  pinMode(24,OUTPUT); // pompa 1
```

```
  pinMode(25,OUTPUT); // pompa 2
```

```
  pinMode(26,OUTPUT); // Pompa 3
```

```
  pinMode(27,OUTPUT); // pengaduk 2
```

```
  lcd.init();
```

```
  lcd.init();
```

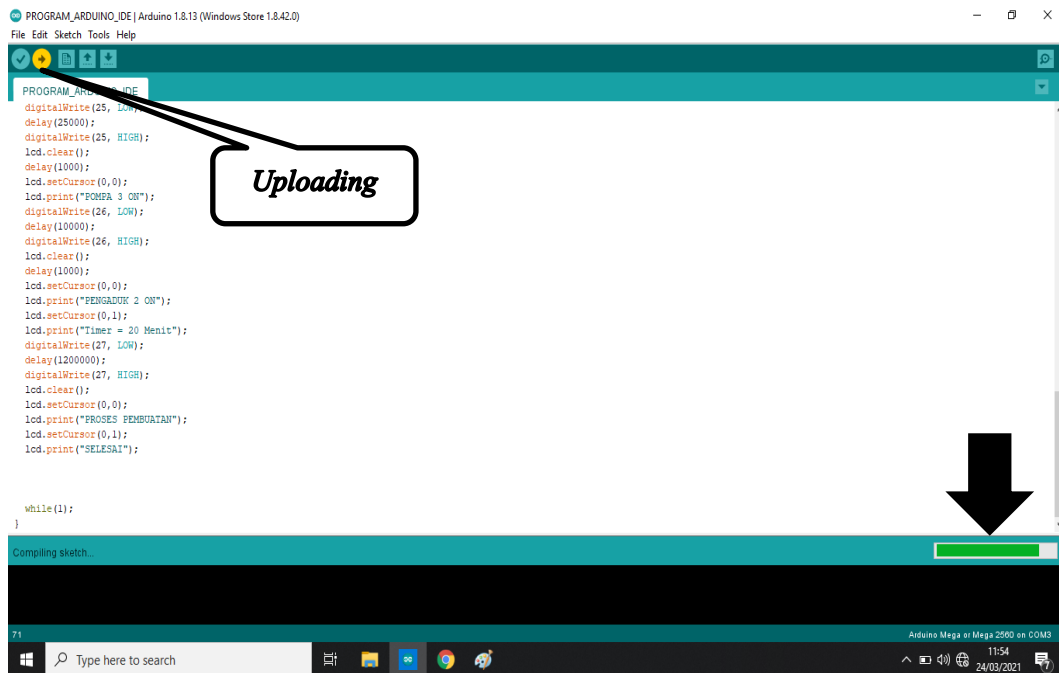
```
lcd.backlight();  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("PEMBUATAN");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("BIODIESEL");
```

```
digitalWrite(22,HIGH);  
digitalWrite(23,HIGH);  
digitalWrite(24,HIGH);  
digitalWrite(25,HIGH);  
digitalWrite(26,HIGH);  
digitalWrite(27,HIGH);  
delay(3000);  
}
```

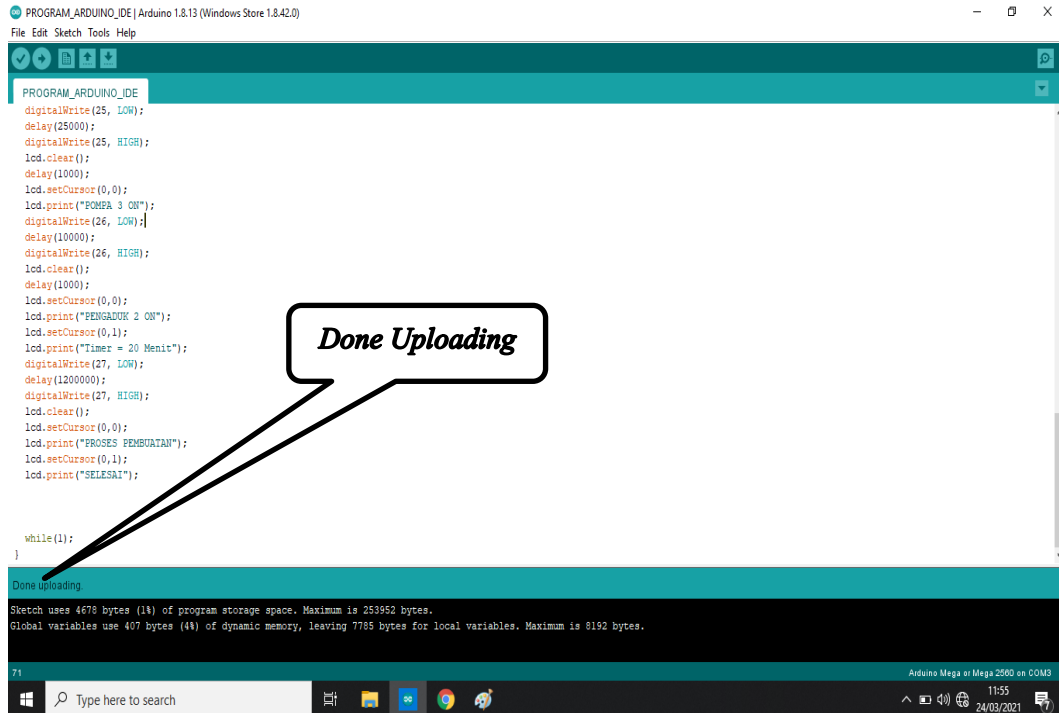
```
void loop()  
{  
  delay(120000);  
  lcd.clear();  
  digitalWrite(22,LOW);  
  digitalWrite(23,LOW);  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("PEMANAS ON");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("PENGADUK ON");  
  delay(1200000); // PEMANASAN DAN PENGADUKAN 20 MENIT  
  digitalWrite(22,HIGH);  
  digitalWrite(23,HIGH);  
  lcd.clear();  
  delay(5000);  
  digitalWrite(24, LOW); // POMPA 1 ON
```

```
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("POMPA 1 ON");
delay(25000); // lama pompa menyala
digitalWrite(24,HIGH);
lcd.clear();
delay(1000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("PENGENDAPAN");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Timer =24 Jam");
delay(86400000);// pengendapan 1 hari
lcd.clear();
delay(1000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("POMPA 2 ON");
digitalWrite(25, LOW);
delay(25000); // lama pompa menyala
digitalWrite(25, HIGH);
lcd.clear();
delay(1000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("POMPA 3 ON");
digitalWrite(26, LOW);
delay(10000); // lama pompa menyala
digitalWrite(26, HIGH);
lcd.clear();
delay(1000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("PENGADUK 2 ON");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Timer =20 Menit");
digitalWrite(27, LOW);
```

```
delay(1200000);  
digitalWrite(27, HIGH);  
lcd.clear();  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("PROSES PEMBUATAN");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("SELESAI");  
  
while(1);  
}
```



Gambar 4.12 Proses *Uploading* Program



Gambar 4.13 Proses Selesai *Uploading* Program

4.2.4 Pengujian Komponen Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

Pengujian komponen alat pengontrolan motor DC ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat ini berfungsi dengan baik atau tidak, maka dari itu perlu dilakukan pengujian agar alat ini bisa beroperasi sebagaimana mestinya.

1. Pengujian Pengaduk 1

Berdasarkan pengujian yang dilakukan bahwa pengaduk berfungsi dimana pada saat saklar ditekan ON maka arus yang masuk dari power supply masuk ke arduino, selanjutnya arduino memerintahkan pada relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke dimmer pengaduk 1 sehingga pengaduk 1 akan ON selama 20 menit sesuai program yang diinput ke arduino mega. Pada pengaduk 1 ini menggunakan motor DC dengan kecepatan maksimalnya 388,6 RPM, yang dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.

```
sketch_apr14a | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help

sketch_apr14a $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup()
{
  pinMode(23,OUTPUT); // pengaduk 1
  lcd.init();
  lcd.backlight();

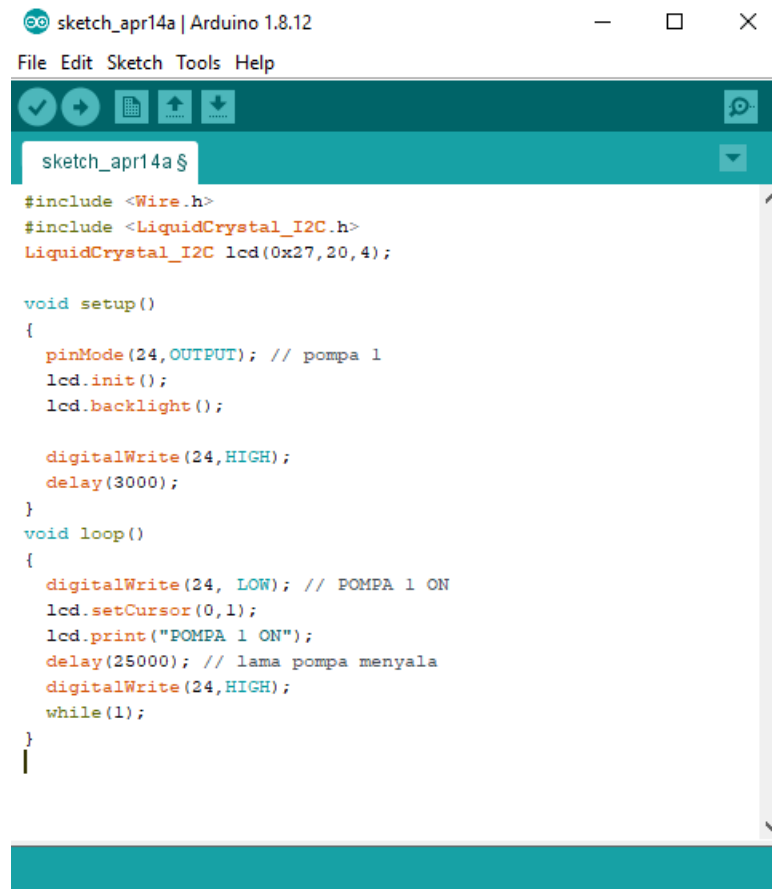
  digitalWrite(23,HIGH);
  delay(3000);
}
void loop()
{
  digitalWrite(23,LOW);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("PENGADUK ON");
  delay(1200000); // PENGADUKAN 20 MENIT
  digitalWrite(23,HIGH);
  while(1);
}
|
```



Gambar 4.14 Pengujian Pengaduk 1

2. Pengujian Pompa 1

Berdasarkan pengujian yang dilakukan bahwa motor 1 berfungsi dimana pompa 1 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa 1 untuk menyedot minyak yang sudah dipanaskan tadi ke tabung pengendapan sesuai waktu yang telah diprogram dalam arduino, dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



```
sketch_apr14a | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_apr14a $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup()
{
  pinMode(24,OUTPUT); // pompa 1
  lcd.init();
  lcd.backlight();

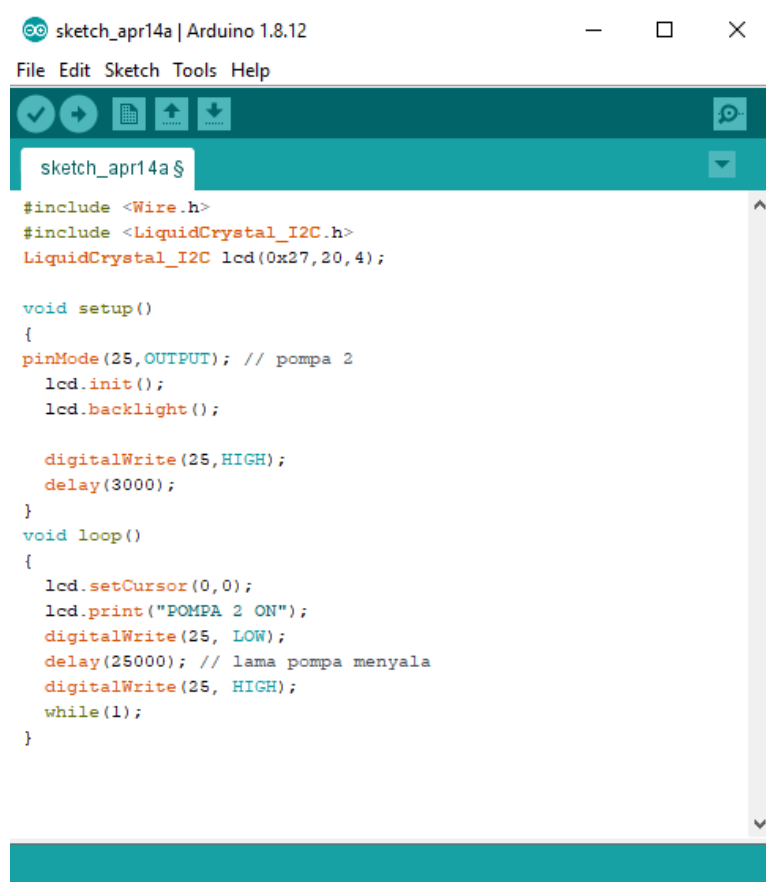
  digitalWrite(24,HIGH);
  delay(3000);
}
void loop()
{
  digitalWrite(24, LOW); // POMPA 1 ON
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("POMPA 1 ON");
  delay(25000); // lama pompa menyala
  digitalWrite(24,HIGH);
  while(1);
}
```



Gambar 4.15 Pengujian Pompa 1

3. Pengujian Pompa 2

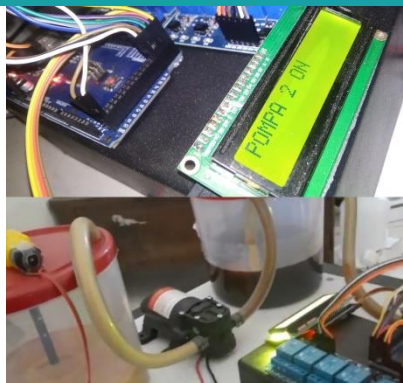
Berdasarkan pengujian yang dilakukan bahwa motor 2 berfungsi dimana pompa 2 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke pompa 2 untuk menyedot minyak yang sudah diendapkan selama 24 jam ke tabung pencucian., dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



```
sketch_apr14a | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_apr14a $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup()
{
  pinMode(25,OUTPUT); // pompa 2
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  digitalWrite(25,HIGH);
  delay(3000);
}
void loop()
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("POMPA 2 ON");
  digitalWrite(25, LOW);
  delay(25000); // lama pompa menyala
  digitalWrite(25, HIGH);
  while(1);
}
```



Gambar 4.16 Pengujian Pompa 2

4. Pengujian Pompa 3

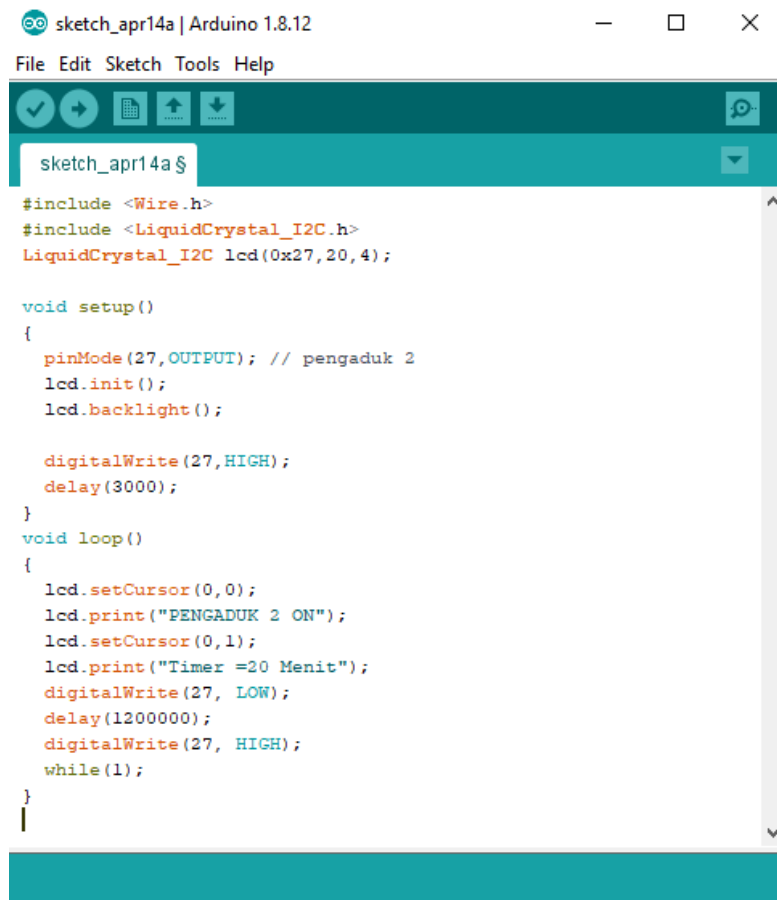
Berdasarkan pengujian yang dilakukan bahwa motor 3 berfungsi dimana pompa 3 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke pompa 3 untuk menyedot air ke tabung pencucian, dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.17 Pengujian Pompa 3

5. Pengujian pengaduk 2

Berdasarkan pengujian yang dilakukan bahwa motor 2 berfungsi dimana pengaduk 2 akan ON atas perintah arduino melalui relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke dimmer pengaduk 2 sehingga pengaduk 2 ON. Periode beroperasinya pengaduk 2 sudah diprogram dalam arduino. Pada pengaduk 2 ini menggunakan motor DC dengan kecepatan maksimalnya 399,6 RPM, yang dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



```
sketch_apr14a | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_apr14a $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup()
{
  pinMode(27,OUTPUT); // pengaduk 2
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  digitalWrite(27,HIGH);
  delay(3000);
}
void loop()
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("PENGADUK 2 ON");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Timer =20 Menit");
  digitalWrite(27, LOW);
  delay(1200000);
  digitalWrite(27, HIGH);
  while(1);
}
```





Gambar 4.18 Pengujian Pengaduk 2

Kesimpulan pengujian Alat Pengontrolan Motor DC Pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega dapat dilihat dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 pengujian komponen pompa pada alat

| NO | Jenis Komponen | Status |
|----|----------------|-----------|
| 1 | Pompa 1 | Berfungsi |
| 2 | Pompa 2 | Berfungsi |
| 3 | Pompa 3 | Berfungsi |

Tabel 4.2 pengujian komponen pengaduk pada alat

| NO | Jenis Komponen | Status | Kecepatan maks (RPM) |
|----|----------------|-----------|----------------------|
| 1 | Pengaduk 1 | Berfungsi | 388,6 |
| 2 | Pengaduk 2 | Berfungsi | 399,6 |

Dari hasil pengujian diatas dapat diperoleh bahwa tiap-tiap komponen Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega berfungsi sesuai dengan apa yg telah diiput di dalam program arduino mega.

4.2.5 Data Keluaran Penggunaan Daya pada Alat Pengontrolan Motor DC

Data keluaran pada Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega diambil tujuannya untuk mengetahui tegangan, arus dan daya pada saat alat ini dioperasikan. Berikut dibawah ini merupakan tabel hasil pengukuran keluaran daya pada Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Alat Pengontrolan Motor DC

| NO | Jenis alat | Tegangan (V) (Volt) | Arus (I) (Ampere) | Daya (P) (Watt) |
|----|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | <i>Power supply</i> DC | 11,97 | 0,48 | 5,7456 |
| 2 | Arduino | 11,96 | 0,46 | 5,5016 |
| 3 | Relay | 4,49 | 0,1127 | 0,5060 |
| 4 | <i>LCD Display</i> | 4,76 | 0,1539 | 0,7325 |
| 5 | Pengaduk 1 | 4,26 | 0,0838 | 0,3570 |
| 6 | Pengaduk 2 | 3,98 | 0,0507 | 0,2018 |
| 7 | Pompa 1 | 11,53 | 0,41 | 4,7273 |
| 8 | Pompa 2 | 11,44 | 0,46 | 5,2624 |
| 9 | Pompa 3 | 11,59 | 0,45 | 5,2155 |
| 10 | <i>Heater AC</i> | 220 | 0,455 | 100 |

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega mulai dari segi teori ataupun pengujian yang telah dilakukan oleh penulis, maka penulis telah menarik beberapa kesimpulan dari hasil perancangan ini, antara lain yaitu:

1. Sistem kontroler motor DC berada di dalam Arduino Mega, yang diprogram dengan bahasa C menggunakan perangkat lunak Arduino I.D.E Versi 8.9. Program kemudian diunggah pada board Arduino Mega. Program dibuat agar motor DC dapat berkerja atau beroperasi sesuai dengan tahapan proses pembuatan biodiesel.
2. Cara kerja sistemnya yaitu pada saat saklar ditekan ON maka tegangan dari *power supply* masuk ke arduino, selanjutnya arduino yang berfungsi sebagai pusat kontrol memerintahkan relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay yang dihubungkan ke dimmer atau pengatur kecepatan dan tegangan motor DC. Didalam dimmer sudah disesuaikan kecepatan putaran motor DC yang dibutuhkan, berdasarkan penelitian terdahulu kecepatan pengadukan mempengaruhi proses reaksi, yang mana telah ditentukan bahwa kecepatan pengadukannya adalah 150 Rpm. Maka motor DC disesuaikan kecepatannya menggunakan dimmer sekitar 150 Rpm. Setelah tegangan masuk melalui dimmer, motor DC akan berputar sebagaimana perannya sebagai pengaduk dan sudah disesuaikan dahulu kecepatan putaran pengadukannya. Dimana waktu pengadukannya sudah di program dalam arduino sehingga motor DC akan berhenti otomatis ketika waktunya sudah selesai. Begitu juga dengan pompa DC, dimana pompa DC ini bekerja ketika arduino memberi sinyal ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa DC, sehingga pompa akan menyala. Begitulah seterusnya sampai proses produksi selesai.
3. Pembuatan alat ini cukup menyediakan motor DC sebagai penggerakannya, dan arduino Mega sebagai pusat sistem kontrol keseluruhan alatnya.

Dimana motor DC dihubungkan ke *power supply* DC dan ke relay yang sebagai katub pembuka atau penutup otomatis, karena relay telah terhubung oleh arduino mega, dan program telah diinput kedalam arduino mega dengan tahapan proses sesuai dengan tata cara pembuatan biodiesel dari minyak jelantah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan serta kesimpulan yang telah dikemukakan, berikut adalah beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan dan bahan pertimbangan untuk kesempurnaan alat :

1. Dikembangkan kembali sistem ini dari segi *power supply* menggunakan *solar cell* (energi matahari) untuk lebih menghemat listrik PLN.
2. Adanya penambahan sistem pembuangan gliserol (ampas pengendapan minyak) dan keran secara otomatis agar alat berjalan full otomatis.
3. Dikembangkan lagi pada penelitian selanjutnya dalam hal sistem kontrolnya yang dapat digunakan dengan metode pengontrolan menggunakan PLC (*Program Logic Controller*).

DAFTAR PUSTAKA

- Allu, N., & Toding, A. (2018). *Teori Dan Cotoh Soal Dilengkapi Dengan Penyeselaian Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Deepublish. Ed.1, Cet.1
- Arifin, J., & Zulita, L. N. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1).
- Ayu Lestari, Try (2014) *Handwasher Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega16 (Hairdryer Pada Pengering Tangan Dan Motor Dc Sebagai Keluaran Tissue)*. Other Thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya
- Birdayansyah, R., Soedjarwanto, N., & Zebua, O. (2015). Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Electrician*, 9(2), 97-108.
- Buchori, L., & Widayat, W. (2007). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses Catalytic Cracking. *Teknik*, 28(2), 83-92.
- Bustaman, S. (2017). Strategi pengembangan industri biodiesel berbasis kelapa di Maluku. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 28(2), 46-53.
- Dharmawan, H. A. (2017). *MIKROKONTROLER Konsep Dasar Dan Praktis*. Malang: UB press. Cet.1
- Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2020). The Use of MQ6 and Microcontroller of ATmega 2560 as a Leaks Detection Device of Liquid Petroleum Gas (LPG). *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3), 389-393.
- Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 16-21.
- Harahap, P., Oktrialdi, B., & Cholish, C. (2018). Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroller Atmega16. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 37
- Harahap, U., Pasaribu, F. I., & Suroso. (2018). Sistem Kontrol Buka Tutup Valve Pada Proses Pemanasan Air Jacket Control System Open Valve Caps on Jacket Water Heating Process. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 1(2), 60–71.
- Haryono, H., Rahayu, I., & Yulyati, Y. B. (2016). Biodiesel dari Minyak Goreng Sawit Bekas dengan Katalis Heterogen CaO: Studi Penentuan Rasio Mol Minyak/Metanol dan Waktu Reaksi Optimum. *Eksergi*, 13(1), 1-6.
- Hasan, F. H. (2017). Rancang Bangun Mppt Dengan Dc-Dc Buck Converter Pada Panel Surya Dengan Beban Pompa Air Dc.

- Hendra, D., Wibowo, S., & Wibisono, H. S. (2018). *Biodiesel Dari Beberapa Jenis Tanaman Hutan*. Bogor : IPB Press.
- Indra Darmawan, F. (2013). Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(01).
- Jaryadi, J. T. Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodieselmenggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Kurniawan, A. (2019). *Arduino Mega 2560 A Hands-On Guide For Beginner*. PE press
- Luqman, A. (2015). Aplikasi Motor DC-Shunt untuk Laboratory Shaker Menggunakan Metode PWM (Pulse Width Modulation) Berbasis Mikrokontroler ATmega 32. *Media Elektrikal*, 8(1).
- Mahfud. (2018). *BIODIESEL Perkembangan Bahan Baku & Teknologi*. Surabaya: CV. Putra Media Nusantara (PMN)
- Moeksin, R., Shofahaudy, M. Z., & Warsito, D. P. (2017). Pengaruh Rasio Metanol Dan Tegangan Arus Elektrolisis Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1), 39-47.
- Muslimin, M. I. (2019). *Rancang Bangun Alat Pretreatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Proses Pembuatan)*. (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Nidhom, A. M. (2019). *Komputer Terapan Jaringan Serta Pengaplikasiannya*. Malang: Ahlimedia Book.
- Nusyura, Fauzan, et al. (2015). Pengendalian Suhu Pada Prosesor Laptop Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 3(1).
- Nuva, N., Fauzi, A., Dharmawan, A. H., & Putri, E. I. K. (2019). Ekonomi politik energi terbarukan dan pengembangan wilayah: Persoalan pengembangan biodiesel di Indonesia.
- Pasaribu, F. I., & Yogen, S. (2019). Perancangan Prototype Troli Pengangkut Barang Otomatis Mengikuti Pergerakan Manusia. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 82–92.
- PRAMUDYA, G. J. (2019). *Rancang Bangun Alat Pretreatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Perawatan Dan Perbaikan)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45-54.
- Ratna, S. (2019). Air Mancur Otomatis Dengan Musik Berbasis Arduino. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 10(4), 179-185.

- Ripardi, M. (2014). *Rancang Bangun Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel (Proses Pembuatan)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Rüdinger, A. (2015). The French Energy Transition Law for Green Growth: At the limits of governance by objectives. *Institut du développement durable et des relations internationales, SciencesPo*.
- Santika, S., Nachrowie, N., Prasetya, D. A., & Hidayatulail, B. F. (2019). Mini Plant Sistem Pengendali Berat Limestone Pada Pltu Tanjung Jati B Unit# 3&4 Berbasis Plc Dan Arduino Mega 2560. *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*. 1(1), 12–18.
- Saputra, O. A., & Ramelan, U. (2018). Analisis Efektivitas Konvensi Pompa Air Model Motor Penggerak AC dengan Pompa Air Model Motor Penggerak DC. *Snast*, 2(September 2018), 415–422.
- Setiawan, D. (2017). Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System. *Jurnal Sains dan Teknologi Industri*, 15(1), 7-14.
- Setiawan, D., Boy, A. F., Hafidz, A., & Ishak, I. (2020). Implementasi teknik pwm pada rancang bangun alat deteksi kecepatan kendaraan berdasarkan perputaran roda berbasis mikrokontroller. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 19(1), 40-52.
- Siswani, E. D., dkk. 2012. Sistensis dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Berbagai Waktu dan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*
- Sudiyono, S., Suyanto, M., & Kristiyana, S. (2015). Rancang Bangun Sistem Kendali Driver Motor DC Magnet Permanen Dengan Metode Pwm Sebagai Penggerak Mobil Listrik Berbasis OP-AMP. *Jurnal Elektrikal*, 2(2), 62-69.
- Sugiyono, A. (2017). Pemanfaatan Bioenergi Menuju Ekonomi Berbasis Bio di Indonesia Pemanfaatan Bioenergi Menuju Ekonomi Berbasis Bio di Indonesia. *Seminar Nasional Integrasi Proses 2017, Oktober 2017*, 1–9.
- Sumadikarta, I., & Setiyawan, E. P. (2017). Rancang Bangun Prototype Kendali Pintu Gerbang Menggunakan Mikrokontroler Atmega 2560. *Prosiding Mei*.
- Syaddad, A.M, 2015, *Rancang Bangun Reaktor Biodiesel Kapasitas 30liter /Batch Berbahan Baku Minyak Jelantah (Waste Cooking Oil)*, Universitas Mercu Buana.
- Wahyuni, S. (2015). Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Pillar of Physics*, 6(2).
- Wijaya, I. W. A., dkk. 2014. Pemanfaatan Energi Surya Untuk Menggerakkan Pompa Motor DC Yang Dikontrol Mikrokontroller Atmega8535. *Seminar Dan Expo Teknik Elektro*.

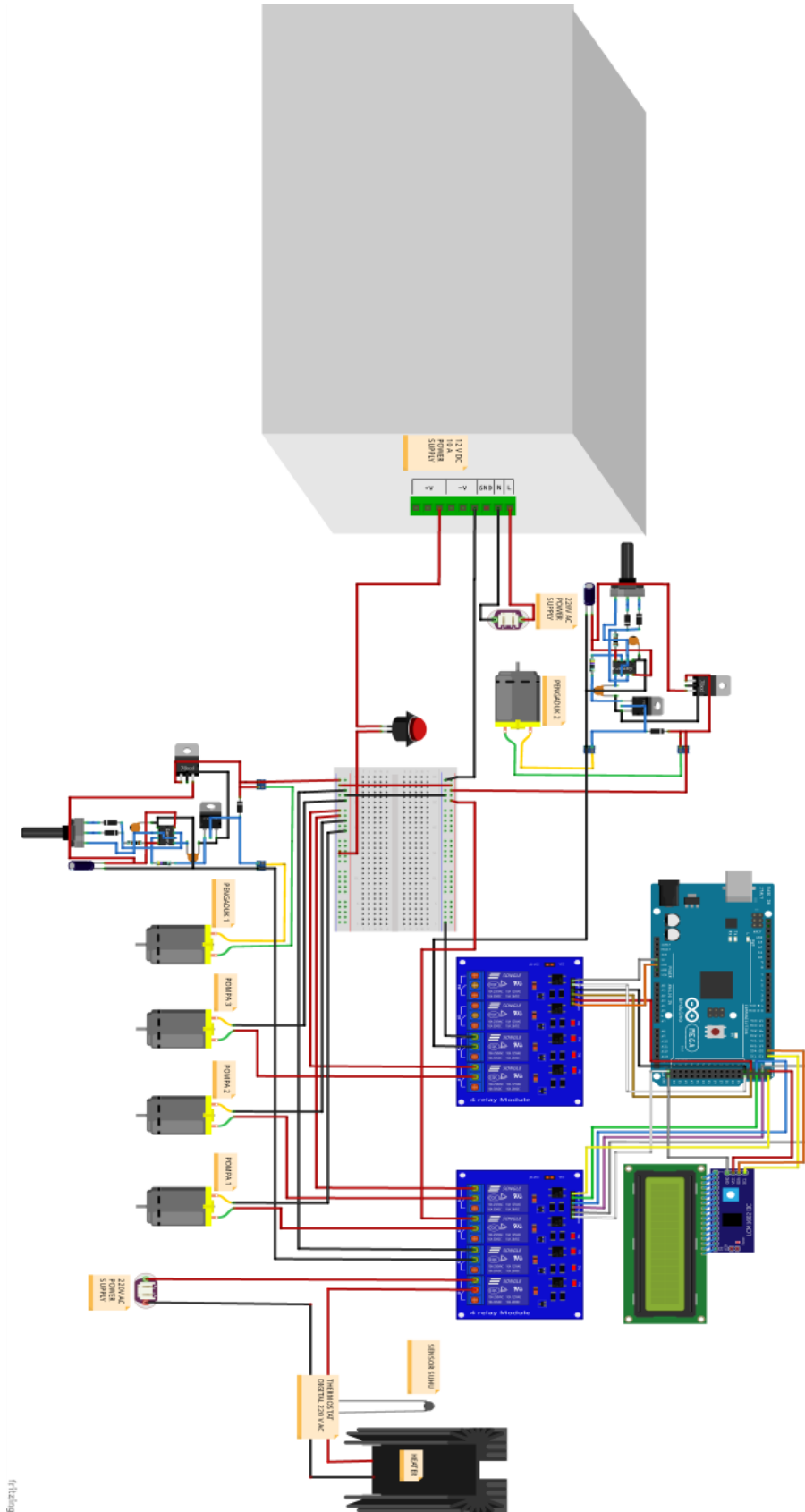
Yana, K. L., Dantes, K. R., & Wigraha, N. A. (2017). Rancang Bangun Mesin Pompa Air dengan Sistem Recharging. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(2).

Yudaningtyas, E. (2017). *Belajar Sistem Kontrol & Pembahasan*. Malang: UB Press. Cet.1

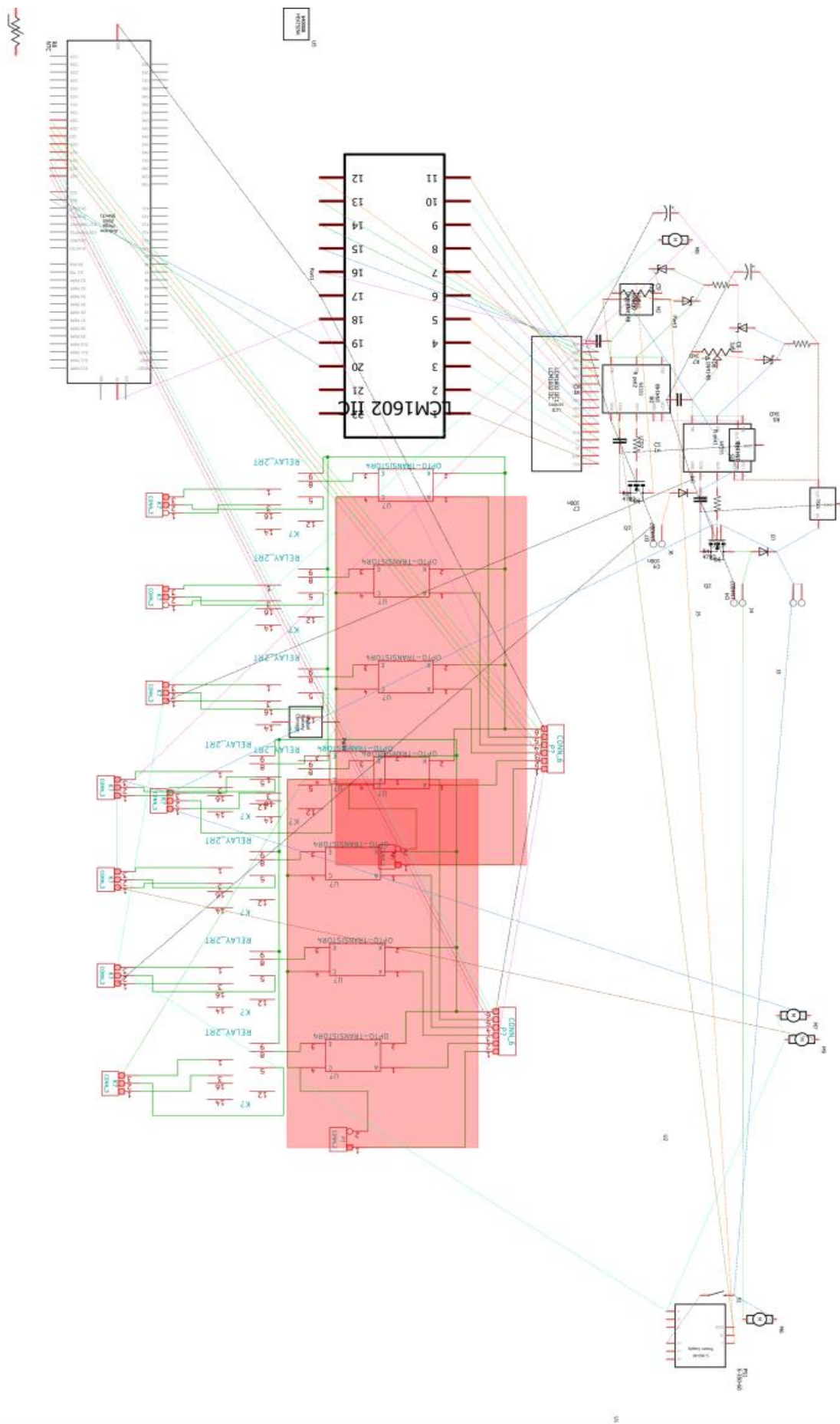
Sumber lainnya:

Teknikelektronika.com

LAMPIRAN



Fritzing



RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN MOTOR DC PADA ALAT PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH BERBASIS ARDUINO MEGA

Ari Pratono¹, Solly Aryza Lubis, S.T., M.Eng²

Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Kode Pos 20238

arypratono73@gmail.com

Penelitian ini merupakan rancang bangun alat pengontrolan motor DC pada alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega. Tujuan penelitian ini yaitu merancang dan membuat sebuah program alat pengontrolan motor DC agar alat produksi biodiesel dapat berjalan dengan otomatis. Berkembangnya teknologi yang semakin canggih dan modern seiring dengan kebutuhan manusia yang berbeda-beda kita dapat membuat sesuatu hal yang manual menjadi otomatis, sehingga akan mempermudah atau meringankan beban setiap pekerjaan. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik yang dimana arduino merupakan platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open-source hardware. Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian eksperimen yang dimana penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa motor DC yang telah diprogram ke dalam arduino mega akan berfungsi sebagai pengadukan proses pembuatan biodiesel dan pemindahan minyak dari tabung ke tabung secara otomatis.

Kata Kunci : Biodiesel, Mikrokontroler, Arduino Mega, Motor DC

I. PENDAHULUAN

Sumber energi utama yang digunakan diberbagai Negara didunia saat ini adalah energi fosil. Banyaknya penggunaan energi fosil menyebabkan semakin terancam keberadaannya dan harganya akan meningkan secara terus-menerus. Hal ini disebabkan karena energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui.

Penggunaan energi berbasis fosil suatu saat akan habis dan akan digantikan dengan energi terbarukan. Transisi dari penggunaan energi berbasis fosil menuju penggunaan energi terbarukan perlu dipersiapkan dan banyak tantangan yang harus dihadapi. Negara-negara maju, seperti Perancis sudah memulai transisi ini melalui kebijakan transisi energi yang disahkan dalam Undang Undang Transisi Energi pada tanggal 22 Juli 2015 (Rüdinger, 2015).

Target yang akan dicapai melalui kebijakan ini adalah mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 40% pada tahun 2030 dan 75% pada tahun 2050 terhadap tahun dasar 1990, meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan menurunkan kebutuhan sebesar 20% pada tahun 2030 dan 50% pada tahun 2050, serta melakukan diversifikasi penyediaan energi dengan mengurangi penggunaan energi nuklir dan

fosil dan mempercepat pemanfaatan energi terbarukan (Agus Sugiyono, 2017).

Dalam skala nasional, Indonesia masih menghadapi permasalahan energi yang relatif kompleks. Pemanfaatan bahan bakar minyak (BBM) sebagai jenis energi dominan yang dikonsumsi, lebih besarnya laju konsumsi BBM dibandingkan laju produksi, harga minyak bumi mentah yang fluktuatif, dan cadangan minyak bumi semakin berkurang merupakan permasalahan yang selalu melekat pada jenis energi fosil ini (BPPT, 2014). Sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap BBM, pemerintah Indonesia telah membuat kebijakan sebagai bagian dari salah satu paket kebijakan ekonomi, salah satunya adalah penerbitan Peraturan Menteri ESDM No. 20 Tahun 2014 (perubahan kedua Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008) tentang penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain (Haryono dkk, 2016).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak hewan atau minyak bekas melalui transesterifikasi dengan alkohol. Biodiesel dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar tanpa modifikasi ulang mesin diesel. Biodiesel dapat ditulis B20 yang berarti dalam bahan bakar tersebut terdapat kandungan biodiesel 20% dan minyak solar

80% (Siswanti dkk, 2012). Bahan baku biodiesel berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, oleh karena itu biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui (Rosdiana Moeksin dkk, 2017).

Jumlah produksi minyak jelantah di Indonesia yang telah mencapai 4 juta ton/tahun memerlukan penanganan yang baik agar tidak terjadi pencemaran lingkungan. Pembuangan minyak jelantah secara langsung (tanpa pengolahan) selain dapat mengganggu badan air juga dapat merusak struktur tanah karena menghambat pergerakan air pada pori-pori tanah. Teknologi terbaik yang dapat diterapkan adalah mengolah kembali minyak jelantah yang telah menjadi limbah sehingga

penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Joko Tri Jaryadi dkk (2018) dengan judul “*Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodiesel Menggunakan Arduino*” pada penelitiannya penulis menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengontrolnya yang dimana sumber energi utamanya berasal dari sinar matahari. Sinar matahari tersebut akan memanaskan *solar heater* yang sudah terhubung pada tabung air dan penelitian bertujuan untuk mempermudah produksi biodiesel skala mini dengan menerapkan semi otomatisasi dalam rancangannya.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan pengembangan penelitian terhadap prototype alat produksi biodiesel dengan menerapkan sistem otomatisasi, dimana penelitian ini terfokus pada rancangan alat pengontrolan motor DC dalam prototype alat produksi biodiesel dari minyak jelantah berbasis arduino mega. Pada penelitian ini yang ditekankan oleh penulis yaitu tentang sistem kontrolnya serta bagaimana cara kerja alat pada proses pengolahan biodiesel dari minyak jelantah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar diesel yang terbuat dari bahan hayati terutama lemak nabati dan lemak hewani. Minyak goreng bekas adalah salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas. Asam lemak dari minyak lemak nabati jika direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester yang merupakan

memberi manfaat bagi masyarakat (Hadrah dkk, 2018).

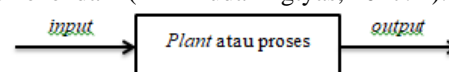
Berkembangnya teknologi yang semakin canggih dan modern seiring dengan kebutuhan manusia yang bervariasi kita dapat membuat sesuatu yang manual menjadi otomatis, sehingga akan mempermudah atau meringankan setiap pekerjaan. Dengan hal tersebut kita membutuhkan suatu alat berbasis mikrokontroler yang dapat diisi perintah program yang sesuai dengan kebutuhan berdasarkan nilai masukan (*input*) dan memprosesnya kemudian mengeluarkan hasil keluaran (*output*) berdasarkan perintah program yang telah tersimpan dalam memori IC (Partaonan Harahap dkk, 2018).

Berdasarkan

senyawa utama pembuatan biodiesel dan produk sampingan berupa gliserin yang juga bernilai ekonomis cukup tinggi. Gliserin ini dimanfaatkan untuk pembuatan sabun (Silvira Wahyuni dkk, 2015).

2.2 Sistem Kontrol

Menurut longman dictionary, sistem adalah sekelompok bagian atau komponen yang terhubung dan bekerja sama secara keseluruhan untuk tujuan tertentu. Sedangkan kontrol merupakan kemampuan untuk membuat sesuatu untuk melakukan atau mengerjakan sesuai dengan keinginan yang mengontrol. Sistem kontrol merupakan sebuah sistem yang memiliki hubungan satu sama lain antar komponen yang akan membentuk suatu konfigurasi sistem yang akan memberikan respon atau keluaran sistem yang diharapkan. Sistem kontrol dapat memberikan perintah, mengontrol sistemnya sendiri, atau sistem lainnya sehingga didapatkan keluaran sistem yang dikehendaki (Erni Yudaningsy, 2017: 2).



Gambar 2.1 Hubungan Sebab Akibat Sistem Kontrol

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler yaitu sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Ada perbedaan penting antara mikroprosesor dan mikrokontroler. Mikroprosesor merupakan CPU (*Central Processing Unit*) tanpa memori dan I/O pendukung sebuah

komputer, sedangkan mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas. Pada mikrokontroler perbandingan ROM dan RAM nya yang besar, artinya program kontrol disimpan dalam ROM (bisa *Masked ROM* atau *Flash PEROM*) yang ukurannya relatif lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan (Partaonan Harahap dkk, 2018).

2.4 Arduino

Arduino *board* merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (*software*) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. Arduino *board* akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya. Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk arduino *board*. Bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya. Karena menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya, bahasa pemrograman arduino memiliki banyak sekali kemiripan, walaupun beberapa hal telah berubah (Faisal Irsan Pasaribu dkk, 2018).

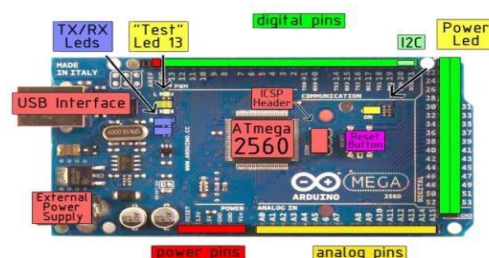
2.4.1 Arduino Mega 2560

Surya N Santika dkk (2019) menjelaskan bahwa, arduino mega 2560 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis arduino dengan menggunakan *chip* ATmega 2560. *Board* ini memiliki 54 pin I/O (15 pin diantaranya PWM), 16 pin *analog input*, 4 pin UART (serial *port hardware*). Arduino mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB, *power jack* DC, ICSP *header*, dan tombol *reset*.

Papan arduino mega 2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt saja. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt,

regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Vol saja (Jauhari Arifin dkk, 2016).

Dalam arduino mega 2560 ini berisi semua yang diperlukan guna mendukung mikrokontroler, cukup hanya dengan menghubungkan *board* arduino ke komputer atau laptop menggunakan kabel USB atau kabel listrik dengan sumber DC atau AC saja.



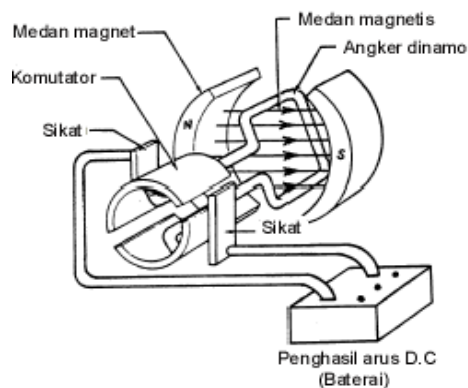
Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

2.5 Motor DC (Direct Current)

Menurut Faisal Irsan Pasaribu & Suthes Yogen (2019) menjelaskan bahwa motor DC (*Direct Current*) merupakan jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Motor DC atau motor arus searah sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung dan tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Motor DC (*Direct Current*) adalah salah satu perangkat kelas mesin listrik yang tenaga listrik arus searahnya diubah menjadi energi mekanik atau energi gerak yang berupa sebuah putaran. Jenis yang paling umum bergantung pada kekuatan yang dihasilkan oleh medan magnet. Hampir semua jenis motor DC memiliki beberapa mekanisme internal, baik elektromekanik atau elektronik, secara berkala mengubah arah arus aliran di bagian motor. Jenis ini kebanyakan menghasilkan gerakan berputar, linear motor langsung menghasilkan gaya dan gerak dalam garis lurus (Istiqomah Sumadikarta & Eko Pratama S, 2017). Arah putaran motor DC ditentukan oleh arus maju atau arus berbalik atau tegangan positif dan tegangan negatif pada motor DC. Sedangkan kecepatan motor DC ditentukan oleh perubahan atau meningkatnya tegangan kumparan pada motor DC tersebut (David

Setiawan, 2017). Motor DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*revolutions per minute*) dan dapat diputar sesuai arah jarum jam ataupun berlawanan arah jarum jam, apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalikkan (Dedi Setiawan dkk, 2020).



Gambar 2.3 Motor DC

2.5.1 Prinsip Kerja Motor DC

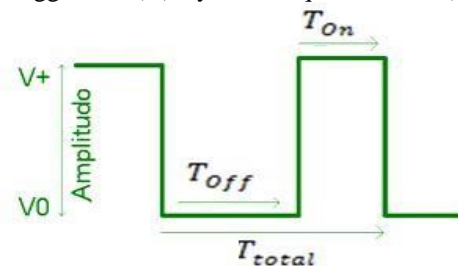
Fauzan Nusyura dkk (2015) menjelaskan bahwa prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorentz, yaitu membangkitkan fungsi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul GGL induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet.

Motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti (Dedi Setiawan dkk, 2020)

2.6 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar pulsa dalam suatu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal

asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%) (Royan & Luqman A, 2015).



Gambar 2.4 Bentuk PWM

Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan menurut Royan & Luqman A (2015) adalah sebagai berikut:

$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} V_{in}$$

Keterangan:

T_{off} : Waktu pulsa *off* / *low*

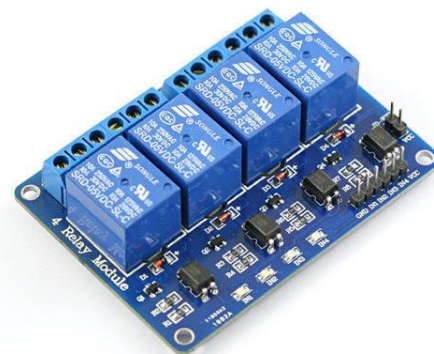
T_{on} : Waktu pulsa *on* / *high*

V_{out} : Tegangan keluaran

V_{in} : Tegangan masukan

2.7 Modul Relay 4 Channel

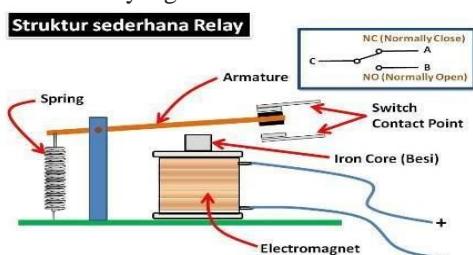
Modul relay 4 channel merupakan saklar (*switch*) yang dioperasikan menggunakan listrik dan merupakan komponen Electromechanical yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*coil*) dan Mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*), dan banyak digunakan diberbagai aplikasi yang menggunakan mikrokontroler serta menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 2.5 Modul Relay 4 Channel

2.7.1 Prinsip Kerja Relay

Iron core (besi) yang dililitkan oleh kumparan *coil* berfungsi untuk mengendalikan *iron core* tersebut. Ketika kumparan *coil* di berikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet sehingga akan menarik armature berpindah posisi yang awalnya *nc* (tertutup) ke posisi *no* (terbuka) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi *no*. Posisi armature yang tadinya dalam kondisi *close* akan menjadi *open* atau terhubung. Armature akan kembali keposisi *close* saat tidak dialiri listrik. *Coil* yang digunakan untuk menarik *contact point* ke posisi *close* umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Relay

2.8 Pompa Air

Menurut Wijaya dkk (2014) menjelaskan bahwa, pompa air merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair *incompressible* dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik suatu alat penggerak menjadi energi potensial yang berupa *head*, dengan demikian zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan *head* yang dimilikinya.

POMPA DC 12 VOLT



Gambar 2.7 Pompa Air

2.9 Dimmer

Dimmer adalah sebuah rangkaian komponen elektronika dari input sinyal AC

kemudian sinyal tersebut diproses menjadi sinyal AC phase maju dari pada sinyal AC inputan, yang menyebabkan penurunan daya (watt) bisa disimpulkan dimmer berguna menurunkan daya (watt) yang mengakibatkan lampu bisa redup ataupun mengurangi kecepatan pada motor listrik.



Gambar 2.8 Dimmer

2.10 Power Supply

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan catu daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* atau catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *power supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *electric power converter*.



Gambar 2.9 Power Supply 12 VDC

III. METODOLOGI PENELITIAN

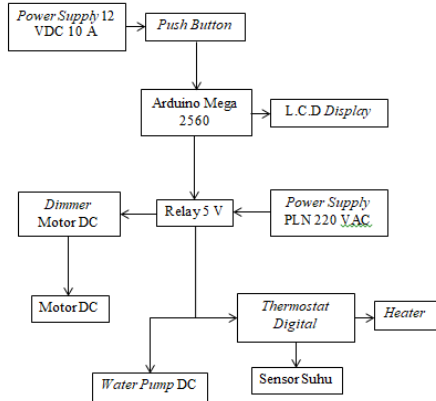
Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan rancangan alat penelitian. Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian eksperimen yang dimana penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang

ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti.

Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah yaitu pengujian untuk mengetahui cara perancangan alat, prinsip kerja sebuah alat dan keefektifan alat tersebut.

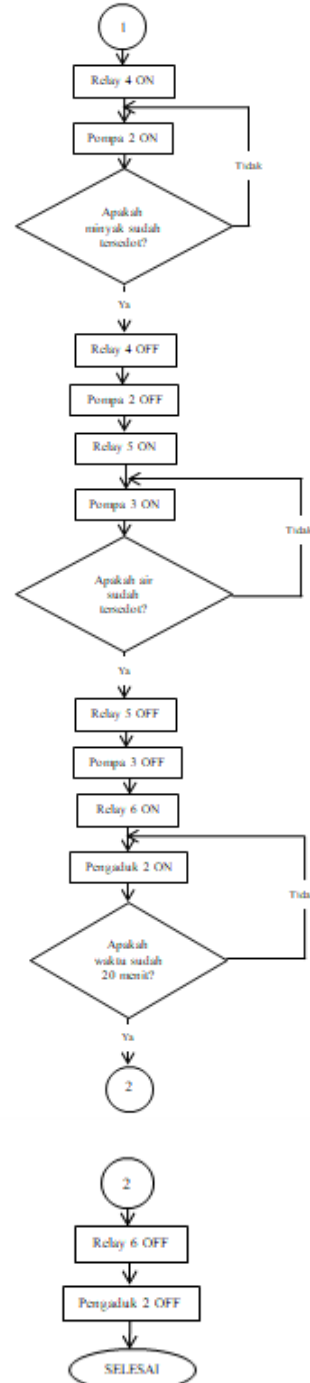
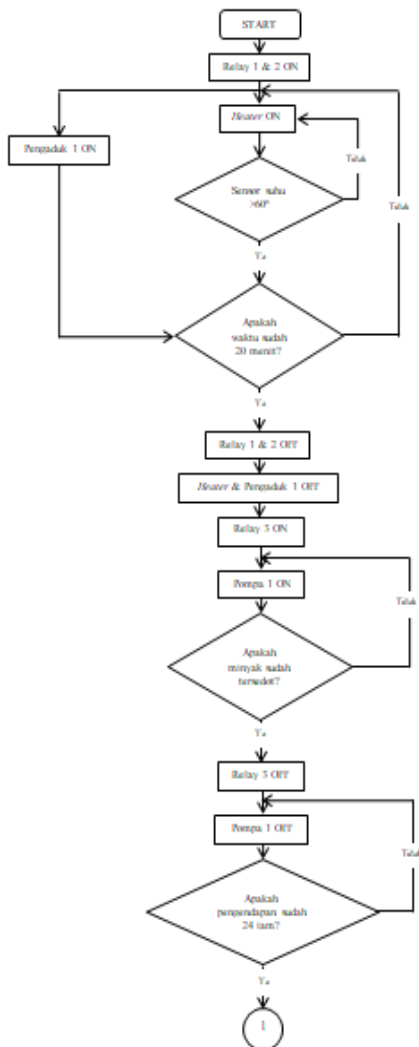
3.1 Rancangan Penelitian

Skema Rancangan Alat Pengontrolan Motor Dc pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega bisa digambarkan seperti dibawah ini.



Gambar 3.1 Skema Rancangan Alat Pengontrolan Motor Dc pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

Gambaran umum langkah-langkah alat bekerja dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.2

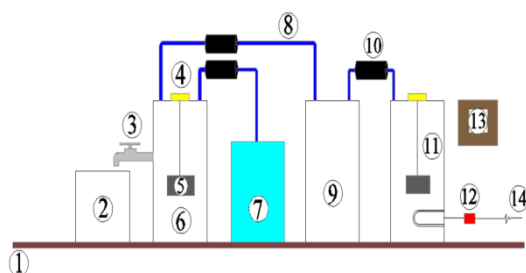


Gambar 3.2 diagram alir langkah-langkah alat bekerja

3.2 Gambar Rancangan Alat

Gambar rancangan alat pada penelitian Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi

Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 2.3 Gambar Rancangan Alat

Keterangan:

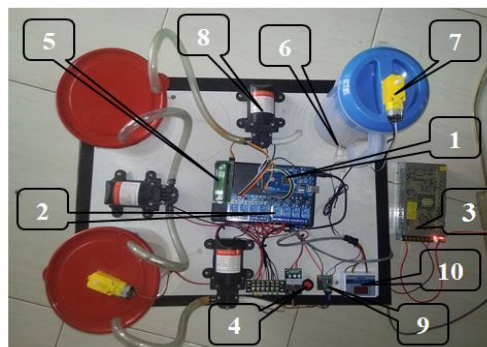
15. Lantai Dasar
16. Tangki Biodiesel
17. Keran
18. Motor DC/Pompa air
19. Pengaduk
20. Tangki Pencucian
21. Tabung Air
22. Selang
23. Tangki Pengendapan
24. Pompa Air DC
25. Tangki Transesterifikasi
26. Relay
27. Panel Kontrol
28. *Powes Suplay* PLN

IV. PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang Dalam bab ini membahas mengenai hasil uji coba sistem yang telah dirancang. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sebagaimana mestinya ataupun tidak, dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan serta dilakukan sesuai dengan perancangan serta pemrogramannya.

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Bentuk Keseluruhan Alat

Pada penelitian ini yaitu Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega ini terdiri dari berbagai rangkaian yang kemudian digabungkan menjadi satu rangkaian alat secara keseluruhan. Adapun komponen - komponen secara keseluruhannya adalah sebagai berikut:

11. Arduino Mega 2560
Arduino mega 2560 berfungsi sebagai otak atau inti dari Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah ini, dimana arduino mega ini sebagai pengontrol program dari komponen rangkaian LCD, relay, *heater* dan motor – motor agar bekerja sesuai program yang diinginkan.
12. Relay 5 Volt DC
Pada alat ini digunakan Relay 5 volt DC 4 channel yang berfungsi sebagai komponen saklar otomatis agar tegangan output dapat digunakan, komponen tersebut juga di program melalui arduino mega.
13. Power supply 12 Volt DC
Power Supply berfungsi sebagai pengubah dari tegangan listrik AC (Alternating Current) menjadi tegangan (Direct Current), karena komponen yang terdapat pada alat ini menggunakan tegangan DC, maka dari itu menggunakan sumber tegangan DC.
14. Push button
Push button berfungsi saklar manual sebagai pemutus atau penghubung tegangan dari sumber menuju komponen rangkaian
15. LCD display
LCD display berfungsi untuk menampilkan atau menunjukkan

proses yang sedang berjalan pada alat, dimana komponen tersebut di program di arduino.

16. Heater
Heater berfungsi sebagai pemanas minyak pada alat produksi biodiesel ini. Dimana waktu heater telah di program di arduino.
17. Motor DC
Motor DC berfungsi sebagai pengaduk minyak yang mana waktu pengadukannya telah di program di arduino.
18. Water pump DC
Water pump DC berfungsi untuk menyedot minyak atau mentransfer minyak dari tabung ke tabung, dimana waktu penyedotan telah di program di arduino.
19. Dimmer DC
Dimmer DC berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran pada pengaduk atau motor
20. Thermostat digital
Thermostat digital berfungsi untuk mendeteksi suhu panas pada saat pemanasan minyak.

4.2 Prinsip Kerja Alat Pengontrolan Motor DC Pada Alat Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

Setelah rancangan alat selesai, peneliti menjelaskan prinsip kerja Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega, maka prinsip kerjanya yaitu pada saat saklar ditekan ON maka tegangan dari *power supply* masuk ke arduino, selanjutnya arduino berfungsi sebagai pusat kontrol memerintahkan relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay yang dihubungkan ke dimmer atau pengatur kecepatan dan tegangan motor DC. Didalam dimmer sudah disesuaikan kecepatan putaran motor DC yang dibutuhkan, berdasarkan penelitian terdahulu kecepatan pengadukan mempengaruhi proses reaksi, yang mana telah ditentukan bahwa kecepatan pengadukannya adalah 150 Rpm. Maka motor DC disesuaikan kecepatannya menggunakan dimmer sekitar 150 Rpm, Motor DC yang berperan dalam alat produksi biodiesel dari minyak jelantah sebagai alat pengadukan. Setelah tegangan masuk melalui dimmer, motor DC akan berputar sebagaimana perannya sebagai pengaduk dan sudah disesuaikan dahulu

kecepatan putaran pengadukannya. Dimana waktu pengadukannya sudah di program dalam arduino sehingga motor DC akan berhenti otomatis ketika waktunya sudah selesai.

Begitu juga dengan pompa DC, dimana pompa DC ini bekerja ketika arduino memberi sinyal ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa DC, sehingga pompa akan menyala. Peran pompa DC ini pada alat produksi biodiesel adalah untuk menyedot minyak atau pemindahan minyak dari tabung ke tabung sesuai program yang telah dibuat dalam arduino. Untuk kecepatan pompa DC itu sendiri sudah tertera dalam spesifikasi yaitu kecepatan maksimalnya 3,5 liter/menit atau setara dengan 0,0583 liter/sekon.

4.3 Prinsip Kerja Alat Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega

Prinsip kerjanya yaitu pada saat saklar ditekan ON maka arus yang masuk dari power supply masuk ke arduino, selanjutnya arduino memerintahkan pada relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke dimmer pengaduk 1 dan pemanas, dimana tegangan pemanas yaitu 220 VAC. Dalam waktu yang bersamaan pengaduk 1 dan pemanas hidup untuk periode waktu yang telah ditentukan di arduino. Pada saat pemanas mencapai suhu maksimal yang telah ditentukan melalui thermometer, maka thermometer akan mengurangi daya yang masuk sehingga suhu pemanas akan turun, dan ketika pemanas suhunya turun menjauh dari batas yang ditentukan maka otomatis thermometer akan membuka jalur daya seluruhnya sehingga pemanas kembali memanaskan minyak mencapai suhu maksimalnya. Selama periode yang telah ditentukan di arduino pemanas dan pengaduk 1 akan tetap beroperasi. Fungsi relay untuk pemanas ini adalah sebagai pemutus otomatis tegangan ketika waktu pemanasan telah selesai, begitu juga dengan pengaduk 1.

Selanjutnya setelah proses pemanasan dan pengadukan minyak selesai, pompa 1 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa 1 untuk menyedot minyak yang sudah dipanaskan tadi ke tabung pengendapan sesuai waktu yang telah

diprogram dalam arduino. Selanjutnya tinggal menunggu waktu pengendapan selesai, waktu pengendapan telah di program dalam arduino selama 24 jam, setelah 24 jam maka pompa 2 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke pompa 2 untuk menyedot minyak yang sudah diendapkan selama 24 jam ke tabung pencucian. Setelah selesai proses pemindahan minyak yang sudah diendapkan ke tabung pencucian, pompa 3 akan ON atas perintah arduino yang dimana arduino memberi perintah ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke pompa 3 untuk menyedot air ke tabung pencucian.

Yang terakhir setelah proses penyedotan air selesai, maka pengaduk 2 akan ON atas perintah arduino melalui relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay ke dimmer pengaduk 2 sehingga pengaduk 2 ON. Periode beroperasinya pengaduk 2 sudah diprogram dalam arduino yang dimana arduino sebagai pusat kontrol semua komponen.

4.4 Pengujian Komponen Alat

Pengujian komponen alat pengontrolan motor DC ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat ini berfungsi dengan baik atau tidak, maka dari itu perlu dilakukan pengujian agar alat ini bisa beroperasi sebagaimana mestinya.

Tabel 4.1 pengujian komponen pompa pada alat

| NO | Jenis Komponen | Status |
|----|----------------|-----------|
| 1 | Pompa 1 | Berfungsi |
| 2 | Pompa 2 | Berfungsi |
| 3 | Pompa 3 | Berfungsi |

Tabel 4.2 pengujian komponen pengaduk pada alat

| NO | Jenis Komponen | Status | Kecepatanmaks (RPM) |
|----|----------------|-----------|---------------------|
| 1 | Pengaduk 1 | Berfungsi | 388,6 |
| 2 | Pengaduk 2 | Berfungsi | 399,6 |

Dari hasil pengujian diatas dapat diperoleh bahwa tiap-tiap komponen Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis

| NO | Jenis alat | Tegangan (V) (Volt) | Arus (I) (Ampere) | Daya (P) (Watt) |
|----|-----------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | Power supply DC | 11,97 | 0,48 | 5,7456 |
| 2 | Arduino | 11,96 | 0,46 | 5,5016 |
| 3 | Relay | 4,49 | 0,1127 | 0,5060 |
| 4 | LCD Display | 4,76 | 0,1539 | 0,7325 |
| 5 | Pengaduk 1 | 4,26 | 0,0838 | 0,3570 |
| 6 | Pengaduk 2 | 3,98 | 0,0507 | 0,2018 |
| 7 | Pompa 1 | 11,53 | 0,41 | 4,7273 |
| 8 | Pompa 2 | 11,44 | 0,46 | 5,2624 |
| 9 | Pompa 3 | 11,59 | 0,45 | 5,2155 |
| 10 | Heater AC | 220 | 0,455 | 100 |

Arduino Mega berfungsi sesuai dengan apa yg telah diiput di dalam program arduino mega.

4.5 Data Keluaran Penggunaan Daya

Data keluaran pada Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega diambil tujuannya untuk mengetahui tegangan, arus dan daya pada saat alat ini dioperasikan. Berikut dibawah ini merupakan tabel hasil pengukuran keluaran daya pada Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Rancang Bangun Alat Pengontrolan Motor DC pada Alat Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega mulai dari segi teori ataupun pengujian yang telah dilakukan oleh penulis, maka penulis telah menarik beberapa kesimpulan dari hasil perancangan ini, antara lain yaitu:

4. Sistem kontroler motor DC berada di dalam Arduino Mega, yang diprogram dengan bahasa C menggunakan perangkat lunak Arduino I.D.E Versi 8.9. Program kemudian diunggah pada board Arduino Mega. Program dibuat agar motor DC dapat berkerja atau beroperasi sesuai dengan tahapan proses pembuatan biodiesel.
5. Cara kerja sistemnya yaitu pada saat saklar ditekan ON maka tegangan dari *power supply* masuk ke arduino, selanjutnya arduino yang berfungsi sebagai pusat kontrol memerintahkan relay untuk membuka katub sehingga tegangan masuk melalui relay yang dihubungkan ke dimmer atau pengatur kecepatan dan tegangan motor DC. Didalam dimmer sudah disesuaikan kecepatan putaran motor DC yang dibutuhkan, berdasarkan penelitian terdahulu kecepatan pengadukan mempengaruhi proses reaksi, yang mana telah ditentukan bahwa kecepatan pengadukannya adalah 150 Rpm. Maka motor DC disesuaikan kecepatannya menggunakan dimmer sekitar 150 Rpm. Setelah tegangan masuk melalui dimmer, motor DC akan

berputar sebagaimana perannya sebagai pengaduk dan sudah disesuaikan dahulu kecepatan putaran pengadukannya. Dimana waktu pengadukannya sudah di program dalam arduino sehingga motor DC akan berhenti otomatis ketika waktunya sudah selesai. Begitu juga dengan pompa DC, dimana pompa DC ini bekerja ketika arduino memberi sinyal ke relay untuk membuka katub sehingga tegangan akan masuk melalui relay ke pompa DC, sehingga pompa akan menyala. Begitulah seterusnya sampai proses produksi selesai.

6. Pembuatan alat ini cukup menyediakan motor DC sebagai penggerakannya, dan arduino Mega sebagai pusat sistem kontrol keseluruhan alatnya. Dimana motor DC dihubungkan ke *power supply* DC dan ke relay yang sebagai katub pembuka atau penutup otomatis, karena relay telah terhubung oleh arduino mega, dan program telah diinput kedalam arduino mega dengan tahapan proses sesuai dengan tata cara pembuatan biodiesel dari minyak jelantah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan serta kesimpulan yang telah dikemukakan, berikut adalah beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan dan bahan pertimbangan untuk kesempurnaan alat :

4. Dikembangkan kembali sistem ini dari segi *power supply* menggunakan *solar cell* (energi matahari) untuk lebih menghemat listrik PLN.
5. Adanya penambahan sistem pembuangan gliserol (ampas pengendapan minyak) dan keran secara otomatis agar alat berjalan full otomatis.
6. Dikembangkan lagi pada penelitian selanjutnya dalam hal sistem kontrolnya yang dapat digunakan dengan metode pengontrolan menggunakan PLC (*Program Logic Controller*).

DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin, J., & Zulita, L. N. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino

- Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1).
2. Ayu Lestari, Try (2014) *Handwasher Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega16 (Hairdryer Pada Pengerian Tangan Dan Motor Dc Sebagai Keluaran Tisu)*. Other Thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Birdayansyah, R., Soedjarwanto, N., & Zebua, O. (2015). Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Electrician*, 9(2), 97-108.
4. Buchori, L., & Widayat, W. (2007). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses Catalytic Cracking. *Teknik*, 28(2), 83-92.
5. Bustaman, S. (2017). Strategi pengembangan industri biodiesel berbasis kelapa di Maluku. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 28(2), 46-53.
6. Dharmawan, H. A. (2017). *MIKROKONTROLER Konsep Dasar Dan Praktis*. Malang: UB press. Cet.1
7. Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2020). The Use of MQ6 and Microcontroller of ATmega 2560 as a Leaks Detection Device of Liquid Petroleum Gas (LPG). *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3), 389-393.
8. Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 16-21.
9. Harahap, P., Oktrialdi, B., & Cholish, C. (2018). Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroler Atmega16. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 37
10. Harahap, U., Pasaribu, F. I., & Suroso. (2018). Sistem Kontrol Buka Tutup Valve Pada Proses Pemanasan Air Jacket Control System Open Valve Caps on Jacket Water Heating Process. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 1(2), 60–71.
11. Haryono, H., Rahayu, I., & Yulyati, Y. B. (2016). Biodiesel dari Minyak Goreng Sawit Bekas dengan Katalis Heterogen CaO: Studi Penentuan Rasio Mol Minyak/Metanol dan Waktu Reaksi Optimum. *Eksergi*, 13(1), 1-6.
12. Hasan, F. H. (2017). Rancang Bangun Mppt Dengan Dc-Dc Buck Converter Pada Panel Surya Dengan Beban Pompa Air Dc.
13. Hendra, D., Wibowo, S., & Wibisono, H. S. (2018). *Biodiesel Dari Beberapa Jenis Tanaman Hutan*. Bogor : IPB Press.
14. Indra Darmawan, F. (2013). Proses Produksi

- Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(01).
15. Jaryadi, J. T. Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodieselmenggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
 16. Kurniawan, A. (2019). *Arduino Mega 2560 A Hands-On Guide For Beginner*. PE press
 17. Luqman, A. (2015). Aplikasi Motor DC-Shunt untuk Laboratory Shaker Menggunakan Metode PWM (Pulse Width Modulation) Berbasis Mikrokontroler ATmega 32. *Media Elektrikal*, 8(1).
 18. Mahfud. (2018). *BIODIESEL Perkembangan Bahan Baku & Teknologi*. Surabaya: CV. Putra Media Nusantara (PMN)
 19. Moeksin, R., Shofahaudy, M. Z., & Warsito, D. P. (2017). Pengaruh Rasio Metanol Dan Tegangan Arus Elektrolisis Terhadap Yield Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1), 39-47.
 20. Muslimin, M. I. (2019). *Rancang Bangun Alat Pretreatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Proses Pembuatan)*. (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
 21. Nidhom, A. M. (2019). *Komputer Terapan Jaringan Serta Pengaplikasiannya*. Malang: Ahlimedia Book.
 22. Nusyura, Fauzan, et al. (2015). Pengendalian Suhu Pada Prosesor Laptop Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 3(1).
 23. Nuva, N., Fauzi, A., Dharmawan, A. H., & Putri, E. I. K. (2019). Ekonomi politik energi terbarukan dan pengembangan wilayah: Persoalan pengembangan biodiesel di Indonesia.
 24. Pasaribu, F. I., & Yogen, S. (2019). Perancangan Prototype Trolis Pengangkut Barang Otomatis Mengikuti Pergerakan Manusia. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 82-92.
 25. PRAMUDYA, G. J. (2019). *Rancang Bangun Alat Pretreatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Perawatan Dan Perbaikan)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
 26. Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45-54.
 27. Ratna, S. (2019). Air Mancur Otomatis Dengan Musik Berbasis Arduino. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 10(4), 179-185.
 28. Ripardi, M. (2014). *Rancang Bangun Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel (Proses Pembuatan)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
 29. Rüdinger, A. (2015). The French Energy Transition Law for Green Growth: At the limits of governance by objectives. *Institut du développement durable et des relations internationales, SciencesPo*.
 30. Santika, S., Nachrowie, N., Prasetya, D. A., & Hidayatulail, B. F. (2019). Mini Plant Sistem Pengendali Berat Limestone Pada Pltu Tanjung Jati B Unit# 3&4 Berbasis Plc Dan Arduino Mega 2560. *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*. 1(1), 12-18.
 31. Saputra, O. A., & Ramelan, U. (2018). Analisis Efektivitas Konvensi Pompa Air Model Motor Penggerak AC dengan Pompa Air Model Motor Penggerak DC. *Snast*, 2(September 2018), 415-422.
 32. Setiawan, D. (2017). Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System. *Jurnal Sains dan Teknologi Industri*, 15(1), 7-14.
 33. Setiawan, D., Boy, A. F., Hafidz, A., & Ishak, I. (2020). Implementasi teknik pwm pada rancang bangun alat deteksi kecepatan kendaraan berdasarkan perputaran roda berbasis mikrokontroler. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 19(1), 40-52.
 34. Siswani, E. D., dkk. 2012. Sistensis dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Berbagai Waktu dan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*
 35. Sudiyono, S., Suyanto, M., & Kristiyana, S. (2015). Rancang Bangun Sistem Kendali Driver Motor DC Magnet Permanen Dengan Metode Pwm Sebagai Penggerak Mobil Listrik Berbasis OP-AMP. *Jurnal Elektrikal*, 2(2), 62-69.
 36. Sugiyono, A. (2017). Pemanfaatan Bioenergi Menuju Ekonomi Berbasis Bio di Indonesia Pemanfaatan Bioenergi Menuju Ekonomi Berbasis Bio di Indonesia. *Seminar Nasional Integrasi Proses 2017, Oktober 2017*, 1-9.
 37. Sumadikarta, I., & Setiyawan, E. P. (2017). Rancang Bangun Prototype Kendali Pintu Gerbang Menggunakan Mikrokontroler Atmega 2560. *Prosiding Mei*.
 38. Syaddad, A.M, 2015, *Rancang Bangun Reaktor Biodiesel Kapasitas 30liter /Batch Berbahan Baku Minyak Jelantah (Waste Cooking Oil)*, Universitas Mercu Buana.

39. Wahyuni, S. (2015). Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Pillar of Physics*, 6(2).
 40. Wijaya, I. W. A., dkk. 2014. Pemanfaatan Energi Surya Untuk Menggerakkan Pompa Motor DC Yang Dikontrol Mikrokontroler Atmega8535. *Seminar Dan Expo Teknik Elektro*.
 41. Yana, K. L., Dantes, K. R., & Wigraha, N. A. (2017). Rancang Bangun Mesin Pompa Air dengan Sistem Recharging. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(2).
 42. Yudaningsy, E. (2017). *Belajar Sistem Kontrol & Pembahasan*. Malang: UB Press. Cet.1
- Sumber lainnya:
Teknikelektronika.com

DAFTAR RIWAYAT HIDUP**DATA DIRI PESERTA**

Nama Lengkap : Ari Pratono
Panggilan : Ari
Tampat, Tanggal Lahir : Antara, 01 Maret 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat Sekarang : Jl. Perkasa No. 33 Medan Perjuangan
No Handphone/Whatsapp : 081318708915 / 081318708915
E-mail : *arypratono73@gmail.com*

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607220031
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Elektro
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

| No | Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|-----------|-----------------------------|---|------------------------|
| 1 | Sekolah Dasar | SDN 010207 Perkebunan Kwala Gunung | 2010 |
| 2 | Sekolah Menengah Pertama | SMP N 2 Talawi | 2013 |
| 3 | Sekolah Menengah Atas | MA Negeri Limapuluh | 2016 |
| 4 | Perguruan Tinggi / Strata 1 | Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | 2021 |



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
 Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
 DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 879/IL3AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Elektro Pada Tanggal 24 Juli 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : ARI PRATONO
 Npm : 1607220031
 Program Studi : Elektro
 Semester : VIII (Delapan)
 Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PADA PROTOTYPE
 PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASA LIMBAH KOTORAN HEWAN.

Pembimbing I : SOLLY ARIZA LUBIS ST. M. Eng

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Elektro
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
 Medan 03 Dzulhijjah 1441 H
 24 Juli 2020 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202

Cc. File



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
 Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Ari Pratono

NPM : 1607220031

Judul Tugas Akhir : "RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN MOTOR
 DC PADA ALAT PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK
 JELANTAH BERBASIS ARDUINO MEGA"

| No | Tanggal | Catatan | Paraf |
|----|-----------|----------------------------------|-------------|
| 1 | 3/8 2020 | Acejean tugas proposal | [Signature] |
| 2 | 11/8 2020 | Bab 1 tujuan dan rumusan masalah | [Signature] |
| 3 | 25/8 2020 | di skruen | [Signature] |
| 4 | 28/9 2020 | Ace bab1 dan summary proposal | [Signature] |
| 5 | 7/10 2020 | Ace summary proposal | [Signature] |
| 6 | 15/1 2021 | bab2 desk penelitian terdahulu | [Signature] |
| 7 | 15/1 2021 | Ace bab2 lampiran kdas | [Signature] |
| 8 | 30/1 2021 | Ace bab3 lampiran kds 4 | [Signature] |

Dosen Pembimbing

[Signature]
 Solly Azyza Lubis., S.T., M.Eng



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
 FAKULTAS TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
 Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Ari Pratono

NPM : 1607220031

Judul Tugas Akhir : "RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN MOTOR
 DC PADA ALAT PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK
 JELANTAH BERBASIS ARDUINO MEGA"

| No | Tanggal | Catatan | Paraf |
|----|----------------------|-----------------|-------|
| 9 | 20/3 ²⁰²¹ | Ace bab 4 | |
| 10 | 29/3 ²⁰²¹ | Ace bab 5 | |
| 11 | 29/3 ²⁰²¹ | Ace sumber hant | |
| 12 | 27/4 ²⁰²¹ | Ace sidang | |
| 13 | 5/6 ²⁰²¹ | Ace jilid | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Dosen Pembimbing

Solly Aryza Lubis, S.T., M.Eng