

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN PROSES PEMANASAN PRODUKSI BIODISEL DARI MINYAK JELANTAH BERBASIS ARDUINO MEGA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MIRZA QADAFI

1607220097



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Mirza Qadafi

NPM : 16072200

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Pengontrolan Proses Pemanasan
Produksi Biodisel 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, Mei 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Ir. Abdul Azis, MM

Dosen Pembimbing



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

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mirza Qadafi

Tempat / Tanggal Lahir : Takengon 6 Agustus 1997

NPM : 1607220097

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

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

“Rancang Bangun Alat Pengontrolan Proses Pemanasan 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, Juni 2021

Saya yang menyatakan,



Mirza Qadafi

KATA PENGANTAR

Asalamualaikum Wr. Wb.

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

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

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

Wasalamualaikum Wr. Wb.

Medan, 13 Oktober 2020

Penulis

Mirza Qadafi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematik Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.1.1 Pengertian Biodiesel	7
2.1.1.1 Proses Pembuatan Biodiesel.....	8
2.1.1.2 Keunggulan Penggunaan Biodiesel.....	10
2.1.1.3 Syarat Mutu Biodiesel	10
2.1.2 Minyak Jelantah	11
2.1.3 Macam-Macam Alat Penghasil Biodiesel yang Sudah Ada	13
2.1.4 Komparasi Alat Biodiesel yang Sudah Ada.....	14
2.1.5 Prinsip Kerja Alat Penghasil Biodiesel.....	16

2.2 Landasan Teori.....	17
2.2.1 Mikrokontroler.....	17
2.2.2 Arduino Mega	17
2.2.2.1 Daya (<i>Power</i>)	18
2.2.3 Software Arduino.....	19
2.2.4 Pemograman Arduino Berbasis Bahasa C	20
2.2.5 LCD.....	22
2.2.5.1 Pin 1 dan 2	23
2.2.5.2 Pin 3.....	23
2.2.5.3 Pin 4.....	24
2.2.5.4 Pin 5.....	24
2.2.5.5 Pin 6.....	24
2.2.5.6 Pin7-14.....	24
2.2.5.7 Pin 16.....	24
2.2.6 Sensor Suhu XH-W3001.....	24
2.2.7 Relay	26
2.2.7.1 Jenis-Jenis Relay.....	27
2.2.7.2 Modul Relay 2 Channel.....	29
2.2.7.3 Fungsi-fungsi dan Aplikasi Relay	30
2.2.8 Elemen Pemanas (<i>Heater</i>)	30
2.2.8.1 Jenis Utama dan Bentuk Elemen Pemanas.....	33
1.2.8.2 Jenis-Jenis Dari Elemen Pemanas	33
2.2.9 Perpindahan panas	37

2.2.9.1 Konduksi.....	37
2.2.9.2 Konveksi.....	39

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	40
3.2 Alat dan Bahan.....	40
3.2.1 Alat.....	40
3.2.2 Bahan	42
3.3 Rancangan Penelitian	42
3.3.1 Blok Diagram.....	42
3.3.2 Skematik Rangkain Sistem	42
3.4 Tahapan Penelitian	43
3.5 Flowchart Penelitian.....	44
3.6 Flowchart Sistem Keseluruhan Alat Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel.....	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasi Perancangan Pemanas dan LCD Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dengan Arduino Mege	47
4.2 Cara Kerja Alat Peroses Pemansan	52
4.3 Cara Menginput Setting Program Arduino Mega Pemanas Minyak Jelantah dan LCD pada Alat Pengolahan Biodiesel.....	52
4.4 Pengujian Arduino Mega	58
4.5 Pengujian Elemen Pemanas	58
4.6 Pengujian Sensor Suhu XH-W3001	58
4.7 Pengujian Proses Transesterifikasi.....	60

4.8 Pengujian Proses Pengendapan	60
--	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	63
----------------------	----

5.2 Saran.....	63
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Senyawa Alkil Ester (Biodiesel).....	9
Gambar 2.2 Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel.....	13
Gambar 2.3 Labu Pemanas dengan Metode Zeolite Cracking Catalyst.....	14
Gambar 2.4 Reaktor Biodiesel 30 Ltr dengan Minyak Jelantah.....	14
Gambar 2.5 Tampilan Fisik Arduino Mega	18
Gambar 2.6 Tampilan IDE Arduino	20
Gambar 2.7 Tampilan Fisik LCD 16x2	23
Gambar 2.8 Sensor Suhu X Waterproof.....	25
Gambar 2.9 Jenis-Jenis Relay.....	29
Gambar 2.10 Modul Relay 2 Channel	29
Gambar 2.11 Elemen Pemanas	31
Gambar 2.12 Coil Heater, <i>Infra Red Heater Silica, Ceramiks & Quartz Heater</i> 33	
Gambar 2.13 <i>Tubular Heater, Catridge Heater Band, Nozzle & Stripe Heater</i> .33	
Gambar 2.14 Bagian-Bagian Coil Pemanas	35
Gambar 2.15 <i>Tubular heater, finned heater, cast-in heater</i>	35
Gambar 2.16 Hubungan Antara Daya, Tegangan, Arus, Dan Resistansi.....	36
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.....	41
Gambar 3.2 Rangkaian Keseluruhan	42
Gambar 3.5 Flowchart Penelitian	44
Gambar 3.6 Flowchart Sistem Alat	46
Gambar 4.1.1 Pemanas dan Pengaduk	47
Gambar 4.1.2 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 1 menit	48

Gambar 4.1.3 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 2 menit	48
Gambar 4.1.4 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 3 menit	48
Gambar 4.1.5 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 4 menit	48
Gambar 4.1.6 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 5 menit	49
Gambar 4.1.7 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 6 menit	49
Gambar 4.1.8 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 7 menit	49
Gambar 4.1.12 Rellay 4 Channel.....	51
Gambar 4.1.13 Arduino Mega 2560	51
Gambar 4.1.14 LCD 16x2 I2C	52
Gambar 4.1.15 Alat Produksi Biodiesel.....	52
Gambar 4.3.1 Tampilan Program Arduino Untuk Pengontrolan Alat Pengolahan Biodiesel.....	54
Gambar 4.3.2 Konfirmasi dan Upload	58
Gambar 4.7.1 Timer Proses Transesterifikasi	60
Gambar 4.8.1 Timer Proses Pengendapan.....	60
Gambar 4.8.2 Fasa Atas Minyak Dan Fasa Bawah Geliserol	60
Gambar 4.8.3 Proses Pendiaman	61
Gambar 4.8.4 Fasa Biodiesel Dan Fasa Air	62
Gambar 4.8.5 Biodiesel	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel Menurut SNI 7182:2015.....	10
Tabel 2.2 Kandungan Senyawa Biodiesel.....	12
Tabel 2.3 Perbandingan Berbagai Macam Alat Biodiesel.....	15
Tabel 2.4. Tabel Deskripsi Arduino Mega 2560.....	18
Tabel 4.1 Tabel Pengujian.....	49
Tabel 4.2 Tabel Pengujian Tahana Elemen Pemanas.....	50
Tabel 4.3 Menguji Berapa Lama Waktu Yang Diperlukan Elemen Pemanas Untuk Memanaskan Minyak Jelantah Mencapai 60°C.....	59
Tabel 4.4 Data Suhu dan Tegangan.....	59

ABSTRAK

Minyak bumi merupakan sumber energi fosil yang dimanfaatkan sebagai bahan baku kilang dalam negeri dan untuk diekspor sebagai sumber devisa, namun berkurangnya jumlah produksi minyak bumi Indonesia harus mengimpornya dari negara lain. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi solar adalah menggunakan biodiesel. Minyak jelantah merupakan limbah yang sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel. Terkait dengan penjelasan di atas, untuk itu dirancanglah sebuah prototipe alat pengolahan biodiesel dalam skala mini dengan menerapkan semi otomatisasi dalam proses pengolahan tersebut dengan menggunakan arduino mega, elemen pemanas dan LCD proses pemanas. Pengolahan biodiesel ini terdapat tiga proses yaitu proses pada tangki transesterifikasi yang di panaskan menggunakan elemen pemanas, prsoes tangki pendingin dan tangki pemisah yang berkerja secara otomastis. Metode penelitian ini dilakukan dengan merancang elemen pemanas berfungsi sebagai pemanas minyak jelantah yang nantinya akan di campur dengan bahan-bahan lain pada suhu 50-60°C dan LCD untuk menampilkan proses kerja alat menggunakan sistem pemograman arduino. Selanjutnya LCD menampilkan proses kerja alat pemanas selama 7 menit, dimana elemen pemanas telah diset untuk memanaskan minyak pada temperature 50-60°C yang di lihat selama 1 menit sekali untuk menggamati tempratur pada minyak.

Kata Kunci : Elemen Pemanas dan LCD Proses Pemanas, Arduino Mega

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia dengan beragam jenis kebutuhannya mengakibatkan kebutuhan akan energi semakin meningkat. Sementara persediaan energi khususnya energi yang tidak dapat diperbaharui semakin berkurang kuantitasnya. Minyak bumi merupakan sumber energi fosil yang dimanfaatkan sebagai bahan baku kilang dalam negeri dan untuk diekspor sebagai sumber devisa. Hasil kilang Bahan Bakar Minyak (BBM) yang antara lain terdiri atas premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada sektor pembangkit listrik, transportasi, industri dan rumah tangga [1].

Indonesia masih menghadapi berbagai persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi sampai saat ini. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi, dalam pemenuhan konsumsi energi di dalam negeri masih tinggi. Kebijakan subsidi yang mengakibatkan harga energi menjadi murah dan masyarakat cenderung boros dalam menggunakan energi, menyebabkan tingginya konsumsi energi fosil. Di sisi lain, penurunan cadangan energi fosil Indonesia yang terus terjadi dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru. Infrastruktur energi yang tersedia masih terbatas sehingga membatasi akses masyarakat terhadap energi. Hal ini menyebabkan Indonesia rentan terhadap gangguan yang terjadi di pasar energi global karena sebagian dari konsumsi energi terutama produk minyak bumi, dipenuhi dari impor [2]. Salah satu jenis produk minyak bumi adalah solar. Solar merupakan bahan bakar yang tergolong paling banyak digunakan karena kebanyakan alat transportasi, alat pertanian, penggerak generator listrik dan peralatan berat lainnya menggunakan solar sebagai sumber energi. Berkurangnya jumlah produksi solar menyebabkan Indonesia harus mengimpornya dari negara lain. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi solar adalah menggunakan biodiesel [3].

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar solar alternatif yang diproduksi dari minyak nabati dan lemak hewani yang mengandung trigliserida dihasilkan melalui proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan alkohol seperti

metanol dan etanol [4]. Selain itu, minyak nabati yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak goreng jelantah. Bahan ini dinilai lebih ekonomis dan berdayaguna [5].

Minyak jelantah merupakan limbah yang sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel. Minyak jelantah merupakan limbah yang mengandung senyawa-senyawa karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan sehingga jika dipakai secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha pemanfaatan minyak goreng bekas tersebut. salah satunya mengubah minyak jelantah tersebut menjadi biodiesel [6].

Terkait dengan penjelasan di atas, maka latar belakang dari penelitian ini merupakan faktor yang sangat penting bagi peneliti. Dimasa ini teknologi yang semakin banyak digunakan untuk mempermudah dalam proses pengolahan diindustri rata-rata menggunakan teknologi termasuk untuk pengolahan biodisel. Kelebihan dari pegolahan biodisel menggunakan teknologi yaitu untuk mempermudah dalam pengolahanya. Namun, pengolahan biodisel pada umumnya masih dalam bentuk alat skala besar dan menggunakan sistem alat manual. Untuk itu dirancanglah sebuah prototipe alat pengolahan biodiesel dalam skala mini dengan menerapkan semi otomatisasi dalam proses pengolahan tersebut dengan menggunakan Arduino mega. Pengolahan biodisel ini terdapat tiga proses yaitu proses pada tangki transesterfikasi yang di panaskan menggunakan *heater*, prsoes tangki pendingin dan tangki pemisah [7].

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem pemanasan minyak jelantah berbasis arduino mega dengan sensor suhu yang ditetapkan?
2. Bagaimana merancang sistem daur ulang minyak jelantah berbasis arduino mega dengan bahan berupa methanol dan NaOH menjadi biodiesel yang dipanaskan pada temperature 60°C dengan kecepatan pengadukan konstan. Reaksi dilakukan sekitar 30 – 60 menit?
3. Berapa lama waktu yang diperlukan elemen pemanas untuk memanaskan minyak jelantah sampai suhu 60°C?

4. Bagaimana cara kerja LCD 16x2 I2C untuk menampilkan proses kerja alat produksi minyak jelantah yang dipanaskan?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak menjadi pembahasan yang meluas atau menyimpang, maka perlu kiranya ruang lingkup masalah yaitu sebagai berikut:

1. Pada perancangan alat penelitian ini memanfaatkan elemen pemanas dan sensor suhu untuk mengontrol suhu yang dipanaskan.
2. Penelitian ini untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan pada saat memanaskan minyak jelantah menggunakan elemen pemanas.
3. Perancangan alat LCD 16x2 I2C untuk menampilkan proses kerja pada alat produksi minyak jelantah.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kinerja penggunaan sensor suhu pada pemanas minyak jelantah.
2. Mengetahui reaksi proses pemurnian minyak jelantah yang dicampurkan dengan methanol dan NaOH menjadi biodiesel.
3. Mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan elemen pemanas untuk memanaskan minyak sampai suhu 60°C.
4. Mengetahui kinerja penggunaan alat LCD 16x2 untuk menampilkan proses kerja alat.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk mengurangi limbah minyak jelantah. Dan dirancang teknologi baru berupa alat otomatis berbasis arduino mega yang dapat mendaur ulang minyak goreng bekas / minyak jelantah menjadi produk akhir berupa biodiesel yang digunakan untuk bahan bakar. (sumber energy alternative yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menyalakan kompor sumbu tradisional, membakar kertas, kayu, bahkan dapat digunakan untuk pengganti bahan bakar mesin diesel yang ramah lingkungan).

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diurakan secara singkat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam perancangan tempat samapah pintar ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalamnya.

BAB V PENUTUP

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

BAB II

TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Menurut [8] menjelaskan Sistem pengolahan daur ulang minyak goreng bekas menjadi minyak goreng jernih dan biodiesel dilakukan secara otomatis menggunakan Arduino Mega berbasis *Algoritma Fuzzy Logic* dengan menggunakan software program arduino yang mirip dengan bahasa pemrograman C (arduino). Prosentase keakuratan hasil uji coba dari penelitian ini sebesar 90%. Untuk sistem daur ulang penjernihan minyak, pengendapan selama 24 jam menghasilkan penurunan kadar peroksida dan FFA sesuai standar SNI yaitu 1.25 dan 0.1119. Sedangkan untuk system daur ulang minyak jelantah menjadi biodiesel, pengendapan selama 24 jam menghasilkan biodiesel yang dapat menjadi bahan bakar untuk mesin diesel.

Kadar asam lemak bebas yang tinggi pada minyak jelantah memerlukan pretreatment (esterifikasi) dalam proses pembuatan biodiesel. Dalam penelitian ini reaksi transesterifikasi dilakukan dengan katalis ZnO yang disintesis dari ZnCO₃. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu reaksi dan variasi jumlah katalis terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan. Setelah esterifikasi kadar asam lemak bebas dalam minyak dapat diturunkan dari 6,09% menjadi 1,02%. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 60 °C. Rasio mol minyak dan metanol adalah 1:18; Jumlah katalis ZnO adalah 0,5%, 0,6% dan 0,7%; waktu reaksi adalah 50, 75, dan 100 menit [9].

Dalam penggunaan Biodisel Menurut [10] emisi gas buang lebih rendah. Dengan menentukan campuran yang optimal untuk kinerja terbaik sekaligus menghasilkan emisi yang lebih sedikit dibandingkan dengan CDF; dan juga untuk menyelidiki pola nyala api dari campuran tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran Biodiesel B5 berkinerja lebih baik pada campuran stoikiometri dan bahwa semua emisi campuran Biodiesel lebih rendah daripada CDF.

Dari analisa bahan baku yang sudah didapat 6 jenis bahan baku yang diperoleh sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia yaitu minyak jelantah, kelapa sawit, kelapa, alga, jarak pagar dan karet. Besar potensi produksi minyak

biodiesel dari 6 jenis bahan baku biodiesel termasuk jarak pagar 557842 ribu barel minyak biodiesel. Disusul dengan kelapa sawit 438876, alga 258867 ribu barel, kelapa 238455 ribu barel, minyak jelantah 45515 ribu barel, dan karet 3989,7 ribu barel. Dengan adanya suplemen biodiesel, Indonesia akan dapat mengatasi krisis energi sampai pada tahun 2101. alga 258867 ribu barel, kelapa 238455 ribu barel, minyak jelantah 45515 ribu barel, dan karet 3989,7 ribu barel. Dengan adanya suplemen biodiesel, Indonesia akan dapat mengatasi krisis energi sampai pada tahun 2101. alga 258867 ribu barel, kelapa 238455 ribu barel, minyak jelantah 45515 ribu barel, dan karet 3989,7 ribu barel. Dengan adanya suplemen biodiesel, Indonesia akan dapat mengatasi krisis energi sampai pada tahun 2101 [11].

Biodiesel yang telah terbentuk dicuci dengan prosentase pemberian magnesium silicate 0,5%, 1% dan 1,5%. Proses produksi biodiesel ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Fakultas teknik UNESA. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa prosentase pemberian magnesium silicate sebanyak 1% adalah yang terbaik untuk karakteristik biodiesel dari minyak jelantah hasil pencucian Dry-Wash. Hal ini dibuktikan dengan nilai flash point yang tinggi yaitu 145 °C, nilai pour point yang rendah yaitu 2 °C, water content sebanyak 0,15%, heating value sebesar 17.697 Btu/lb, densitas yaitu 0,9025 g/cm³, Viskositas yaitu 13,24 cSt dan kadar FFA sebanyak 0,12%. Hasil dari pengujian karakteristik dari sampel biodiesel di 3 tempat yaitu di PT. Pertamina Lab.Production Unit Surabaya, Lab. Kimia FMIPAITS Surabaya dan Lab. Kimia Analitik FMIPAUNESA Surabaya telah menyimpulkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah dengan metode pencucian Dry-Wash sistem dalam penelitian ini belum dapat digunakan sebagai dasar pembuatan biodiesel dalam skala yang lebih besar karena belum terpenuhi nya semua standar karakteristik biodiesel berdasarkan SNI [12].

Proses pemanasan biofuel menurut [13] berdasarkan suhu yang diubah dapat pengaruh temperatur dan berat katalis CaO terhadap yield, dan selektivitas produk biofuel yang dihasilkan. Suhu reaksi yang digunakan sebesar (300, 350, 400, 450) °C dengan berat katalis (2, 3, 4 dan 5) gram. Penelitian ini dilakukan

dengan proses perengkahan katalitik dalam sebuah reaktor fixed bed dan akan dianalisa komposisinya menggunakan GC- MS. Berdasarkan analisa dapat diketahui bahwa yield tertinggi sebesar 27,59% pada suhu reaksi 400°C dengan berat katalis 4 gram. Selektivitas tertinggi adalah biodiesel sebesar 84,72% pada suhu 400°C dengan berat katalis 4 gram.

2.1.1 Pengertian Biodiesel

Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun bekas penggorengan dan melalui proses *transesterifikasi*, *esterifikasi*, atau proses *esterifikasi-transesterifikasi*. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk motor diesel [14]. 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. Biodiesel dapat pula dihasilkan dari minyak jelantah atau minyak sisa penggorengan [15].

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang dianggap mampu menjawab permasalahan kelangkaan bahan bakar minyak. Biodiesel dapat disintesis dari minyak nabati melalui reaksi transesterifikasi. Sumber minyak nabati yang potensial adalah mikroalga yang memiliki produktifitas minyak yang lebih tinggi per satuan luas lahan yang digunakan jika dibandingkan dengan tanaman darat. Mikroalga jenis *Chlorella* sp diketahui mengandung komponen lipid cukup tinggi yaitu sebesar 14-22% [16]. Oleh karena itu biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui. Secara umum, biodiesel dibuat dari reaksi transesterifikasi, yakni reaksi alkohol dengan trigliserida membentuk metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Dalam pembuatan biodiesel ini digunakan bahan baku minyak jelantah [17].

Biodiesel merupakan suatu nama dari *Alkyl Ester* atau rantai panjang asam lemak yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan. Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin yang menggunakan diesel sebagai bahan bakarnya tanpa memerlukan modifikasi mesin. Biodiesel tidak mengandung

petroleum diesel atau solar. Dimana senyawa *mono alkil ester* yang diproduksi melalui reaksi *transesterifikasi* antara *trigliserida* (minyak nabati, seperti minyak sawit, minyak jarak dan lain-lain) dengan *metanol* menjadi metil *ester* dan *gliserol* dengan bantuan katalis basa. Biodiesel mempunyai rantai karbon antara 12 sampai 20 serta mengandung oksigen. Adanya oksigen pada biodiesel membedakannya dengan petroleum diesel (solar) yang komponen utamanya hanya terdiri dari hidro karbon. Jadi komposisi biodiesel dan petroleum diesel sangat berbeda [18].

2.1.1.1 Proses Pembuatan Biodiesel

Dalam penentuan proses pembuatan biodiesel kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid, FFA*) merupakan faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel. Dengan menggunakan proses *esterifikasi* untuk menurunkan kandungan FFA dalam minyak goreng bekas. Produk esterifikasi selanjutnya dilakukan transesterifikasi [19].

A. Esterifikasi

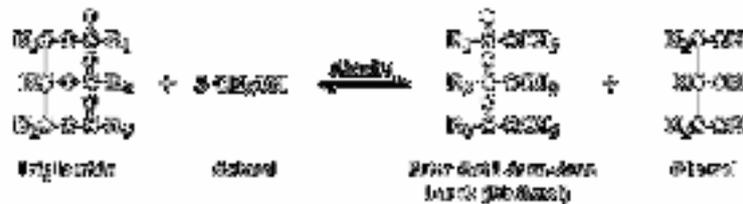
Esterifikasi adalah reaksi antara methanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis–katalis yang cocok adalah zat berkarakter kuat, karena itu zat seperti asam sulfat, asam *sulfonat* organik atau resin penukar kation asam merupakan katalis – katalis yang biasa 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 [20].

B. Transesterifikasi

Menurut [19] proses *tansesterifikasi* padatan KOH sebanyak 0.46 gram dilarutkan dalam 12.5 mL metanol kemudian dicampurkan dalam 50 mL minyak goreng bekas hasil *pretreatment* (setelah dilakukan adsorpsi) yang telah dipanaskan hingga suhu 60°C. Laju pengadukan diatur sebesar 1000 rpm. Reaksi dibiarkan selama 60 menit dan suhunya dijaga konstan. Hasil reaksi dimasukkan ke dalam

corong pemisah, kemudian dibiarkan selama 12 jam sampai terjadi pemisahan yang sempurna. Lapisan atas menunjukkan biodiesel dan lapisan bawah menunjukkan crude gliserol. Setelah reaksi berhenti pencampuran didiamkan hingga terjadi pemisahan antara metil ester dan gliserol. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini sering disebut sebagai crude biodiesel, karena metil ester yang dihasilkan mengandung zat pengotor seperti sisa metanol, sisa katalis, gliserol dan sabun. *Metil ester* yang dihasilkan pada tahap ini dicuci menggunakan air hangat untuk memisahkan zat – zat pengotor dan kemudian dilanjutkan dengan drying atau pengeringan untuk menguapkan air yang terkandung didalam biodiesel.

Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester adalah:



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Senyawa *Alkil Ester* (Biodiesel)

Sumber: Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018)

Menurut [22]. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses transesterifikasi pada proses produksi biodiesel yaitu:

1. *Homogenisasi* reaksi (pencampuran)
2. Rasio molar
3. Pengaruh jenis *alcohol*
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

2.1.1.2 Keunggulan Penggunaan Biodiesel

Menurut [23]. Kelebihan utama penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mesin diesel petroleum, diantaranya adalah:

1. Merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat dibiodegradasi
2. Mempunyai bilangan setana yang tinggi.
3. Mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx.
4. Terdapat dalam fase cair.

Bahan bakar diesel dikehendaki relative mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan percikan api busi) jika disemprotkan ke dalam udara panas bertekanan. Tolak ukur dari sifat ini adalah bilangan cetana, yang didefinisikan sebagai % volume n-cetana di dalam bahan bakar yang berupa campuran n-cetana ($n-C_{16}H_{34}$) dan α -metil naftalena ($\alpha-CH_3-C_{10}H_7$) serta berkualitas pembakaran di dalam mesin diesel standar n-cetana (suatu hidrokarbon berantai lurus) sangat mudah terbakar sendiri dan diberi nilai bilangan cetana 100, sedangkan α -metil naftalena (suatu hidrokarbon aromatik bercincin ganda) sangat sukar terbakar dan diberi nilai bilangan cetana nol.

2.1.1.3 Syarat Mutu Biodiesel

Rincian syarat mutu biodiesel tertera pada Tabel. 1 berikut ini

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel Menurut SNI 7182:2015

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
7	Residu karbon		0,05

	- dalam percontoh asli; atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g- I ₂ /100 g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau Periode induksi metode petro oksidasi	menit	480 36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

Sumber: BSN (2015)

2.1.2 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya, minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga. Namun perlu diperhatikan, bahwa minyak goreng yang telah digunakan lebih dari 3 kali, dapat membahayakan kesehatan tubuh, karena meningkatnya kadar peroksida dan FFA akibat penggunaan pada suhu tinggi, dapat menyebabkan timbulnya penyakit berbahaya, seperti kolesterol, jantung coroner bahkan dapat memicu penyakit kanker [25]. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan, kegunaan

lain dari minyak jelantah adalah bahan bakar biodiesel [20]. Minyak goreng yang telah digunakan berulang-ulang saat penggorengan selanjutnya menjadi minyak jelantah yang berwarna kecoklatan. Sebenarnya minyak goreng bekas tersebut masih dapat dimanfaatkan kembali setelah dilakukan proses pemurnian ulang (*reprocessing*) maka alternatif lainnya adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku industry non pangan seperti sabun lunak, lilin dan bahan bakar mesin disel [26].

Penggunaan minyak nabati berulang kali sangat membahayakan kesehatan. Hal ini dikarenakan selain semakin banyaknya kotoran yang terkandung dalam minyak goreng akibat penggorengan bahan makanan sebelumnya dan semakin banyaknya senyawa – senyawa asam karboksilat bebas di dalam minyak serta warna minyak goreng yang semakin tidak jernih jika dipakai berulang kali. Minyak jelantah dapat dijadikan bahan baku biodiesel karena merupakan minyak nabati turunan dari CPO (*crude palm oil*). Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan reaksi transesterifikasi seperti pembuatan biodiesel pada umumnya dengan melakukan *pretreatment* yang dilakukan guna menurunkan bilangan asam pada minyak jelantah. Tahapan perlakuan tersebut yaitu, pertama pemurnian dari kotoran sisa penggorengan dan *water content*. Kedua, *esterifikasi* dari asam lemak bebas (*free fatty acid*) yang terdapat dalam minyak jelantah. Ketiga, transesterifikasi molekul trigliserida ke dalam bentuk metil ester dan keempat, pemisahan dan pemurnian [27].

Berikut kandungan senyawa Biodiesel pada table. 2

Tabel 2.2 Kandungan Senyawa Biodiesel

Puncak	Waktu Retensi	% Senyawa	Senyawa
1	17,070	0,56	<i>Metil ester tridekanot</i>
2	19,368	39,93	<i>Metil ester heksadekanot</i>
3	20,850	0,15	<i>Olealdhid</i>
4	21,163	51,29	<i>Metil ester 9-oktadecanoat</i>
5	21,236	4,58	<i>Metil ester oktadecanoat</i>
6	22,925	3,31	<i>Metil ester risinoleat</i>

7	23,137	0,18	<i>Metil ester eikosanoat</i>
---	--------	------	-------------------------------

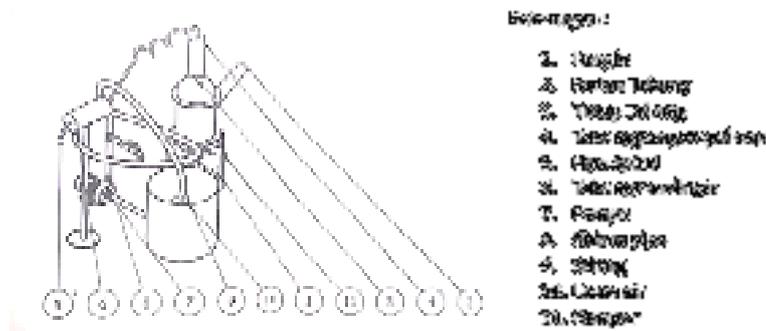
Sumber: Evy Setiawati, Fatmir Edwar (2012)

2.1.3 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 pembuat 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.

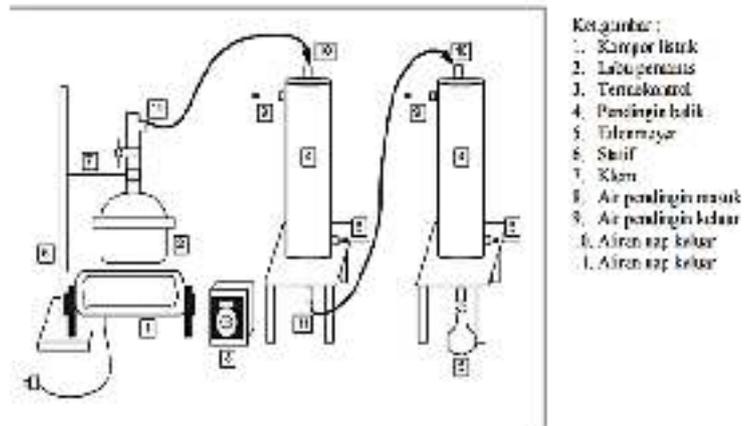


Gambar 2.2 Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel

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 memutusrantai hidrokarbon dari molekul yang besar ke molekul yang lebih kecil.

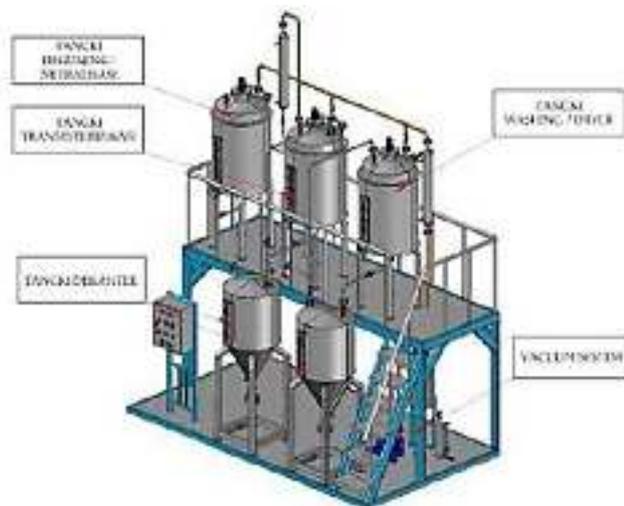


Gambar 2.3 Labu Pemanas dengan Metode Zeolite Cracking Catalyst

Sumber: Luqman Buchori dan Widayat (2007)

3. Reaktor Biodiesel Kapasitas 30liter 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.

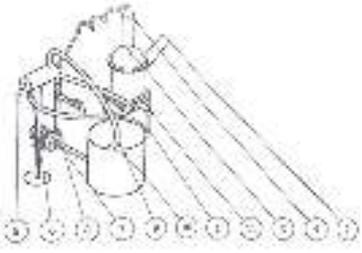
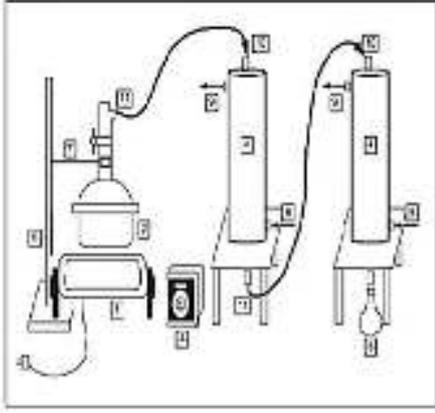


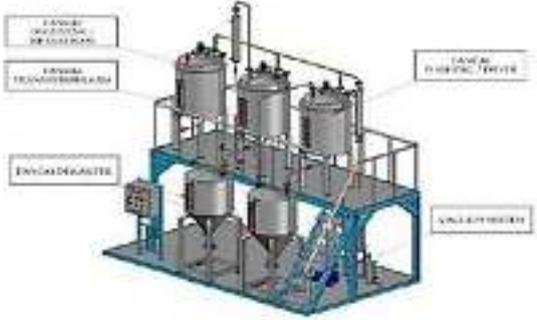
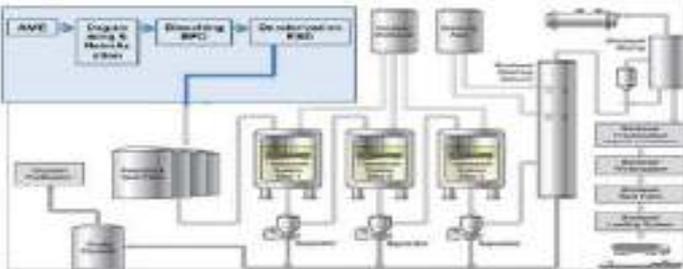
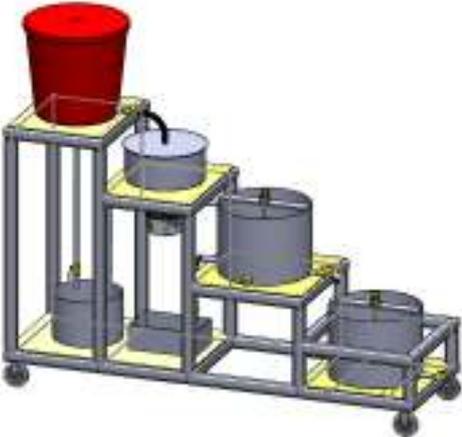
Gambar 2.4 Reaktor Biodiesel 30 Ltr dengan Minyak Jelantah

Sumber: Luqman Buchori dan Widayat (2007)

2.1.4 Komparasi Alat Biodiesel yang Sudah Ada

Tabel 2.3 Perbandingan Berbagai Macam Alat Biodiesel

	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. Rangkaian 2. Motor listrik 3. Tabung pemanas 4. Tabung pendingin 5. Pengalir 6. Tabung pemisah 7. Manometer 8. Pompa minyak 9. Silang 10. Tabung 11. Gelas
	Diagram Alir	Minyak di rebus-air menguap-pipa-menuju tabung pendingin-drum.	
2	Luqman Buchori, Widayat (2007)	Cara Kerja	Cracking adalah suatu cara untuk memecah rantaimolekul 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 menghasilkan campuran hidrokarbon yang lebih kecil.
	Model dan Desain	 <p>Keterangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Korpor listrik 2. Labu pemeras 3. Termometer 4. Pendingin balik 5. Efisiensi 6. Strai 7. Kera 8. Air pendingin rumah 9. Air pendingin labu 10. Air cucup labu 11. Air cucup labu 	
	Diagram Alir	Preparasi Katalis zeolite – Aktifasi dengan H ₂ SO ₄ – Katalis dikeringkan – Rebus minyak dengan Zeolite – Kondensasi di tampung di tabung.	

	Judul Dan Penulis	Komparasi	Penjelasan/info/gambar
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 Cooking Oil)	Model dan Desain	
		Diagram Alir	
4	Galih JP, M Ilham M, Pipo I. (2019)	Cara Kerja	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.
	Rancang Bangun Alat Pretreatment Penghasil Biodiesel dari Minyak Jelantah	Model dan Desain	
		Diagram Alir	Minyak Jelantah ditampung didalam ember - Di filter dalam centrifuge memisahkan kandungan air dan minyak – Masuk kedalam tangki pencampuran katalis – Pencucian – Hasil

Sumber: Muhammad Ilham M, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019

2.1.5 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% [27].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Mikrokontroler

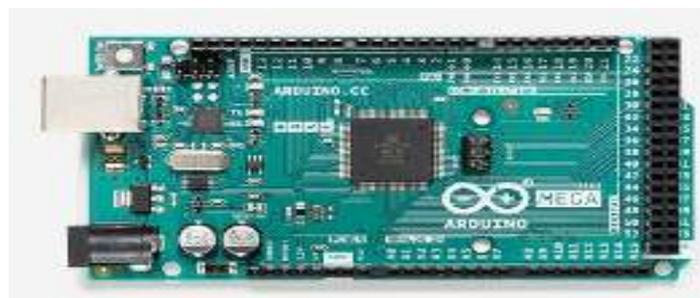
Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah *chip*. Dimana chip ini dapat digunakan sebagai pengontrol utama sistem elektronika, misalnya sistem pengukur suhu digital (*thermometer digital*), sistem keamanan rumah, sistem kendali mesin industri, robot penjinak bom, dan lain-lain. Hal ini dikarenakan didalam chip tersebut sudah ada unit pemroses, memori ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Random Access Memory*), I/O, dan fasilitas pendukung lainnya. Mikrokontroler dapat diprogram untuk melakukan penghitungan, menerima input dan menghasilkan output. Mikrokontroler mengandung pemrograman Input-Output [32].

Menurut [33]. Mikrokontroler merupakan suatu keping IC dimana terdapat mikroprosesor dan memori program ROM (*Read Only Memory*) serta memori serba guna RAM (*Random Acces Memory*) bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan. Penggunaan mikrokontroler dalam bidang kontrol sangat luas dan populer.

2.2.2 Arduino Mega

Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan [34].

Menurut [32]. Arduino Mega USB *Microcontroller* (ATMEGA 2560) adalah suatu mikrokontroler pada ATMEGA 2560 yang mempunyai 54 input/ output digital yang mana 16 pin digunakan sebagai PWM keluaran, 16 masukan analog, dan di dalamnya terdapat 16 MHZ osilator kristal, USB koneksi, power, ICSP, dan tombol reset. Kinerja arduino ini memerlukan dukungan mikrokontroler dengan menghubungkannya pada suatu computer dengan USB kabel untuk menghidupkannya menggunakan arus AC atau DC dan bisa juga dengan menggunakan baterai.



Gambar 2.5 Tampilan Fisik Arduino Mega

Sumber: Imran Oktariawan (2013)

Deskripsi Arduino Mega 2560

Tabel 2.4. Tabel Deskripsi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega 2560
Tegangan Operasi	5V
Tegangan masuk (disarankan)	7-12V
Tegangan masuk (batas)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (15 PWM)
PWM Digital I/O	15 Pin
Analog Input Pins	16 Pin
Arus DC tiap pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
<i>Memori Flash</i>	256 KB
SRAM	8 KB (ATmega 2560)
EPROM	4 KB (ATmega 2560)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Sumber: Imran Oktariawan (2013)

2.2.2.1 Daya (*Power*)

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power*nya diseleksi secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack* adaptor pada koneksi port input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt. Penjelasan pada pin power adalah sebagai berikut:

A. **Vin**

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.

B. **5V**

Regulasi *power supply* digunakan untuk *power* mikrokontroler dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada *board*, atau *supply* oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

C. **3V3**

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di *board*. Arus maksimumnya adalah 50mA.

D. **Pin Ground**

Berfungsi sebagai jalur ground pada Arduino.

E. **Memori**

ATmega2560 memiliki 256 KB *flash* memori untuk menyimpan kode, juga 8 KB yang digunakan untuk *bootloader*. ATmega2560 memiliki 8 KB untuk SRAM dan 4 KB untuk *EEPROM*.

2.2.3 Software Arduino

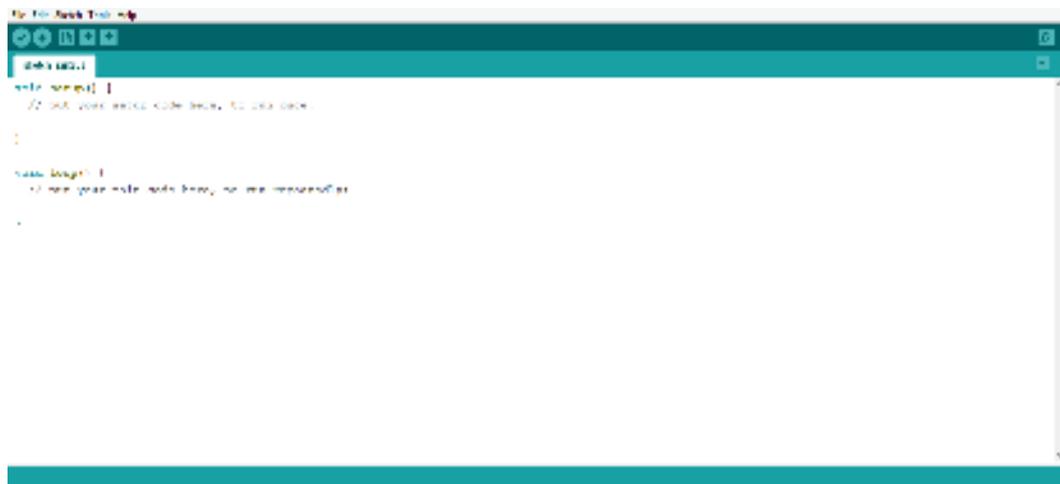
Arduino Mega dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino. Pada ATmega328 di Arduino terdapat *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk

meng-upload kode baru untuk itu tanpa menggunakan programmer *hardware eksternal*.

IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

1. Editor program, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami Bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
3. Uploader, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino.

Sebuah kode program Arduino umumnya disebut dengan istilah sketch. Kata “sketch” digunakan secara bergantian dengan “kode program” dimana keduanya memiliki arti yang sama



Gambar 2.6 Tampilan IDE Arduino.

2.2.4 Pemrograman Arduino Berbasis Bahasa C

Seperti yang telah dijelaskan diatas program Arduino sendiri menggunakan bahasa C. walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian,

sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

1. Bahasa C merupakan bahasa yang *powerful* dan *fleksibel* yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.
2. Bahasa C merupakan bahasa yang portabel sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.
3. Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programer berpengalaman sehingga kemungkinan besar library pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.
4. Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (function) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.
5. Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (*middle level language*) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.
6. Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama main (). Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Oleh karena itu bahasa C merupakan bahasa prosedural yang menerapkan konsep runtutan (program dieksekusi per baris dari atas ke bawah secara berurutan), maka apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut dibawah fungsi utama, maka kita harus menuliskan bagian prototipe (*prototype*), hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada kompilator daftar fungsi yang akan

digunakan di dalam program. Namun apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka kita tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian prototipe diatas [35].

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal file header, biasa ditulis dengan ekstensi h(*.h), adalah file bantuan yang yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal, file header ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk prosesinput/output adalah <stdio.h>. Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila kita menggunakan file header yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda,<“ dan „>“ (misalnya <stdio.h>). Namun apabila menggunakan file header yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda “dan” (misalnya “cobaheader.h”). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila kita menggunakan tanda < >, maka file tersebut dianggap berada pada direktori deefault yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda “”, maka file header dapat kita dapat tentukan sendiri lokasinya.

File header yang akan kita gunakan harus kita daftarkan dengan menggunakan directive#include. Directive #include ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang kita buat akan menggunakan file-file yang didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive #include.

```
#include<stdio.h>
```

```
#include<stdlib.h>
```

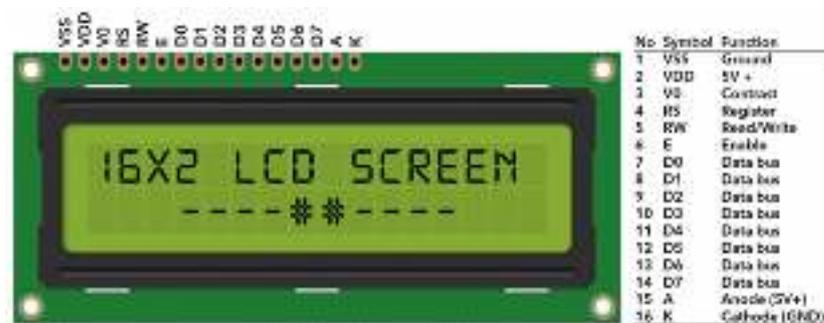
```
#include” myheader.h”
```

Setiap kita akan menggunakan fungsi tertentu yang disimpan dalam sebuah file header, maka kita juga harus mendaftarkan file headernya dengan menggunakan directive #include. Sebagai contoh, kita akan menggunakan fungsi getch () dalam program, maka kita harus mendaftarkan file header<conio.h>.

2.2.5 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (*pixel*) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya [36].

Menurut [37], LCD adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD terbuat dari lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan idium oksida dalam bentuk tampilan seven segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Display LCD 16x2 berfungsi sebagai penampil karakter yang input melalui keypad. LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD Karakter 16x2, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut:



Gambar 2.7 Tampilan Fisik LCD 16x2.

Penjelasan secara umum mengenai Pin LCD ini adalah sebagai berikut:

2.2.5.1 Pin 1 dan 2

Merupakan sambungan catu daya, Vss dan Vdd. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0V atau ground.

2.2.5.2 Pin 3

Merupakan pin kontrol Vee, yang digunakan untuk mengatur kontras display. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bisa dirubah untuk

memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras display sesuai dengan kebutuhan, pin ini dapat dihubungkan dengan variable resistor sebagai pengatur kontras.

2.2.5.3 Pin 4

Merupakan Register Select (RS), masukan yang pertama dari tiga command control input. Dengan membuat RS menjadi high, data karakter dapat ditransfer dari dan menuju modulnya.

2.2.5.4 Pin 5

Read/Write (R/W), untuk memfungsikan sebagai perintah write maka R/W *low* atau menulis karakter ke modul. R/W *high* untuk membaca data karakter atau informasi status dari register-nya.

2.2.5.5 Pin 6

Enable (E), input ini digunakan untuk transfer aktual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke display, data ditransfer hanya pada perpindahan high atau low. Tetapi ketika membaca dari display, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari low ke high dan tetap tersedia hingga sinyal low lagi.

2.2.5.6 Pin7-14

Pin 7 sampai 14 adalah delapan jalur data/data bus (D0 sampai D7) dimana data dapat ditransfer ke dan dari display.

2.2.5.7 Pin 16

Pin 16 dihubungkan kedalam tegangan 5 Volt untuk memberi tegangan dan menghidupkan lampu latar/Back Light LCD.

2.2.6 Sensor Suhu XH-W3001

XH-W3001 adalah sensor suhu digital Sensor ini mampu membaca suhu dengan akurasi Pengontrolan +/- 0.1°C, rentang -50°C hingga 110°C dengan akurasi Pengukuran: +/- 0.2 C. Setiap sensor yang diproduksi memiliki type Probe/Sensor NTC 10K (kabel 1 meter *waterproof*) ukuran 60 x 45 x 30 mm dengan

sumber tegangan 220VAC dan arus max 10A . patokan dari banyak proyek-proyek data logging dan kontrol berbasis temperatur di luar sana.



Gambar 2.8 Sensor suhu XH-W3001

Menurut [38]. Sensor suhu XH-W3001 adalah sensor suhu yang memiliki keluaran digital. XH-W3001 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu $0,1^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu -50°C sampai $+110^{\circ}\text{C}$. Sensor suhu pada umumnya membutuhkan ADC dan beberapa pin port pada mikrokontroler, namun XH-W3001 ini tidak membutuhkan ADC agar dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler dan hanya membutuhkan 1 wire saja.

Sebagai acuan dan informasi pendukung, sensor ini memiliki fitur utama sebagai berikut:

1. Antarmuka hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (menggunakan protokol *Unique 1-Wire*)
2. Kemampuan multidrop yang menyederhanakan aplikasi penginderaan suhu terdistribusi
3. Tidak memerlukan komponen tambahan
4. Bisa mengukur temperatur mulai dari -50°C hingga $+110^{\circ}\text{C}$
5. Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu.

2.2.7 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan prinsip plektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi [39]. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

Cara kerja relay adalah apabila kita memberi tegangan pada kaki 1 dan kaki ground pada kaki 2 relay maka secara otomatis posisi kaki CO (*Change Over*) pada relay akan berpindah dari kaki NC (*Normally close*) ke kaki NO (*Normally Open*). Relay juga dapat disebut komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup.

Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 VoltDC). Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.

2.2.7.1 Jenis-Jenis Relay

Kontak Poin (*Contact Point*) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selaluberada di posisi OPEN (terbuka).

Arti *Pole* dan *Throw* pada Relay

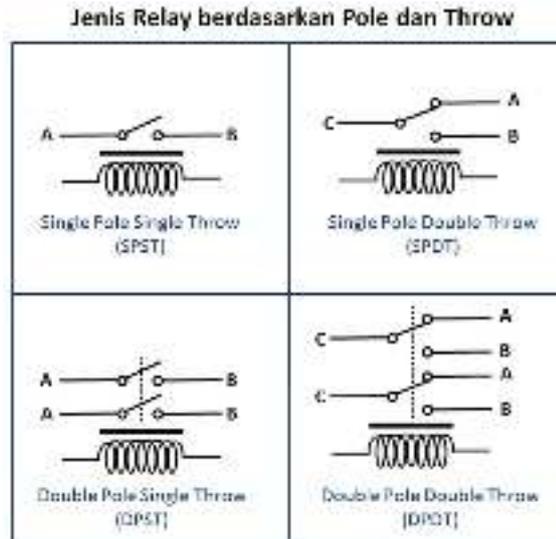
Karena relay merupakan salah satu jenis dari saklar, maka istilah *Pole* dan *Throw* yang dipakai dalam saklar juga berlaku pada relay. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai istilah *Pole and Throw*:

1. *Pole*: Banyaknya kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah relay.
2. *Throw*: Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah kontak (*Contact*).

Berdasarkan penggolongan jumlah *Pole* dan *Throw* nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi:

1. *Single Pole Single Throw* (SPST): Relay golongan ini memiliki 4 terminal 2 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
2. *Single Pole Double Throw* (SPDT): Relay golongan ini memiliki 5 terminal 3 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
3. *Double Pole Single Throw* (DPST): Relay golongan ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang terminal saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*. Relay DPST dapat dijadikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 *coil*.
4. *Double Pole Double Throw* (DPDT): Relay golongan ini memiliki terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 terminal yang merupakan 2 pasang relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) *coil*. Sedangkan 2 terminal lain nya untuk *coil*.

Selain golongan relay diatas, terdapat juga relay-relay yang *pole* dan *throw* nya melebihi dari 2 (dua). Misalnya 3PDT (*Triple Pole Double Throw*) ataupun 4PDT (*Four Pole Double Throw*) dan lain sebagainya. Untuk lebih jelas mengenai penggolongan relay berdasarkan jumlah *pole* dan *throw*, silakan lihat gambar dibawah ini:



Gambar 2.9 Jenis-Jenis Relay

2.2.7.2 Modul Relay 2 Channel



Gambar 2.10 Modul Relay 2 Channel

Produk ini merupakan relay 5V dengan 2 channel output. Dapat digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat listrik yang memerlukan tegangan dan arus yang besar. Kompatibel dengan semua mikrokontroler (Khususnya arduino, 8051, 8535, AVR, PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic) maupun *Raspberry Pi*.

Relay 2 *channel* ini memerlukan arus sebesar sekurang-kurangnya 15-20mA untuk mengontrol masing-masing channel. Disertai dengan relay highcurrent sehingga dapat menghubungkan perangkat dengan AC250V 10A. Jika anda menggunakan mikrokontroler dengan tegangan kerja 3.3V, anda tetap dapat menggunakan relay 2 channel ini dengan cara:

1. Lepas jumper JD-VCC
2. Hubungkan JD-VCC dengan *external power 5V* lainnya.

Spesifikas:

1. Input relay 5V DC.
2. Maksimum *load* 250VAC/10A 30VDC/10A
3. dilengkapi dengan *optocoupler isolation* untuk melindungi *board microcontroller* dari tegangan AC
4. Memiliki LED indikator.
5. Menggunakan terminal block sehingga pemasangan kabel menjadi mudah
6. Output keluaran 2 channel maksimal 10A
7. Ukuran relay 51 x 41 mm

2.2.7.3 Fungsi-fungsi dan Aplikasi Relay

Beberapa fungsi relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan elektronika diantaranya adalah:

1. Relay digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*Logic Function*).
2. Relay digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*).
3. Relay digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah.
4. Ada juga relay yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*Short*).

2.2.8 Elemen Pemanas (*Heater*)

Elemen pemanas merupakan sebuah komponen yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi panas. Elemen pemanas ini menghasilkan panas dari proses resistensi yang terjadi pada logam bertahanan tinggi [39]. Menurut Thor Hegbom (1997) dalam bukunya menyebutkan bahwa logam elemen pemanas terbagi dua macam yaitu campuran Fe-Cr-Al dan campuran Ni-Cr. Campuran Ni-Cr disebut

juga *nichrome* atau *nickel chromium* dengan komposisi 80% *nickel* dan 20% *chromium*, logam inilah yang paling banyak ditemui pada elemen pemanas karena efisiensinya yang lebih besar [40].

Terdapat berbagai macam jenis elemen pemanas, salah satunya ialah elemen pemanas *Heater Band* dan *Heater Nozzle*. Menurut Irvan Okatama (2016) dalam jurnalnya. Jenis *heater* tabung yang banyak digunakan di mesin plastik dan sejenisnya. *Band heater* berbentuk seperti tabung dengan fungsi pemanasan memanaskan silinder dengan dimensi tertentu. Ukuran bisa menyesuaikan dengan silinder yang akan dipanaskan [41]. Jaket air atau air jaket adalah proses pemanasan air dalam suhu normal yang berasal dari air pam, dimana air tersebut dipanaskan di dalam bak air, kemudian air di dalam bak tersebut dipanaskan oleh steam uap. Fungsi dari air jaket adalah untuk memanaskan minyak melalui jalur pipa yang dilapisi casing, bertujuan agar minyak tidak mengalami pembekuan [49].

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja

Elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen [42].

Persyaratan elemen pemanas antara lain:

1. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
2. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.
4. Tahanan jenisnya harus tinggi.
5. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.



Gambar 2.11 Elemen Pemanas

Hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan elemen pemanas:

1. *Maximum element surface temperature* (MET)
2. *Maximum Power/Surface Loading*
3. area radiasi permukaan elemen, dinyatakan dalam ($Watt/cm^2$)

MET, adalah suhu yang dicapai saat bahan elemen mulai mengalami perubahan bentuk atau saat umur hidup bahan elemen menjadi singkat yang mengakibatkan elemen menjadi putus atau hubung singkat. Semakin tinggi MET maka akan semakin tinggi pula *Maximum Power Loading*.

3 klas/tipe elemen pemanas yang umum dipakai:

1. *Metallic*
2. *Silicon carbide* (SiC)
3. *Molybdenum disilicide* (MoSi₂)

Pada tipe metallic, bahan yang digunakan untuk elemen pemanas antara lain:

1. *Nichrome/nickel-chromium* (NiCr): *wire and strip*
2. *Kanthal / iron-chromium-aluminum* (FeCrAl): *wires*
3. *Cupronickel* (CuNi): *alloys for low temperature heating*

Pada klas *metallic*, sebagian besar elemen pemanas menggunakan bahan *nichrome 80/20* (80% nikel, 20% kromium) dalam bentuk kawat, pita, atau *strip*. *80/20 nichrome* merupakan bahan yang baik, karena memiliki ketahanan yang relatif tinggi dan membentuk lapisan *kromium oksida* ketika dipanaskan untuk

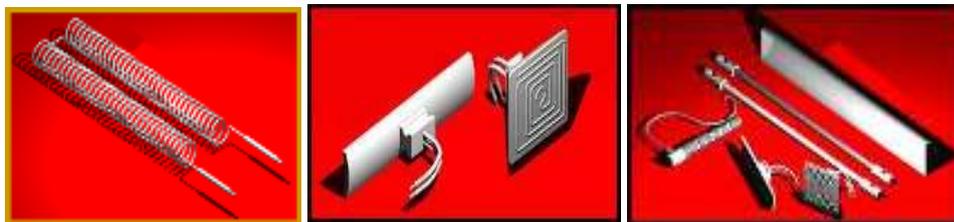
pertama kalinya, sehingga bahan di bawah kawat tidak akan teroksidasi, mencegah kawat terputus atau terbakar [42].

Sebagai sumber panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah kawat niklin yang digulung menyerupai bentuk spiral dan dimasukkan dalam selongsong/pipa sebagai pelindung, kemudian dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Bentuk dan type dari *electrical heating element* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan [43].

2.2.8.1 Jenis Utama dan Bentuk Elemen Pemanas

A. Elemen Pemanas Listrik bentuk Dasar

Yaitu elemen pemanas dimana *resistance wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah: *ceramik heater*, *silica* dan *quartz heater*, *bank channel heater*, *black body ceramik heater*.



Gambar 2.12 *Coil Heater, Infra Red Heater Silica, Ceramiks dan Quartz Heater*

B. Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut

Merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah: *mild stell*, *stainless stell*, tembaga dan kuningan. *Heater* yang termasuk dalam jenis ini adalah:



Gambar 2.13 *Tubular Heater, Cartridge Heater Band, Nozzle & Stripe Heater*

1.2.8.2 Jenis-Jenis Dari Elemen Pemanas

A. Tubular Heater

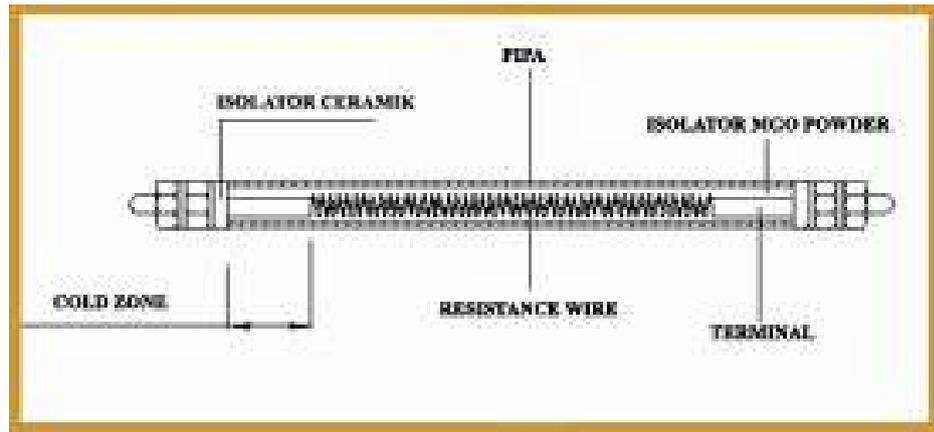
Menurut Siwan (2013). *Heater* merupakan elemen pemanas listrik dimana gulungan *coil resistance wire* dimasukkan kedalam pipa dan di cor bersama - sama bubuk isolator (*Mgo powder*) yang berkemampuan meneruskan panas dan isolator listrik yang baik, sehingga arus listrik tidak menembus dan mengalir pada pipa pembungkusnya, proses pengecoran nya dilakukan dengan menggunakan mesin isi (*filling machine*) yang dirancang sedemikian rupa, Material pipa atau tubing yang digunakan sebagai pembungkus atau selongsong tubular heater ini biasanya disesuaikan dengan penggunaan *heater* tersebut, apakah untuk memanaskan udara, Air, cairan kimia dan lain lain [44].

Pada umumnya bahan yang sering digunakan adalah:

1. *Stainless Steel 304*
2. *Stainless Steel 316*
3. *Incoloy*
4. *Tembaga*
5. *Titanium*

Setelah proses pengecoran maka pipa yang telah berisi *resistance wire* tersebut dipress dengan menggunakan *reduction machine* sehingga diameter pipa akan mengecil dan bubuk isolator akan menjadi solid. hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya rongga udara didalam *heater* yang menyebabkan ruang kosong sehingga *wire resistance* yang memuai akibat panas akan bebas bergerak dan berpeluang menempel pada dinding pipa yang akhirnya terjadi *short body* dan putusnya *resistance wire*. Diameter akhir tubular *heater* hasil proses reduksi (press)

yang ada di pasaran adalah: 8mm, 11,2 mm 12.5 mm 15.8 mm dan 18.9 mm dengan panjang tidak lebih dari 6 meter. Isolator tahan panas yang digunakan sebagai pengikat & pembatas antara pipa & kawat tahanan yaitu bubuk Mgo yang mempunyai titik cair 2900 C. Kawat tahanan atau *resistance wire* yang digunakan adalah kawat tahanan yang dimensinya disesuaikan dengan daya yang diminta, kawat ini tahan pada suhu kerja maksimal 1300 C.



Gambar 2.14 Bagian-bagian Coil Pemanas

Dalam pemesanan tubular *heater* ini, spesifikasi daya listrik dan *voltase* nya sebaiknya dikonsultasikan dahulu agar didapat hasil produkyang efisien dan bermutu tinggi.

Elemen pemanas yang menggunakan tubular *heater*.

1. *Finned Heater*

Merupakan tubular *heater* yang ditambahkan *finned* (*sirip*) berpenampang bulat atau persegi yang dipasang sepanjang *hot zone* tubular untuk maksud memperluas permukaan panas.

2. *Cast-In Heater*

merupakan heater bentuk lanjut dari *tubular heater*, dimana *tubular heater* di cor bersama sama dengan bahan cor sesuai bentuk yang diinginkan.



Gambar 2.15 *Tubular heater, finned heater, cast-in heater*

3. *Cartridge Heater*

Bahan pipa yang digunakan biasanya Stainless Steel 304 dimana dimensinya disesuaikan dengan kebutuhan. Coil kawat tahanan dengan kualitas yang cukup baik digulung pada sebuah batang isolator (MGO Tube), yang kemudian di cor kedalam pipa dengan menggunakan MGO Powder khusus. Setelah proses pengecoran kemudian pipa - pipa yang telah berisi *resistance wire* dan bubuk MGO tersebut di press dengan menggunakan *swaging machine* sehingga diameter pipa akan mengecil dan bubuk isolator menjadi solid. Diameter *cartridge heater* yang kami produksi dengan mesin press (*swaging machine*) adalah mulai dari diameter 5,8 mm sampai 22 mm dan panjang 1.5 meter.

Cartridge heater standart pin terminals.

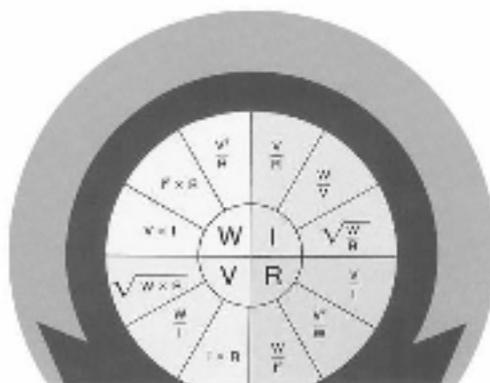
1. *Cartridge Heater Berkepala Nipple.*
2. *Cartridge Heater Built In Cables.*
3. *Cartridge Heater L Form.*
4. *Cartridge Heater dengan Thermocouple.*

Perhitungan daya elemen pemanas menggunakan prinsip hukum ohm seperti terlihat pada gambar 2.17

$P = V I$ dengan $P = \text{Daya (VA)}$.

$V = \text{Tegangan (Volt)}$.

$I = \text{Arus (ampere)}$



Gambar 2.16 Hubungan Antara Daya, Tegangan, Arus, Dan Resistansi

Laju perubahan suhu dinyatakan dalam:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$$

2.2.9 Perpindahan panas

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain [45]. Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Perpindahan panas (heat transfer) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal 3 (tiga) proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi [46].

Menurut Irvan (2016). Kalor adalah sesuatu yang dipindahkan diantara sebuah sistem dan sekelilingnya sebagai akibat dari hanya perbedaan temperatur. Konsep kalor sebagai sebuah zat yang jumlah seluruhnya tetap konstan akhirnya tidak mendapat dukungan eksperimen. Nilai kalor jenis plastik *polyethylene Terephthalate* (PET) 3,472 j/kg setara dengan 0,83 kalori kalor massa jenis 1 kg dan perubahan suhu adalah $120^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$ [41].

Massa Jenis (m) : 1 kg

Jenis Kalor (c) : 3,472 j/kg

$$\text{Perubahan Suhu } (\Delta T) : (T_1 - T_2) \ 120^0 - 180^0 = 60^0\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 1 \cdot 3,472 \cdot 60^0\text{C} = 208,32 \text{ J/kg}^0\text{C}$$

2.2.9.1 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya. Seperti benda yang terbuat dari logam akan terasa hangat atau panas jika ujung benda dipanaskan, misalnya ketika memegang kembang api yang sedang dibakar. Berdasarkan hukum *Fourier* tentang laju perpindahan kalor secara konduksi dalam suatu bahan padat berbanding lurus dengan gradien temperatur, gradien waktu, dan luas panas dari suatu benda yang tegak lurus arah perpindahan kalor [47]. Hukum *Fourier* dapat dihitung, berdasarkan persamaan:

$$Q = -kA \left(\frac{T_2 - T_1}{L} \right) \dots \dots \dots (2.1).$$

Dimana, Q = Laju perpindahan panas (W)

k = *Konduktivitas Termal* (W / (m.K))

A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m²)

T_2 = Temperatur akhir (°C)

T_1 = Temperatur awal (°C)

L = Tebal plat (m)

Persamaan (2.1) dapat disederhanakan menjadi persamaan yang dikenal dengan konsep resistansi thermal yang dianalogikan dengan resistansi listrik. Hal ini karena laju aliran kalor dianggap sebagai sebuah aliran listrik yang mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah (perbedaan temperatur). Konsep resistansi thermal juga berlaku untuk kedua jenis perpindahan panas yang lain. Dengan demikian, persamaan (2.3) menjadi:

$$Q = - \left(\frac{T_2 - T_1}{R} \right) \dots\dots\dots(2.2).$$

$$R = \left(\frac{L}{kA} \right) \dots\dots\dots(2.3).$$

Dimana, Q = Laju perpindahan panas (W)

k = *Konduktivitas Termal* (W / (m.K))

A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m²)

T₂ = Temperatur akhir (°C)

T₁ = Temperatur awal (°C)

L = Tebal plat (m)

R = *Resistansi thermal* (°C/m)

2.2.9.2 Konveksi

Menurut Ketut (2017). Perpindahan panas konveksi terjadi di antara permukaan benda dan suatu fluida. Dengan kata lain, perpindahan panas konveksi adalah perpaduan perpindahan panas konduksi dengan suatu aliran fluida. perpindahan kalor konveksi paksa pada bidang datar vertikal maupun silinder vertikal konsentrik sebenarnya telah diteliti sejak lama dan berbagai korelasi untuk memprediksi koefisien perpindahan kalornya juga sudah banyak diusulkan. Pada umumnya laju perpindahan panas dapat dinyatakan dengan hukum persamaan pendinginan *newton*, yaitu sebagai berikut [48].

$$Q = h A (T_s - T_f) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana, Q = Laju perpindahan panas (Watt)

h = *Koefisien konveksi* (W / m². K)

A = Luas permukaan kolektor surya m²

T_s = Temperatur plat (K)

T_f = Temperatur fluida (K)

Nilai koefisien konveksi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana, $h = koefisien\ konveksi\ (W / m^2 \cdot K)$

$N_u = Bilangan\ Nusselt$

$k = konduktivitas\ termal\ (W / m \cdot K)$

$L = panjang\ plat\ (m)$

Secara umum, pola aliran terbagi menjadi tiga jenis, yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen. Aliran laminar adalah aliran yang molekul-molekul fluidanya masih tersusun rapi atau tidak acak, sedangkan aliran turbulen adalah aliran yang molekul-molekul fluidanya acak atau radial. Aliran transisi merupakan pola aliran yang berada diantara aliran laminar dan turbulen.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung bilangan *Reynold* adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho U L}{\mu} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana, $Re = bilangan\ Reynold$

$\rho = massa\ jenis\ fluida\ (kg/m^3)$

$U = kecepatan\ aliran\ fluida\ (m/s)$

$L = Panjang\ pipa\ (m)$

$\mu = viskositas\ (Ns/m^2)$

BAB III

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 dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU Jalan Muchtar Basri no 3 Medan. Pada bulan Oktober 2020 sampai selesai.

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 pribadi yang digunakan sebagai input perintah program kedalam Arduino mega 2560.
2. Voltmeter berfungsi sebagai alat ukur tegangan.
3. Multitester berfungsi sebagai alat ukur arus.
4. Tang berfungsi sebagai alat bantu dalam perakitan.
5. Solder berfungsi melebur timah dan menghubungkan antar komponen.
6. USB sebagai penghubung laptop dengan Arduino mega 2560.
7. Lem tembak berfungsi sebaga menempelkan motor Dc.

8. Lakban atau isolasi berfungsi sebagai menutupi sambungan kabel.
9. Gelas ukur untuk mengukur volume cairan *Etanol*.
10. Timbangan berfungsi untuk menimbang NaOH

3.2.2 Bahan

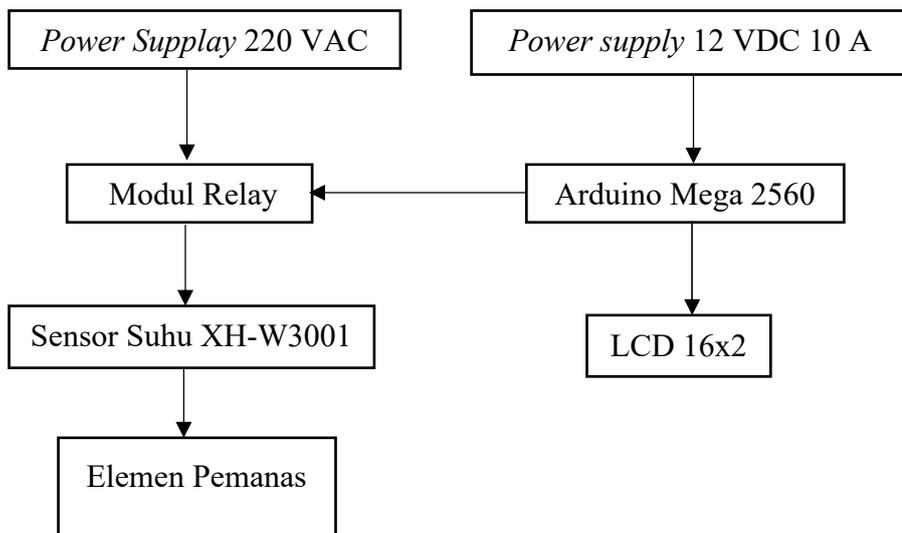
Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Arduino mega 2560 sebagai pemberi perintah ke pada relay dalam memutus arus listrik elemen pemanas dan menampilkan suhu pada sensor ke lcd.
2. Lcd 16x2 untuk menampilkan proses kerja alat.
3. Sensor suhu Sensor Suhu XH-W3001.
4. Kabel penghubung secukupnya.
5. Papan atau triplek untuk dudukan dari alat produksi biodiesel.
6. Elemen pemanas

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Blok Diagram

Adapun metode penelitian yang dilakukan penulis adalah Rancang Bangun Alat Pengontrolan Proses Pemanasan Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega. Selanjutnya dilakukan studi literatur agar perancangan yang dilakukan memiliki pedoman yang kuat. bisa digambarkan seperti gambar 3.1 dibawah ini



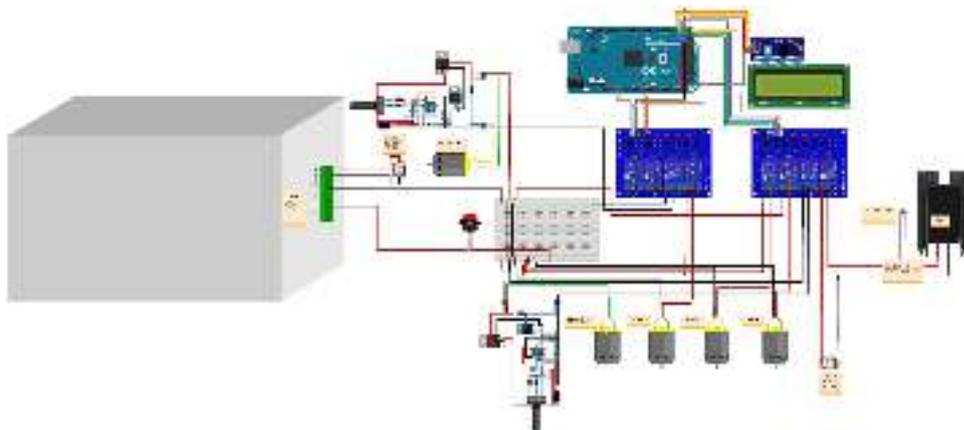
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Penjelasan dan fungsi dari masing-masing blok sebagai berikut :

1. *Power supply* 220V berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan sensor suhu XH-3001 dan elemen pemanas.
2. Modul *relay* berfungsi sebagai pemutus tegangan pada sensor suhu dan elemen pemanas pada waktu yang sudah di tentukan.
3. Sensor suhu WH-3001 berfungsi sebagai pengatur suhu pada saat proses pemanasan minyak jelantah.
4. Elemen pemanas berfungsi sebagai pemanas untuk minyak jelantah.
5. *Power supply* 12 VDC 10 A berfungsi untuk menghidupkan Arduino mega 2560.
6. Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pusat kendali keseluruhan sistem kerja rangkaian.
7. LCD 16x2 berfungsi sebagai menampilkan keseluruhan kerja alat.

3.3.2 Skematik Rangkaian Sistem

Setiap bagian dari sistem komponen memiliki peranan penting sesuai fungsi masing-masing supaya sistem tersebut dapat berjalan sesuai yang direncanakan. Setiap dari masing-masing komponen akan dihubungkan dengan Arduino Mega. Gambar rangkain skematik sistem dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3.2 Rangkaian Keseluruhan

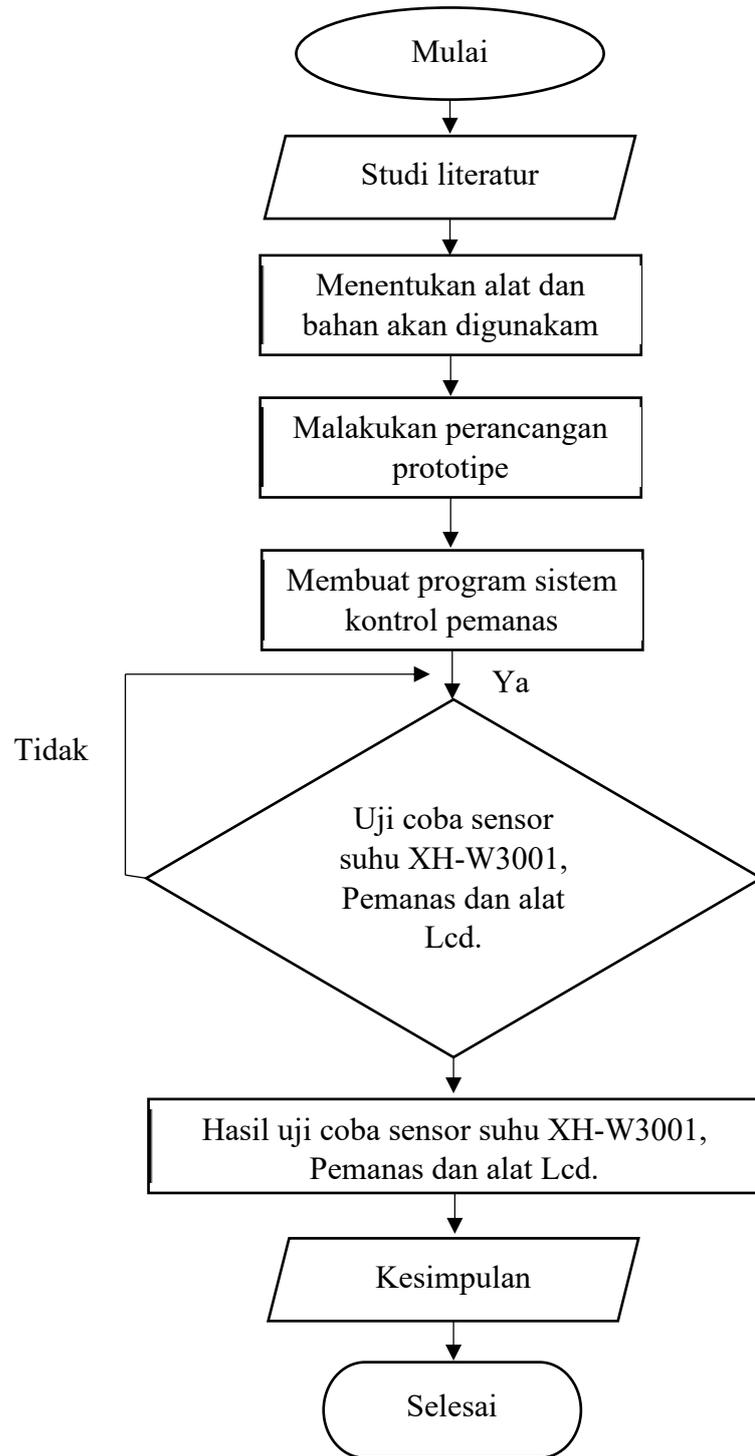
Dalam rangkain pembuatan skematik diatas dibuat dengan menggunakan *software* fritzing. Fungsi gambar skematik rangkain sistem percobaan ialah agar lebih mudah memahami rangkaian dengan melihat jalur-jalur terhubungnya komponen.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan percobaan dapat dilakukan dengan prosedur yang telah dilakukan, Adapun tahap yang dilakukan dalam melaksanakan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

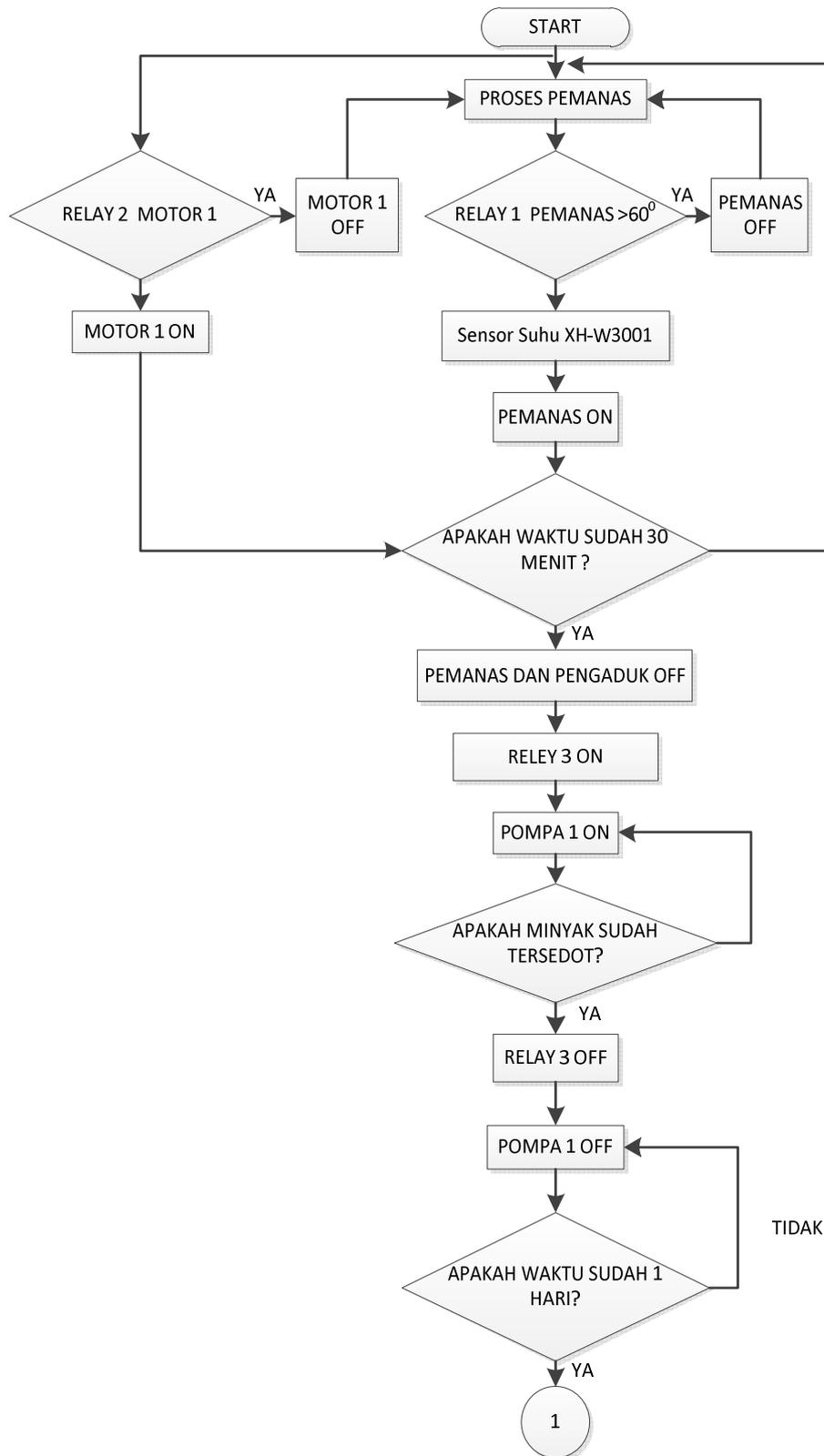
1. Menentukan tema dengan cara melakukan studi literatur guna memperoleh berbagai teori dan konsep untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan.
2. Menyipakan alat dan bahan penelitian.
3. Melakukan perancangan alat penelitian dan program pengontrolan arduino.
4. Menguji sistem pemanas dengan menggunakan alat ukur multimeter
5. Melakukan uji coba alat penelitian.
6. Menganalisis hasil uji dari alat penelitian.
7. Cetak hasil dari uji coba alat penelitian tersebut.
8. Selesai.

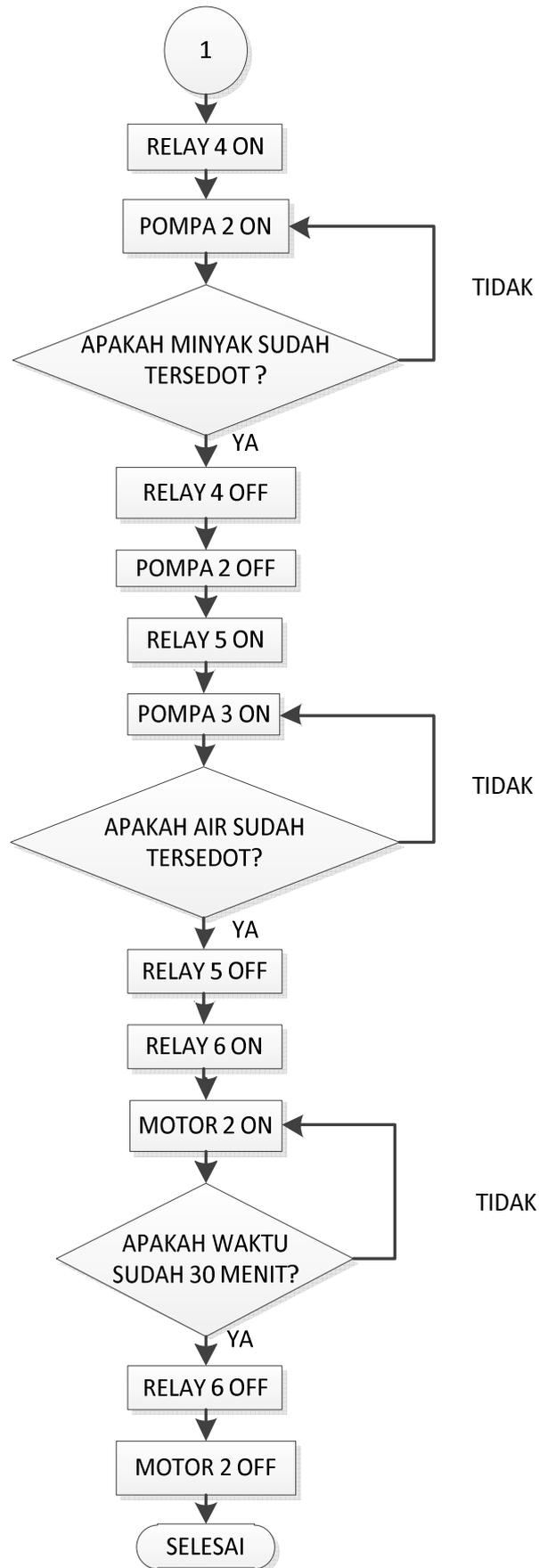
3.5 Flowchart Penelitian



Gambar 3.5 Flowchart Penelitian

3.6 Flowchart Sistem Keseluruhan Alat Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel





Gambar 3.6 Flowchart Sistem Alat

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Pemanas dan LCD Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dengan Arduino Mega

Pada rancangan Pemanas dan LCD pada Proses Pembuatan Biodiesel menggunakan arduino mege ini terdiri dari beberapa bagian rangkaian yang kemudian digabung menjadi satu rangkaian alat secara keseluruhan. Adapun komponen - komponen pada Pemanas dan LCD pada Proses Pembuatan Biodiesel adalah sebagai berikut :

1. Elemen pemanas

Elemen pemanas berfungsi sebagai pemanas minyak jelantah yang nantinya akan di capur dengan bahan-bahan lain pada suhu 50-60°C.



Gambar 4.1.1 Pemanas dan Pengaduk

2. Thermostar / Sensor suhu XH-W3001

Thermostar/Sensor suhu XH-W3001 berfungsi sebagai pengatur temperature minyak jelantah untuk mempertahankan atau memastikan pemanas berkerja dengan suhu yang sudah ditetapkan secara otomatis pada rangkaian tersebut. Elemen pemanas yang melewati sensor suhu WH-W3001 sehingga dapat menyala dengan aman.



Gambar 4.1.2 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 1 menit



Gambar 4.1.3 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 2 menit



Gambar 4.1.4 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 3 menit



Gambar 4.1.5 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 4 menit



Gambar 4.1.6 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 5 menit



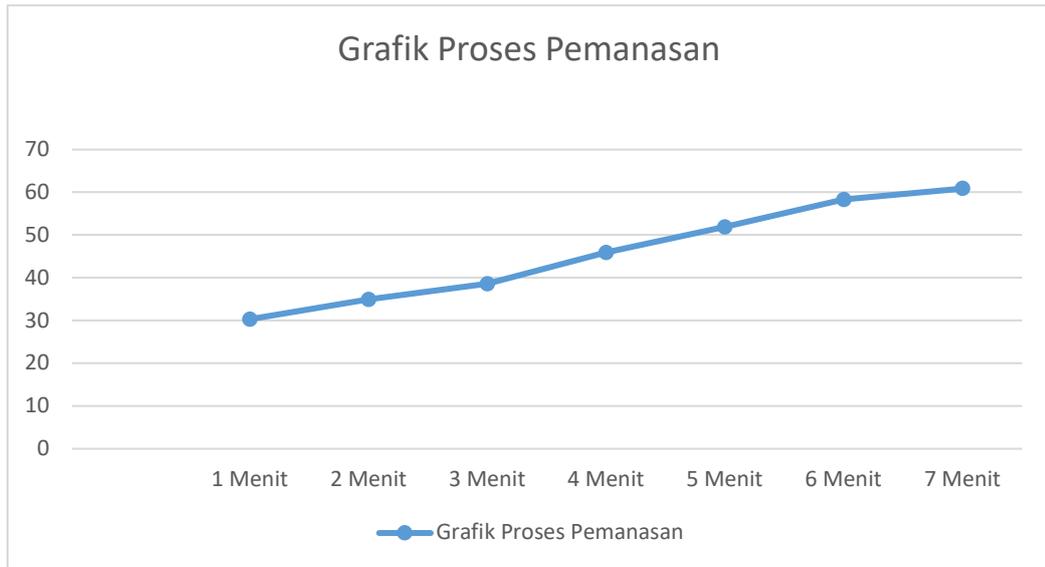
Gambar 4.1.7 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 6 menit



Gambar 4.1.8 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 7 menit

Tabel 4.1 Tabel Pengujian.

No	Suhu (°C)	Lama Proses Pemanasan (Menit)
1	30.3	1 Menit
2	34.9	2 Menit
3	38.6	3 Menit
4	45.9	4 Menit
5	51.9	5 Menit
6	58.3	6 Menit
7	60.9	7 Menit



Tabel 4.2 Tabel Pengujian Tahana Elemen Pemanas.

No	Kondisi Elemen Pemanas	Tahanan Elemen Pemanas R
1	Saat kondisi dingin	150 Ω
2	Saat kondisi panas	150 Ω

3. Modul Relay DC 5 volt

Modul Relay DC 5 volt pada alat ini berfungsi sebagai komponen saklar otomatis agar tegangan output dapat digunakan, komponen tersebut juga di program melalui arduino.



Gambar 4.1.12 *Relay 4 Channel*

4. Arduino mega

Arduino mega pada alat ini berfungsi sebagai pengontrol program LCD Timer Pemanas Minyak Jelantah. Yaitu Pengontrol program komponen rangkaian Modul Relay Dc dan Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 agar bekerja sesuai program yang kita inginkan.



Gambar 4.1.13 Arduino Mega 2560

5. LCD 16x2 I2C

LCD 16x2 I2C berfungsi sebagai menampilkan tulisan proses kerja alat mulai dari pertama sampai dengan selesai proses kerja alat tersebut. LCD juga di program menggunakan Arduino mega.



Gambar 4.1.14 LCD 16x2 I2C

Sehingga hasil gabungan rangkaian ini membentuk suatu alat utuh dan diharapkan dapat bermanfaat untuk pengolahan limbah minyak jelantah yang banyak di lingkungan kita, adapun hasil rancangan alat secara keseluruhan dari pemanasan dan LCD produksi biodisel dari minyak jelantah berbasis arduino mega dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.1.15 Alat Produksi Biodisel

4.2 Cara Kerja Alat Proses pemanasan.

Setelah rancangan alat selesai selanjutnya mengetahui cara kerja alat tersebut, maka cara kerjanya yaitu : Minyak jelantah dipanaskan dengan suhu 50-60°C yang sudah di program menggunakan arduino mega dengan waktu 30 menit. Setelah itu dicampur dengan bahan kimia yang sudah dibuat, kemudian di campur dengan minyak jelantah yang sudah di panaskan dan diaduk dengan kecepatan konstan. Setelah diaduk dengan kecepatan konstan minyak jelantah dipindahkan untuk proses pengendapan selama 1 hari agar minyak dan geliserol yang terkandung didalamnya terpisah. Setelah di endapat selama 1 hari minyak jelantah tersebut dipindahkan lagi ketempat proses pencucian. Agar etanol yang terkandung didalam minyak tersebut berkurang, proses pencucian ini mengguankan air. Dimana LCD pada alat ini untuk menampilkan proses kerja alat mulai dari pertama sama selesai contohnya akan muncul tampilan (pompa on dan pemanas on.).

4.3 Cara Menginput Setting Program Arduino Mega Pemanas Minyak Jelantah dan LCD pada Alat Pengolahan Biodiesel

Sebaiknya perlu mengetahui cara menginput program arduino, Adapun tahap-tahap prosesnya yaitu :

1. Mempersiapkan kabel penghubung arduino agar bisa terhubung ke laptop.
2. Mempersiapkan laptop sebagai tempat coding program arduino.
3. Menyiapkan aplikasi program arduino di laptop, bisa di download di internet.

4. Membuka aplikasi 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 bekerja.



Gambar 4.3.1 Tampilan Program Arduino Untuk Pengontrolan Alat Pengolahan Biodiesel

Adapun isi setting program untuk alat tersebut, yaitu 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(23,LOW);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("PEMANAS ON");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Timer =10 Menit");

delay(600000); // PEMANASAN

digitalWrite(23, HIGH);

lcd.clear();

delay(1000);

digitalWrite(22,LOW);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("PENGADUKAN");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Timer =20 Menit");

delay(1200000); // PENGADUKAN

digitalWrite(22,HIGH);

lcd.clear();

delay(1000);

digitalWrite(24, LOW); // pompa 1 nyala

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 malam

lcd.clear();

delay(1000);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("POMPA 2 ON");

digitalWrite(25, LOW);

delay(25000);

digitalWrite(25, HIGH);

lcd.clear();

delay(1000);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("POMPA 3 ON");

digitalWrite(26, LOW);

delay(25000);

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);

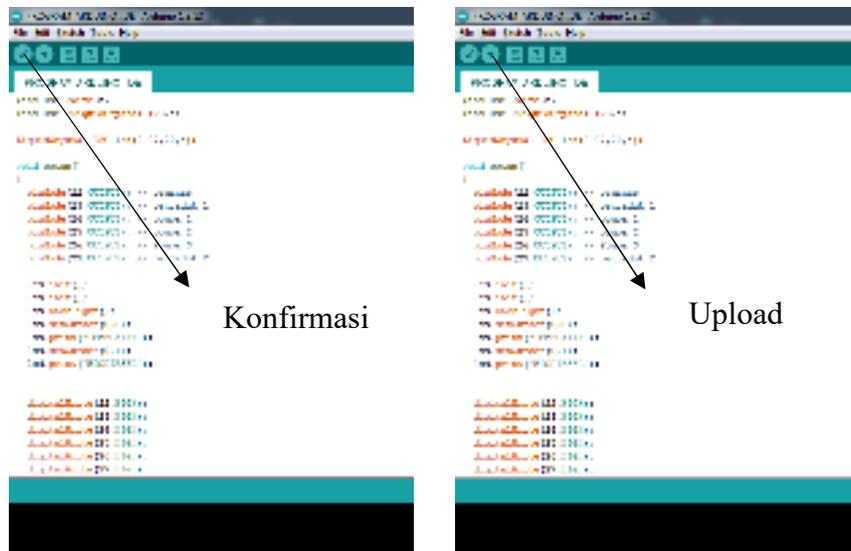
lcd.clear();

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("PROSES SELESAI");

while(1);
}

```



Gambar 4.3.2 Konfirmasi dan Upload

4.4 Pengujian Arduino Mega

Pengujian tegangan arduino mega bertujuan agar kita mengetahui tegangan untuk mensupply modul atau komponen yang akan di kendalikan oleh arduino.

Besar tegangan yang terukur yaitu 4,89 volt. Nilai hasil pengukuran ini sesuai dengan nilai tegangan operasi yang akan digunakan komponen untuk beroperasi sesuai dengan datasheet yaitu 3,3 volt sampai 5 volt.

4.5 Pengujian Elemen Pemanas

Pengujian elemen pemanas bertujuan untuk mengetahui apakah elemen pemanas berfungsi dengan baik atau tidak, sehingga perlu dilakukan pengujian terhadap elemen pemanas tersebut. Pengujian dilakukan hingga suhu minyak mencapai 60°C. Adapun table data waktu pengukuran elemen pemanas dapat kita lihat pada table ini.

Tabel 4.3 Menguji Berapa Lama Waktu Yang Diperlukan Elemen Pemanas Untuk Memanaskan Minyak Jelantah Mencapai 60°C.

Berapa waktu Untuk Memanaskan Minyak Jelantah mencapai 60°C		
Minyak Jelantah Yang Dipanaskan	Waktu pemanasan (menit)	Suhu (°C)
1000 ml	1 menit	31,8
1000 ml	2 menit	36,3
1000 ml	3 menit	41,6
1000 ml	4 menit	45,7
1000 ml	5 menit	50,2
1000 ml	6 menit	54,1
1000 ml	7 menit	60.2

4.6 Pengujian Sensor Suhu XH-W3001

Proses pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor dan menguji sensor terhadap suhu yang berbeda dan akan dibandingkan dengan sensor suhu digital.

Tabel 4.4 Data Suhu dan Tegangan

Sensor Suhu XH-W3001	Tegangan Sensor Suhu XH-W3001	Sensor Suhu Digital	Perbedaan Suhu (°C)
28,9	220 volt	28,9	0°C
31,8	220 volt	30,9	0,9 °C
36,3	220 volt	35,7	0,6 °C
41,6	220 volt	41,2	0,4 °C
45,7	220 volt	45,1	0,6 °C
50,2	220 volt	49,1	1,1 °C
54,1	220 volt	53,4	0,7 °C
60,2	220 volt	59,1	1,1°C
Σ Perbedaan suhu			5,4 °C
$\bar{x} = \frac{\Sigma \text{suhu}}{8}$			0,675 °C

4.7 Pengujian Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan pencampuran katalis berupa methanol dan NaOH pada tangki transesterifikasi. Yang akan bekerja pada proses ini yaitu elemen pemanas 10 menit.



Gambar 4.7.1 Timer Proses Transesterifikasi

Gambar 4.7.1 menunjukkan bahwa pemanas proses transesterifikasi sudah dimulai selama 10 menit untuk mencapai suhu 60°C. Saat timer sudah 10 menit dilakukan pengadukan selama 20 menit agar CPO dan katalis dapat tercampur. Setelah selesai pengadukan maka proses pemindahan cairan dari tangki transesterifikasi ketangki pendingin berlangsung.

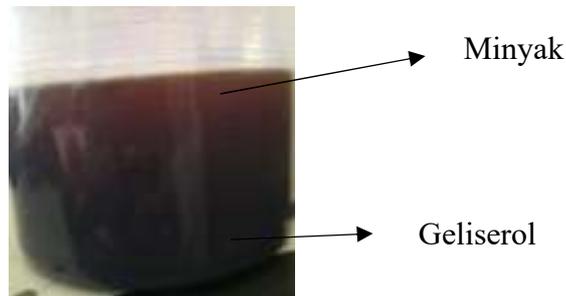
4.8 Pengujian Proses Pengendapan

Proses pada tangki pengendapan berlangsung selama 24 jam. Pada proses ini akan terjadi 2 fasa. Fasa atas berupa minyak dan *methanol* yang masi tercampur yang nantinya akan di proses ke tahap selanjutnya untuk mengurangi *methanol* pada minyak. Dan fasa bawah berupa geliserol yang nantinya akan dibuang.



Gambar 4.8.1 Timer Proses Pengendapan

Gambar 4.8.1 menunjukkan timer pengendapan, ini menunjukkan bahwa proses pengendapan sedang berlangsung selama waktu yang telah ditetapkan yaitu 24 Jam.



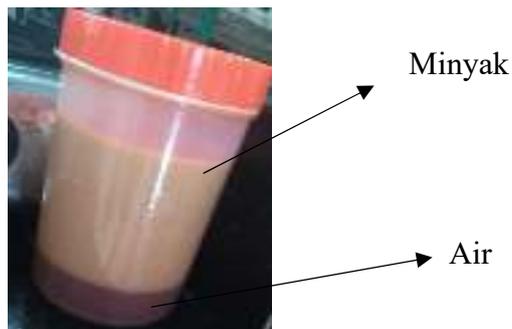
Gambar 4.8.2 Fasa Atas Minyak Dan Fasa Bawah Geliserol

Setelah 24 jam berlangsung akan terjadi perbedaaan fasa, yang selanjutnya fasa atas dipompakan ke tangki pencucian. Pompa 2 menyala akan memompa cairan ke tangki pencucian. Saat cairan fasa atas sudah dipompa semuanya, maka pompa 2 akan berhenti dan selanjutnya pompa 3 memompa air masuk ke tangki pencucian. Saat air sudah dipompa semuanya, maka pompa 3 berhenti dan pengaduk pada tangki pencucian akan berputar. Setelah 20 menit, pengaduk akan berhenti dan cairan akan didiamkan selama 24 jam seperti terlihat pada gambar 4.8.3



Gambar 4.8.3 Proses Pendiaman

Proses pendiaman ini bertujuan untuk memisahkan antara air cucian dengan biodiesel. Pada proses ini akan terbentuk 2 fasa yaitu fasa biodiesel dan fasa air. Karena berat air dan biodiesel berbeda, maka biodiesel berada diatas sedangkan air berada dibawah. Dapat dilihat pada gambar 4.8.4



Gambar 4.8.4 Fasa Biodiesel Dan Fasa Air

Setelah 24 jam berlangsung, maka air akan dibuang melalui keran secara manual sampai tersisa hanya biodiesel.



Gambar 4.8.5 Biodiesel

Hasil biodiesel yang didapat seperti terlihat pada gambar 4.8.6 setelah itu biodiesel dipindahkan ke penampung, proses pengolahan biodiesel selesai. Selanjutnya biodiesel sudah dapat diambil, untuk selanjutnya di uji terlebih dahulu untuk kelayakan bahan bakar

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat pengolahan biodiesel menggunakan arduino dapat bekerja sesuai dengan perancangan.
2. waktu yang diperlukan untuk elemen pemanasan pada tangki transesterifikasi untuk mencapai suhu 60°C yaitu selama 7 menit.
3. Sensor suhu XH-W3001 sebagai respon untuk memberikan informasi perbedaan suhu di elemen pemanas dan suhu di tangki transesterifikasi sebagai acuan kerja dari relay.

5.2 Saran

Saran untuk menyempurnakan kerja dari sistem yang telah dibuat terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem menjadi lebih baik yaitu:

1. Pengembangan pembuangan geliserol atau limbah sisah dari minyak jelantah, sebaiknya didaur ulang lagi agar limbah sisah atau geliserol pada minyak dapat dimanfaatkan kembali.
2. Terdapat lonjakan daya selama 3 detik pada alat proses pembuatan biodiesel, untuk penelitian selanjutnya agar lonjakan daya dapat dihilangkan pada alat proses pembuatan biodiesel.
3. Terdapat sisa sedikit minyak jelantah yang tidak tersedot sepenuhnya ke proses pengendapan, untuk penelitian selanjutnya agar sisa yang tidak tersedot dapat di perbaiki.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhari, Hamsyah ', Dkk. (2016). Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1 (3) pp:1-7.
- [2] Sa'adah, A.F., Fauzi, A. and Juanda, B., (2017). Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17(2) pp:118-137.
- [3] Yandri, V.R., (2012). Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Biodiesel untuk Bahan Bakar Bus Kampus UNAND di Padang. *Dharmakarya*, 1(2) pp:119-125.
- [4] Van Gerpen, J. (2005). Biodiesel processing and production. *Fuel processing technology*, 86(10) pp:1097-1107.
- [5] Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Oktaviana, C. O. (2016). Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2(1) Pp:71-80.
- [6] Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. (2014) Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1) pp:27-34.
- [7] Jaryadi, J.T., Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodieselmenggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [8] Irtawaty, A. S., & Ulfah, M. (2018). Rancang Bangun Sistem Daur Ulang Minyak Goreng Bekas Berbasis Algoritma Fuzzy Logic. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(2) pp:855-864.
- [9] Adhari, Hamsyah ', Dkk. (2016) "Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis." *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 3(2) pp:1-7.
- [10] Sawarimuthu, S., & Ja'afar, M. N. M. (2008). Performance of Various Biofuel Blends On Burner System. *Jurnal Mekanikal University Teknologi Malaysia*, 27(2) pp:69-77

- [11] Kuncahyo, P., Zuhdi, A., Dkk. (2013) “Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel Di Indonesia.” *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1) pp:62-66.
- [12] Darmawan, F.I., dan Susila, I.W. (2013). Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1) pp:80-87
- [13] Hajj, D. S., RP, D. A., & Budianto, A. (2019). Pembuatan Biofuel dengan Proses Perengkahan dari Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menggunakan Katalis CaO. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1(1) pp:607-614.
- [14] Setiawan, H., Puspitasari, A., & Retnoningtyas, E. S. (2017). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Babi. *Widya Teknik*, 9(2) pp:111-120.
- [15] Devita, L. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif. *Agrica Ekstensia Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Medan*, 9(2) pp:23-26.
- [16] Widyastuti, C.R. and Dewi, A.C., 2014. Sintesis biodiesel dari minyak mikroalga *Chlorella vulgaris* dengan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis KOH. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(1) pp:29-33.
- [17] 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) pp39-47.
- [18] Aisyah, S., 2011. Studi Kebijakan Pengembangan Produksi Biodiesel (Jarak Pagar) sebagai Bahan Bakar Alternatif di Sektor Industri dengan Menggunakan Sistem Dinamis. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 4(1) pp:17-31
- [19] Aziz, I., Nurbayti, S., & Ulum, B. (2011). Pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(3) pp:71-80 doi.org/10.15408/jkv.v2i3.115
- [20] Pramudya, G.J., 2019. Rancang Bangun Alat Pretreatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah. (*Perawatan Dan Perbaikan*) (*Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya*).

- [21] Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1) pp:16-21. doi.org/10.33087/daurling.v1i1.4
- [22] Wahyuni, S., Ramli., Dkk. (2015). Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Pillar of Physics*, 6(2) pp:33-40
- [23] Rudianto, R., Maksum, H., & Fernandez, D. (2015). Analisis Penggunaan Biodiesel Dari Kelapa Sawit Terhadap Kepekatan Asap Pada Mitshubishi L300. *Automotive Engineering Education Journals*, 1(2).
- [24] Badan Standarisasi Nasional (BSN)., 2015. Standar Penggunaan Biodiesel. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- [25] Irtawaty, A. S., & Ulfah, M. (2018). Alat Penjernih Minyak Goreng Dan Pembuatan Biodisel Otomatis Menggunakan Metode K-Means Berbasis Arduino Mega 2560. *Prosiding Snitt Poltekba*, 3(1) pp 116-122.
- [26] Naomi, P., Gaol, A. M. L., & Toha, M. Y. (2013). Pembuatan Sabun Lunak Dari Minyak Goreng Bekas Ditinjau Dari Kinetika Reaksi Kimia. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2) pp:42-48.
- [27] Muslimin., Ilham, M. (2019). Rancang Bangun Alat Pretreatment Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Proses Pembuatan). (*Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya*).
- [28] Setiawati, E., & Edwar, F. (2012). Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*. 6(2) pp: 1-11.
- [29] Ripardi, M. Rio (2014) Rancang Bangun Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel (Proses Pembuatan). (*Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya*).
- [30] Buchori, L. dan Widayat, w. (2012). "Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Catalytic Cracking," *Teknik*, vol. 28(2) pp:83-92. doi.org/10.14710/teknik.v28i2.2116

- [31] Alfaris., M.S. (2015). Rancang Bangun Reaktor Biodiesel Kapasitas 30 liter/batch Berbahan Baku Minyak Jelantah (Waste Cooking Oil). (*Doctoral dissertation, Teknik Industri Universitas Mercu Buana.*)
- [32] Oktariawan, I. (2013). Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.* 1(2) pp: 18-24.
- [33] Santoso, A. B., Martinus., Dkk. (2013). Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman, Dan Palang Pintu Pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.* 1(1) pp: 16-23.
- [34] Arifin, J., & Zulita, L. N. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama.* 12(1) pp: 89-98.
- [35] Pinem., & Malinda, S. (2016). Sistem Pengukuran Kadar Asetondengan Nafas Berbasis Arduino Nano dengan Tampilan Android. (*Universitas Sumatera Utara*). *Kertas Karya Diploma (Fisika Instrumentasi).* <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/17811>
- [36] Sulistyowati, R., & Febriantoro, D. D. (2012). Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis mikrokontroler. *Jurnal IPTEK.* 16(1) pp: 25-32
- [37] Erlita, N. (2015). Aplikasi Alat Ukur Tubuh Digital Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Menentukan Kondisi Ideal Badan Dengan Tampilan LCD Dan Output Suara Untuk Tunanetra. *Skripsi Fakultas Tekni Elektro Universitas Jember.*
- [38] Nurazizah, E., Ramdhani, M., Dkk. (2017). Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18b20 Untuk Penyandang Tunanetra. (*e-Proceeding of Engineering*). 4(3) pp: 3294- 3301
- [39] Hakim, E. Z. R., Hasan, H., & Syukriyadin, S. (2017). Perancangan Mesin Pengering Hasil Pertanian Secara Konveksi dengan Elemen Pemanas Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor DS18B20. *Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro.* 2(3) pp: 16-20

- [40] Hegbom, T. (1997). *Integrating Electrical Heating Elements in Product Design*. CRC Press. USA
- [41] Okatama, I. (2016). Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta Jurnal Teknik Mesin*. 5(3) pp: 20-24
- [42] Lubis, H., Fathir, A., Dkk. (2016). Rancang bangun alat penggongseng kelapa untuk pembuatan bumbu dapur dengan menggunakan pemanas listrik temperatur 800c dengan kapasitas 3 kg. *Politeknik Negeri Lhokseumawe Jurnal Polimesin*. 14(1), 21-26.
- [43] Ariffudin, S.D., & Wulandari, D. (2014). Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair. *Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Jurnal Rekayasa Mesin*. 1(2) pp: 52-57.
- [44] Angin, S.E.P. (2013). Perancangan Dan Pembuatan Mixer Kapasitas 6,9 Liter Putaran 280 Rpm. *Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Skripsi*. Medan
- [45] Suswanto., Mustaqim., & Wibowo, A. (2015). Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan Sirip Berbentuk Siku Empat. *Teknik Industri Universitas Pancasakti Tegal*. 10(1) pp: 47-53
- [46] Burhani, K., Dkk. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan Permukaan Spesimen Uji. *Journal of Mechanical Engineering Learning, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang*. 3(2) pp: 86-93.
- [47] Nasaruddin. (2019). Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Perpindahan Kalor Dan Tahanan Termal Pada Bantalan. *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang*. 2(1) pp: 20-26. Doi: <https://doi.org/10.32511/jtm.v2i1.324>
- [48] Kamajaya, K., & Umar, E. (2017). Studi Perpindahan Kalor Konveksi Paksa Nanofluida Air-zro2 dalam Sub-buluh Vertikal Segiempat. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, 18(1), pp: 49-59.

- [49] Suroso.,Harahap U., & Pasaribu, F. I. (2018). Sistem Kontrol Buka Tutup Valve Pada Proses Pemanasan Air Jaket. *Jesce (Journal Of Electrical And System Control Engineering)*, 1(2). doi.org/10.31289/jesce.v1i2.1759

RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN PROSES PEMANASAN PRODUKSI BIODISEL DARI MINYAK JELANTAH BERBASIS ARDUINO MEGA

**Mirza Qadafi¹, Solly Aryza Lubis ST.,
M.Eng²** Program Studi Teknik Elektro Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar
Basri No.3 Medan Kode Pos 20238
mirzaqadafi@gmail.com

Abstrak

Minyak bumi merupakan sumber energi fosil yang dimanfaatkan sebagai bahan baku kilang dalam negeri dan untuk diekspor sebagai sumber devisa, namun berkurangnya jumlah produksi minyak bumi Indonesia harus mengimpornya dari negara lain. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi solar adalah menggunakan biodiesel. Minyak jelantah merupakan limbah yang sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel. Terkait dengan penjelasan di atas, untuk itu dirancanglah sebuah prototipe alat pengolahan biodiesel dalam skala mini dengan menerapkan semi otomatisasi dalam proses pengolahan tersebut dengan menggunakan arduino mega, elemen pemanas dan LCD proses pemanas. Pengolahan biodiesel ini terdapat tiga proses yaitu proses pada tangki transesterifikasi yang di panaskan menggunakan elemen pemanas, prsoes tangki pendingin dan tangki pemisah yang berkerja secara otomastis. Metode penelitian ini dilakukan dengan merancang elemen pemanas berfungsi sebagai pemanas minyak jelantah yang nantinya akan di campur dengan bahan-bahan lain pada suhu 50-60°C dan LCD untuk menampilkan proses kerja alat menggunakan sistem pemograman arduino. Selanjutnya LCD menampilkan proses kerja alat pemanas selama 7 menit, dimana elemen pemanas telah diset untuk memanaskan minyak pada temperature 50-60°C yang di lihat selama 1 menit sekali untuk mengamati tempratur pada minyak.

Kata Kunci : Elemen Pemanas dan LCD Proses Pemanas, Arduino Mega

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia dengan beragam jenis kebutuhannya mengakibatkan kebutuhan akan energi semakin meningkat. Sementara persediaan energi khususnya energi yang tidak dapat diperbaharui semakin berkurang kuantitasnya. Minyak bumi merupakan sumber energi fosil yang dimanfaatkan sebagai bahan baku kilang dalam negeri dan untuk diekspor sebagai sumber devisa. Hasil kilang Bahan Bakar Minyak (BBM) yang antara lain terdiri atas premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada sektor pembangkit listrik, transportasi, industri dan rumah tangga [1].

Indonesia masih menghadapi berbagai persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi sampai saat ini. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi, dalam pemenuhan konsumsi energi di dalam negeri masih tinggi. Kebijakan subsidi yang mengakibatkan harga energi menjadi murah dan masyarakat cenderung boros dalam menggunakan energi, menyebabkan tingginya konsumsi energi fosil. Di sisi lain, penurunan cadangan energi fosil Indonesia yang terus terjadi dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru. Infrastruktur energi yang tersedia masih terbatas sehingga membatasi akses masyarakat terhadap energi. Hal ini Pengolahan biodiesel ini terdapat tiga proses yaitu proses pada tangki transesterifikasi yang di panaskan menggunakan heater, proses tangki pendingin dan tangki pemisah [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pemanas Biodiesel

Sistem pengolahan daur ulang minyak goreng bekas menjadi minyak goreng jernih dan biodiesel dilakukan secara otomatis menggunakan arduino mega berbasis *Algoritma Fuzzy Logic* dengan menggunakan software program arduino yang mirip dengan bahasa pemrograman C (arduino). Sedangkan untuk system daur ulang minyak jelantah menjadi biodiesel, pengendapan selama 24 jam menghasilkan biodiesel yang dapat menjadi bahan bakar untuk mesin diesel.

menyebabkan Indonesia rentan terhadap gangguan yang terjadi di pasar energi global karena sebagian dari konsumsi energi terutama produk minyak bumi, dipenuhi dari impor [2].

Salah satu jenis produk minyak bumi adalah solar. Solar merupakan bahan bakar yang tergolong paling banyak digunakan karena kebanyakan alat transportasi, alat pertanian, penggerak generator listrik dan peralatan berat lainnya menggunakan solar sebagai sumber energi berkurangnya jumlah produksi solar menyebabkan Indonesia harus mengimpornya dari negara lain. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi solar adalah menggunakan biodiesel [3].

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar solar alternatif yang diproduksi dari minyak nabati dan lemak hewani yang mengandung trigliserida dihasilkan melalui proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan alkohol seperti metanol dan etanol [4]. Selain itu, minyak nabati yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak goreng jelantah. Bahan ini dinilai lebih ekonomis dan berdayaguna [5].

Minyak jelantah merupakan limbah yang sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel. Minyak jelantah merupakan limbah yang mengandung senyawa-senyawa karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan sehingga jika dipakai secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha pemanfaatan minyak goreng bekas tersebut. salah satunya mengubah minyak jelantah tersebut menjadi biodiesel [6].

Proses pemanasan biofuel menurut [13] berdasarkan suhu yang diubah dapat pengaruh temperatur dan berat katalis CaO terhadap yield, dan selektivitas produk biofuel yang dihasilkan. Suhu reaksi yang digunakan sebesar (300, 350, 400, 450) °C dengan berat katalis (2, 3, 4 dan 5) gram. Penelitian ini dilakukan dengan proses perengkahan katalitik dalam sebuah reaktor fixed bed dan akan dianalisa komposisinya menggunakan GC- MS. Berdasarkan analisa dapat diketahui bahwa yield tertinggi sebesar 27,59% pada suhu reaksi 400°C dengan berat katalis 4 gram. Selektivitas tertinggi adalah biodiesel sebesar 84,72% pada suhu 400°C dengan berat katalis 4 gram.

2.2 Elemen Pemanas (Heater)

Elemen pemanas merupakan sebuah komponen yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi panas. Elemen pemanas ini menghasilkan panas dari proses resistensi yang terjadi pada logam bertahanan tinggi [39]. Menurut Thor Heggbon (1997) dalam bukunya menyebutkan bahwa logam elemen pemanas terbagi dua macam yaitu campuran Fe-Cr-Al dan campuran Ni-Cr. Campuran Ni-Cr disebut juga nichrome atau nickel chromium dengan komposisi 80% nickel dan 20% chromium, logam inilah yang paling banyak ditemui pada elemen pemanas karena efisiensinya yang lebih besar [40].

Terdapat berbagai macam jenis elemen pemanas, salah satunya ialah elemen pemanas Heater Band dan Heater Nozzle. Menurut Irvan Okatama (2016) dalam jurnalnya. Jenis heater tabung yang banyak digunakan di mesin plastik dan sejenisnya. Band heater berbentuk seperti tabung dengan fungsi pemanasan memanaskan silinder dengan dimensi tertentu. Ukuran bisa menyesuaikan dengan silinder yang akan dipanaskan [41]. Jacket air atau air jacket adalah proses pemanasan air dalam suhu normal yang berasal dari air pam, dimana air tersebut dipanaskan di dalam bak air, kemudian air di dalam bak tersebut dipanaskan oleh steam uap. Fungsi dari air jacket adalah untuk memanaskan minyak melalui jalur pipa yang dilapisi casing, bertujuan agar minyak tidak mengalami pembekuan [49].

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses Joule Heating. Prinsip kerja

Elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen [42].

Persyaratan elemen pemanas antara lain:

1. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
2. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.
4. Tahanan jenisnya harus tinggi.

5. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.



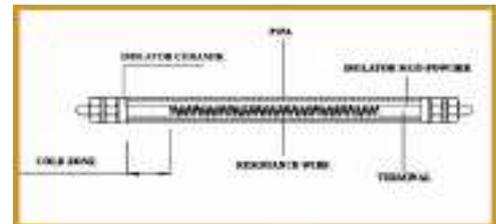
Gambar 2.1 Elemen Pemanas

Hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan elemen pemanas:

1. *Maximum elemen surface temperature (MET)*
2. *Maximum Power/Surface Loading*
3. *Area radiasi permukaan elemen, dinyatakan dalam (Watt/cm²)*

MET, adalah suhu yang dicapai saat bahan elemen mulai mengalami perubahan bentuk atau saat umur hidup bahan elemen menjadi singkat yang mengakibatkan elemen menjadi putus atau hubung singkat. Semakin tinggi MET maka akan semakin tinggi pula *Maximum Power Loading*.

Diameter akhir tubular *heater* hasil proses reduksi (press) yang ada di pasaran adalah: 8mm, 11,2 mm 12.5 mm 15.8 mm dan 18.9 mm dengan panjang tidak lebih dari 6 meter. Isolator tahan panas yang digunakan sebagai pengikat & pembatas antara pipa & kawat tahanan yaitu bubuk MgO yang mempunyai titik cair 2900 C. Kawat tahanan atau *resistance wire* yang digunakan adalah kawat tahanan yang dimensinya disesuaikan dengan daya yang diminta, kawat ini tahan pada suhu kerja maksimal 1300 C.



Gambar 2.2 Bagian-bagian Coil Pemanas

Dalam pemesanan tubular heater ini, spesifikasi daya listrik dan voltase nya sebaiknya dikonsultasikan dahulu agar didapat produk yang efisien dan bermutu tinggi.

Elemen pemanas yang menggunakan tubular heater.

1. *Finned Heater*

Merupakan tubular heater yang ditambahkan finned (sirip) berpenampang bulat atau persegi yang dipasang sepanjang hot zone tubular untuk maksud memperluas permukaan panas.

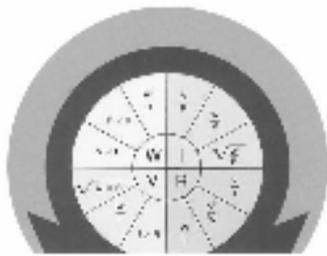
2. *Cast-In Heater*

Merupakan heater bentuk lanjut dari *tubular heater*, dimana *tubular heater* di cor bersama sama dengan bahan cor sesuai bentuk yang diinginkan.

3. *Catridge Heater*

Bahan pipa yang digunakan biasanya Stainless Steel 304 dimana dimensinya disesuaikan dengan kebutuhan. Coil kawat tahanan dengan kualitas yang cukup baik digulung pada sebuah batang isolator (MGO Tube), yang kemudian di cor kedalam pipa dengan menggunakan MGO Powder khusus. Setelah proses pengecoran kemudian pipa - pipa yang telah berisi resistance wire dan bubuk MGO tersebut di press dengan menggunakan swaging machine sehingga diameter pipa akan mengecil dan bubuk isolator menjadi solid. Diameter cartridge heater yang kami produksi dengan mesin press (swaging machine) adalah mulai dari diameter 5,8 mm sampai 22 mm dan panjang 1.5 meter.

Perhitungan daya elemen pemanas menggunakan prinsip hukum ohm seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Hubungan Antara Daya, Tegangan, Arus, Dan Resistansi

$$P = V I \text{ dengan } P = \text{Daya (VA)}.$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}.$$

$$I = \text{Arus (ampere)}$$

Laju perubahan suhu dinyatakan dalam:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$$

2.3 Perpindahan Panas

Skema Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ketempat lain [45]. Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Perpindahan panas (heat transfer) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal 3 (tiga) proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi [46].

Menurut Irvan (2016). Kalor adalah sesuatu yang dipindahkan diantara sebuah sistem dan sekelilingnya sebagai akibat dari hanya perbedaan temperatur. Konsep kalor sebagai sebuah zat yang jumlah seluruhnya tetap konstan akhirnya tidak mendapat dukungan eksperimen. Nilai kalor jenis plastik polyethylene Terephthalate (PET) 3,472 j/kg setara dengan 0,83 kalori kalor massa jenis 1 kg dan perubahan suhu adalah 120°C - 180°C = 60°C [41].

$$\text{Massa Jenis (m)} : 1 \text{ kg}$$

$$\text{Jenis Kalor (c)} : 3,472 \text{ j/kg}$$

$$\text{Perubahan Suhu } (\Delta T) : (T_1 - T_2) 120^\circ - 180^\circ = 60^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 1 \cdot 3,472 \cdot 60^\circ\text{C} = 208,32 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

Prinsip kerja dari sel surya adalah mengubah dari energi cahaya matahari menjadi energi listrik oleh sel-sel surya dengan cara memisahkan energi yang diterima tipe P dan tipe N. Kemudian, setelah energi tersebut diubah ke energi listrik lalu disimpan pada aki/baterai dengan *Battery Charge Regulator* (BCR) yang kemudian menyuplai beban 220 V. namun sebelum menyuplai beban, terlebih dahulu tegangan dan arus diubah menggunakan inverter dari 12 V_{DC} menjadi 220 V_{AC}.

2.4 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya. Seperti benda

yang terbuat dari logam akan terasa hangat atau panas jika ujung benda dipanaskan, misalnya ketika memegang kembang api yang sedang dibakar. Berdasarkan hukum Fourier tentang laju perpindahan kalor secara konduksi dalam suatu bahan padat berbanding lurus dengan gradien temperatur, gradien waktu, dan luas panas dari suatu benda yang tegak lurus arah perpindahan kalor [47]. Hukum Fourier dapat dihitung, berdasarkan persamaan:

$$Q = -kA \left(\frac{T_2 - T_1}{L} \right) \dots \dots \dots (2.1).$$

Dimana,

- Q = Laju perpindahan panas (W)
- k = *Konduktivitas Termal* (W / (m.K))
- A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m²)
- T₂ = Temperatur akhir (°C)
- T₁ = Temperatur awal (°C)
- L = Tebal plat (m)

Persamaan (2.1) dapat disederhanakan menjadi persamaan yang dikenal dengan konsep resistansi thermal yang dianalogikan dengan resistansi listrik. Hal ini karena laju aliran kalor dianggap sebagai sebuah aliran listrik yang mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah (perbedaan temperatur). Konsep resistansi thermal juga berlaku untuk kedua jenis perpindahan panas yang lain. Dengan demikian, persamaan (2.3) menjadi:

$$Q = - \left(\frac{T_2 - T_1}{R} \right) \dots \dots \dots (2.2).$$

$$R = \left(\frac{L}{kA} \right) \dots \dots \dots (2.3).$$

Dimana,

- Q = Laju perpindahan panas (W)
- k = *Konduktivitas Termal* (W / (m.K))
- A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m²)
- T₂ = Temperatur akhir (°C) T₁ = Temperatur awal (°C)
- L = Tebal plat (m)
- R = Resistansi thermal (°C/m)

2.5 Konveksi

Menurut Ketut (2017). Perpindahan panas konveksi terjadi di antara permukaan benda dan suatu fluida. Dengan kata lain, perpindahan panas konveksi adalah perpaduan perpindahan panas konduksi dengan suatu aliran fluida. perpindahan kalor konveksi paksa pada bidang datar vertikal maupun silinder vertikal konsentrik sebenarnya telah diteliti sejak lama dan berbagai korelasi untuk memprediksi koefisien perpindahan kalornya juga sudah banyak diusulkan. Pada umumnya laju perpindahan panas dapat dinyatakan dengan hukum persamaan pendinginan newton, yaitu sebagai berikut [48].

$$Q = h A (T_s - T_f) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana,

- Q = Laju perpindahan panas (Watt)
- h = Koefisien konveksi (W / m². K)
- A = Luas permukaan kolektor surya m²
- T_s = Temperatur plat (K)
- T_f = Temperatur fluida (K)

Nilai koefisien konveksi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$h = \frac{Nu k}{L} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana,

- h = koefisien konveksi (W / m². K)
- Nu = Bilangan Nusselt
- k = konduktivitas termal (W/ m.K)
- L = panjang plat (m)

Secara umum, pola aliran terbagi menjadi tiga jenis, yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen. Aliran laminar adalah aliran yang molekul-molekul fluidanya masih tersusun rapi atau tidak acak, sedangkan aliran turbulen adalah aliran yang molekul-molekul fluidanya acak atau radial. Aliran transisi merupakan pola aliran yang berada diantara aliran laminar dan turbulen.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung bilangan Reynold adalah sebagai berikut:

$$R_e = \frac{\rho U L}{\mu} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana,

Re = bilangan Reynold

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

U = kecepatan aliran fluida (m/s)

L = Panjang pipa (m)

μ = viskositas (Ns/m^2)

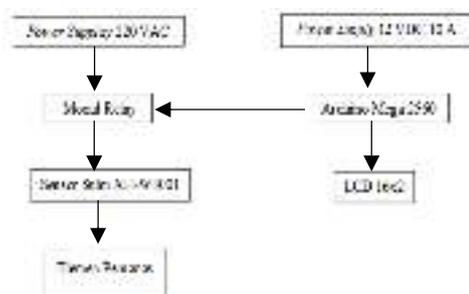
III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan rancangan alat penelitian. Metode penelitian yang digunakan ialah metode penelitian eksperimental 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 pengambilan data suhu pada elemen pemanas yang dilihat pada Lcd dan menghitung lama waktu saat memanaskan, penyamaan skala alat ukur, pengujian karakteristik tahanan pada elemen pemanas saat kondisi dingin dan panas.

3.3 Rancangan Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan penulis adalah Rancang Bangun Alat Pengontrolan Proses Pemanasan Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Berbasis Arduino Mega. Selanjutnya dilakukan studi literatur agar perancangan yang dilakukan memiliki pedoman yang kuat. bisa digambarkan seperti gambar 3.1 dibawah ini

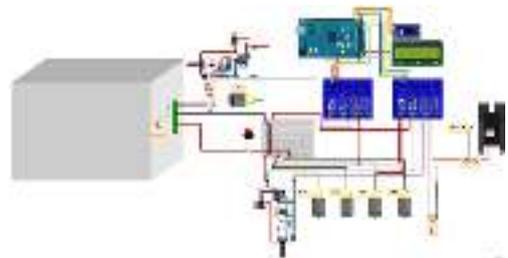


Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Pemanas

Penjelasan dan fungsi dari masing-masing blok sebagai berikut :

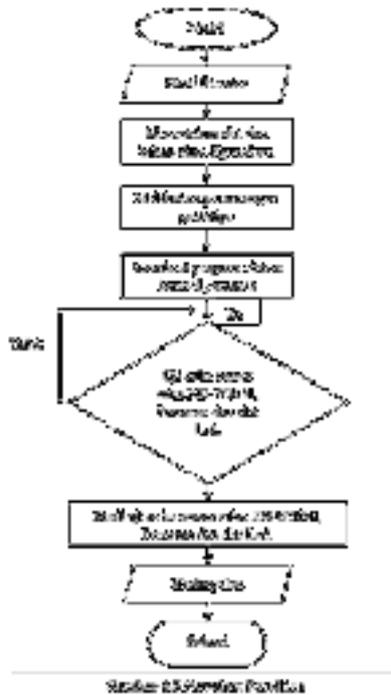
1. Power supply 220V berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan sensor suhu XH-3001 dan elemen pemanas.
2. Modul relay berfungsi sebagai pemutus tegangan pada sensor suhu dan elemen pemanas pada waktu yang sudah di tentukan.
3. Sensor suhu WH-3001 berfungsi sebagai pengatur suhu pada saat proses pemanasan minyak jelantah.
4. Elemen pemanas berfungsi sebagai pemanas untuk minyak jelantah.
5. Power supply 12 VDC 10 A berfungsi untuk menghidupkan Arduino mega 2560.
6. Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pusat kendali keseluruhan sistem kerja rangkaian.
7. LCD 16x2 berfungsi sebagai menampilkan keseluruhan kerja alat.

Setiap bagian dari sistem komponen memiliki peranan penting sesuai fungsi masing-masing supaya sistem tersebut dapat berjalan sesuai yang direncanakan. Setiap dari masing-masing komponen akan dihubungkan dengan Arduino Mega. Gambar rangkain skematik sistem dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3.2 Rangkaian Keseluruhan

Dalam rangkain pembuatan skematik diatas dibuat dengan menggunakan software fritzing. Fungsi gambar skematik rangkain sistem percobaan ialah agar lebih mudah memahami rangkain dengan melihat jalur-jalur terhubungnya komponen.



IV. PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang pengujian dan pembahasan tentang sistem secara keseluruhan yang telah dirancang. Pengujian dan pembahasan ini dilakukan dengan diperolehnya data pengukuran pada alat sehingga diperoleh data secara real untuk di tulis dalam laporan tugas akhir. Serta diperolehnya data tersebut untuk mengetahui keberhasilan dalam pembuatan alat, maka perlu untuk dilakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat.

4.1 Hasil Perancangan Pemanas dan LCD Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dengan Arduino Mega

Pada rancangan Pemanas dan LCD pada Proses Pembuatan Biodiesel menggunakan arduino mege ini terdiri dari beberapa bagian rangkaian yang kemudian digabung menjadi satu rangkaian alat secara keseluruhan. Adapun komponen - komponen pada Pemanas dan LCD pada Proses Pembuatan Biodiesel adalah sebagai berikut :

1. Elemen pemanas.

Elemen pemanas berfungsi sebagai pemanas minyak jelantah yang nantinya akan di capur dengan bahan-bahan lain pada suhu 50-60°C



Gambar 4.1.1 Pemanas dan Pengaduk.

2. Thermostar / Sensor suhu XH-W3001
Thermostar/Sensor suhu XH-W3001 berfungsi sebagai pengatur temperature minyak jelantah untuk mempertahankan atau memastikan pemanas berkerja dengan suhu yang sudah ditetapkan secara otomatis pada rangkaian tersebut. Elemen pemanas yang melewati sensor suhu WH-W3001 sehingga dapat menyala dengan aman.



Gambar 4.1.2 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 1 menit.



Gambar 4.1.3 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 2 menit.



Gambar 4.1.4 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 3 menit.



Gambar 4.1.5 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 4 menit.



Gambar 4.1.6 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 5 menit.



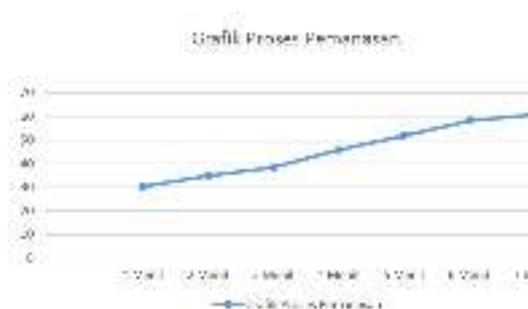
Gambar 4.1.7 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 6 menit



Gambar 4.1.8 Thermostar / Sensor suhu XH-W3001 saat 7 menit

Tabel 4.1 Tabel Pengujian Pemanas.

No	Suhu (°C)	Lama Proses Pemanasan (Menit)
1	30.3	1 Menit
2	34.9	2 Menit
3	38.6	3 Menit
4	45.9	4 Menit
5	51.9	5 Menit
6	58.3	6 Menit
7	60.9	7 Menit



Grafik 4.1 Pengujian Pemanas

Tabel 4.2 Tabel Pengujian Tahana Elemen Pemanas.

No	Kondisi Elemen Pemanas	Tahanan Elemen Pemanas R
1	Saat kondisi dingin	150 Ω
2	Saat kondisi panas	150

4.2 Cara Kerja Alat Proses Pemanasan.

Setelah rancangan alat selesai selanjutnya mengetahui cara kerja alat tersebut, maka cara kerjanya yaitu : Minyak jelantah dipanaskan dengan suhu 50-60°C yang sudah di program menggunakan arduino mega dengan waktu 30 menit. Setelah itu dicampur dengan bahan kimia yang sudah dibuat, kemudian di campur dengan minyak jelantah yang sudah di panaskan dan diaduk dengan kecepatan konstan. Setelah diaduk dengan kecepatan konstan minyak jelantah dipindahkan untuk proses pengendapan selama 1 hari agar minyak dan geliserol yang terkandung didalamnya terpisah. Setelah di endapat selama 1 hari minyak jelantah tersebut dipindahkan lagi ketempat proses pencucian. Agar etanol yang terkandung didalam minyak tersebut berkurang, proses pencucian ini menggunakan air. Dimana LCD pada alat ini untuk menampilkan proses kerja alat mulai dari pertama sama selesai contohnya akan muncul tampilan (pompa on dan pemanas on.).

4.3 Cara Menginput Setting Program Arduino Mega Pemanas Minyak Jelantah dan LCD pada Alat Pengolahan Biodiesel.

Sebaiknya perlu mengetahui cara menginput program arduino, Adapun tahap-tahap prosesnya yaitu :

1. Mempersiapkan kabel penghubung arduino agar bisa terhubung ke laptop.
2. Mempersiapkan laptop sebagai tempat coding program arduino.

3. Menyiapkan aplikasi program arduino di laptop, bisa di download di internet.
4. Membuka aplikasi 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 bekerja.r.



Gambar 4.3.1 Tampilan Program Arduino Untuk Pengontrolan Alat Pengolahan Biodiesel

4.4 Pengujian Sensor Suhu XH-W3001.

Proses pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor dan menguji sensor terhadap suhu yang berbeda dan akan dibandingkan dengan sensor suhu digital.

Tabel 4.4 Data Suhu dan Tegangan

Sensor Suhu XH-W3001	Tegangan Sensor Suhu XH-W3001	Sensor Suhu Digital	Perbedaan S (°C)
28,9	220 volt	28,9	0°C
31,8	220 volt	30,9	0,9°C
36,3	220 volt	35,7	0,6°C
41,6	220 volt	41,2	0,4°C
45,7	220 volt	45,1	0,6°C
50,2	220 volt	49,1	1,1°C
54,1	220 volt	53,4	0,7°C
60,2	220 volt	59,1	1,1°C
Σ Perbedaan suhu			5,4°C
$\bar{x} = \frac{\Sigma suhu}{8}$			0,675°C

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat pengolahan biodiesel menggunakan arduino dapat bekerja sesuai dengan perancangan.
2. waktu yang diperlukan untuk elemen pemanasan pada tangki transesterifikasi untuk mencapai suhu 60°C yaitu selama 7 menit.
3. Sensor suhu XH-W3001 sebagai respon untuk memberikan informasi perbedaan suhu di elemen pemanas dan suhu di tangki transesterifikasi sebagai acuan kerja dari relay.

5.2 Saran

Saran untuk menyempurnakan kerja dari sistem yang telah dibuat terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem menjadi lebih baik yaitu:

1. Pengembangan pembuangan geliserol atau limbah sisah dari minyak jelantah, sebaiknya didaur ulang lagi agar limbah sisah atau geliserol pada minyak dapat dimanfaatkan kembali.
2. Terdapat lonjakan daya selama 3 detik pada alat proses pembuatan biodiesel, untuk penelitian selanjutnya agar lonjakan daya dapat dihilangkan pada alat proses pembuatan biodiesel.
3. Terdapat sisa sedikit minyak jelantah yang tidak tersedot sepenuhnya ke proses pengendapan, untuk penelitian selanjutnya agar sisa yang tidak tersedot dapat di perbaiki.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhari, Hamsyah ', Dkk. (2016). Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1 (3) pp:1-7.
- [2] Sa'adah, A.F., Fauzi, A. and Juanda, B., (2017). Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17(2) pp:118-137.
- [3] Yandri, V.R., (2012). Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Biodiesel untuk Bahan Bakar Bus Kampus UNAND di Padang. *Dharmakarya*, 1(2) pp:119-125.
- [4] Van Gerpen, J. (2005). Biodiesel *processing and production. Fuel processing technology*, 86(10) pp:1097-1107.
- [5] Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Oktaviana, C. O. (2016). Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2(1) Pp:71-80.
- [6] Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. (2014) Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1) pp:27-34.
- [7] Jaryadi, J.T., Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodiesel menggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1)
- [13] Hajj, D. S., RP, D. A., & Budianto, A. (2019). Pembuatan Biofuel dengan Proses Perengkahan dari Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menggunakan Katalis CaO. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1(1) pp:607-614.
- [39] Hakim, E. Z. R., Hasan, H., & Syukriyadin, S. (2017). Perancangan Mesin Pengering Hasil Pertanian Secara Konveksi dengan Elemen Pemanas Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor DS18B20. *Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*. 2(3) pp: 16-20
- [40] Hegbom, T. (1997). *Integrating Electrical Heating Elements in Product Design*. CRC Press. USA
- [41] Okatama, I. (2016). Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta Jurnal Teknik Mesin*. 5(3) pp: 20-24
- [49] Suroso., Harahap U., & Pasaribu, F. I. (2018). Sistem Kontrol Buka Tutup Valve Pada Proses Pemanasan Air Jaket. *Jesce (Journal Of Electrical And System Control Engineering)*, 1(2). doi.org/10.31289/jesce.v1i2.1759
- [42] Lubis, H., Fathir, A., Dkk. (2016). Rancang bangun alat penggongseng kelapa untuk pembuatan bumbu dapur dengan menggunakan pemanas listrik temperatur 800c dengan kapasitas 3 kg. *Politeknik*

Negeri Lhokseumawe Jurnal
Polimesin. 14(1), 21-26.

[45] Suswanto., Mustaqim., & Wibowo,
A. (2015). Perpindahan Panas Pada
Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan
Sirip Berbentuk Siku Empat. Teknik
Industri Universitas Pancasakti Tegal.
10(1) pp: 47-53.

[46] Burhani, K., Dkk. (2014).
Pengembangan Media Pembelajaran
Perpindahan Panas Radiasi Dengan
Variasi Beda Perlakuan Permukaan
Spesimen Uji. *Journal of Mechanical
Engineering Learning, Fakultas
Teknik, Universitas Negeri Semarang.*
3(2) pp: 86-93

