

# RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN DAN PENCUCI PADA MESIN PENGOLAH BIODIESEL DENGAN BAHAN BAKU MINYAK JELANTAH

## DEVELOPMENT OF COOLING AND WASHING SYSTEM FOR BIODIESEL PROCESSING MACHINE USING WASTE COOKING OIL

Made Rahmawaty<sup>1)\*</sup>, Muhammad Hilmy Fauzan<sup>1)</sup>, Hendriko<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Rekayasa Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Jl. Umban Sari (Patin) No. 1 Rumbai Pekanbaru - Riau 28265

\*email corresponding: [made@pcr.ac.id](mailto:made@pcr.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Diperbaiki:  
Revised  
06/07/2023

Diterima:  
Accepted  
23/10/2023

Publikasi Online:  
Online-Published  
30/04/2024

### ABSTRAK

Terdapat tiga tahapan pengolahan biodiesel berbasis minyak jelantah yaitu proses esterifikasi, pendinginan dan pemurnian FAME, dan filtrasi biodiesel mentah. Waktu yang dibutuhkan untuk pemurnian FAME sekitar dua hingga enam jam karena harus mengikuti proses sedimentasi beberapa kali. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan mesin pemurnian biodiesel yang dilengkapi dengan sistem pendingin. Sistem pendingin bertujuan untuk mempercepat proses sedimentasi. Sistem pendingin menggunakan modul termoelektrik yang dipasang pada pipa dari tangki esterifikasi ke tangki pemurnian. Mesin ini juga dilengkapi dengan sistem kontrol dan katup yang digerakkan oleh motor untuk melakukan proses secara otomatis. Rancangan mesin pemurnian biodiesel telah berhasil dikembangkan dan telah mengikuti serangkaian pengujian. Hasil pengujian akurasi pengukur aliran menunjukkan bahwa mereka bekerja dengan benar. Penerapan sistem pendingin terbukti mengurangi waktu proses sedimentasi menjadi 20 menit yang pada akhirnya mempersingkat waktu proses pemurnian biodiesel. Selain itu, sistem kontrol memungkinkan alat beroperasi secara otomatis, sehingga mengurangi kebutuhan operator secara signifikan.

**Kata Kunci :** Biodiesel, Pemurnian, Sistem Pendingin, Pengukur Aliran, FAME

### ABSTRACT

There are three stages for processing biodiesel-based used cooking oil: the esterification process, cooling and purifying FAME, and filtration of crude biodiesel. The time required for purifying FAME is about two until six hours because it has to follow the sedimentation process several times. Therefore, this research developed a biodiesel purification machine equipped with a cooling system. The cooling system aims to make the sedimentation process faster. The cooling system uses a thermoelectric module attached to a pipeline from the esterification tank to a purification tank. This machine is also equipped with a control system and valve driven by motor to perform the process automatically. The design of the biodiesel purification machine has been successfully developed and has followed a series of tests. The test results on the accuracy of flowmeters show that they work correctly. The application of a cooling system is proven to reduce the sedimentation process time to 20 minutes, which in turn shortens the time for the biodiesel purification process, which in turn shortens the time of the biodiesel purification process. In addition, the control system allows the machine to operate automatically, thereby reducing the operator's need significantly.

**Keywords :** Biodiesel, Purification, Cooling System, Flowmeter, FAME

©2024 The Authors. Published by  
AUSTENIT (Indexed in SINTA)

doi:

[10.53893/austenit.v16i1.6774](https://doi.org/10.53893/austenit.v16i1.6774)

## 1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat besar, termasuk minyak bumi. Penggunaan minyak bumi yang berlebihan dikhawatirkan berdampak pada ketersediaan sumber daya karena tidak dapat diperbarui. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, konsumsi BBM pada tahun 2016 meningkat sebesar 2,76% menjadi 73,56 juta kiloliter dari sebelumnya. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan mengalihkan solar ke biodiesel (Hasan et al., 2012). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif karena berasal dari tumbuhan. Namun, meskipun biodiesel menguntungkan, tantangan terbesarnya adalah biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan harga minyak (Lopes et al., 2013).

Terdapat beberapa metode dan proses pembuatan biodiesel yang telah dilakukan, salah satunya adalah pembuatan biodiesel melalui proses adsorpsi zeolit (Mowla et al., 2018). Meskipun para peneliti tersebut menggunakan zeolit untuk proses adsorpsi, mereka melakukan beberapa modifikasi dan menggunakan bahan utama yang berbeda, seperti minyak jelantah dan kedelai. Metode pembuatan biodiesel lainnya adalah dengan menggunakan NaOH sebagai katalis (Aziz et al., 2017). Mirip dengan kasus metode zeolit, meskipun menggunakan bahan katalis yang sama, komposisi dan mekanisme prosesnya berbeda.

Teknologi produksi minyak sawit juga telah banyak dikembangkan. Salah satunya dalam memproduksi biodiesel dari minyak jelantah (Farooq et al., 2015). Pengembangan biodiesel dari minyak jelantah memiliki manfaat ganda bagi perlindungan lingkungan; yang pertama adalah mengurangi jumlah gas karbon akibat biodiesel yang berasal dari tanaman. Kedua, mengurangi limbah, dimana limbah minyak jelantah berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, biodiesel dapat terurai secara hayati dan hampir tidak mengandung belerang. Keunggulan lain biodiesel dari minyak jelantah adalah dapat mengurangi biaya produksi. Sebagian besar penelitian minyak jelantah berbasis biodiesel berfokus pada pengembangan komposisi katalis yang tepat pada tahap proses esterifikasi (Rachmadona et al., 2022).

Kelemahan pembuatan biodiesel dari minyak jelantah adalah waktu produksi yang lama mulai dari dua hingga enam jam untuk sedimentasi. Lamanya waktu produksi terutama disebabkan oleh waktu yang dibutuhkan untuk pemurnian *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). FAME adalah output yang dihasilkan dari proses esterifikasi. Proses penjernihan membutuhkan waktu lama karena proses sedimentasi untuk memisahkan fasa biodiesel, fasa gliserol, dan fasa air kotor memerlukan satu hingga dua jam. Selain itu, proses

pemurnian biodiesel harus dilakukan berulang kali untuk mendapatkan hasil yang baik. Perkembangan peralatan pengolahan biodiesel telah banyak dipelajari salah satunya adalah pengembangan mesin pengolah biodiesel dimana proses pemisahannya sudah menggunakan sistem bukaan katup otomatis (Jaryadi et al., 2013). Penggunaan sistem kontrol masih terbatas pada pembukaan dan penutupan katup. Pengembangan mesin sederhana menggunakan bahan bekas dengan mekanisme yang hampir sama dikembangkan oleh Khan et al., (2022).

Mesin pengolah biodiesel lainnya dengan proses esterifikasi dilakukan dengan menggunakan reaktor ultrasonik dikembangkan oleh (Zhang et al., 2019). Penggunaan gelombang ultrasonik berbasis reaktor juga dikembangkan oleh (Elma et al., 2018) yang mana hasil pengujian pada gelombang ultrasonik berbasis reaktor menunjukkan bahwa metode ini meningkatkan laju perpindahan massa, yaitu lebih tinggi dari 60°C. Temperatur yang lebih tinggi menyebabkan proses pendinginan dan pemurnian lebih lama. Selain itu, sebagian besar reaktor berbasis gelombang ultrasonik umumnya tanpa sistem pendingin dan pemisahan fasa gliserol dan biodiesel dilakukan secara manual. Untuk mengatasi masalah waktu pengerjaan yang lama, Penerapan metode elektrostatik yang menggunakan listrik tegangan tinggi dan arus lemah. Namun, waktu yang dibutuhkan hanya untuk proses sedimentasi cukup tinggi, antara 40 – 70 menit (Abbaszaadeh et al., 2011).

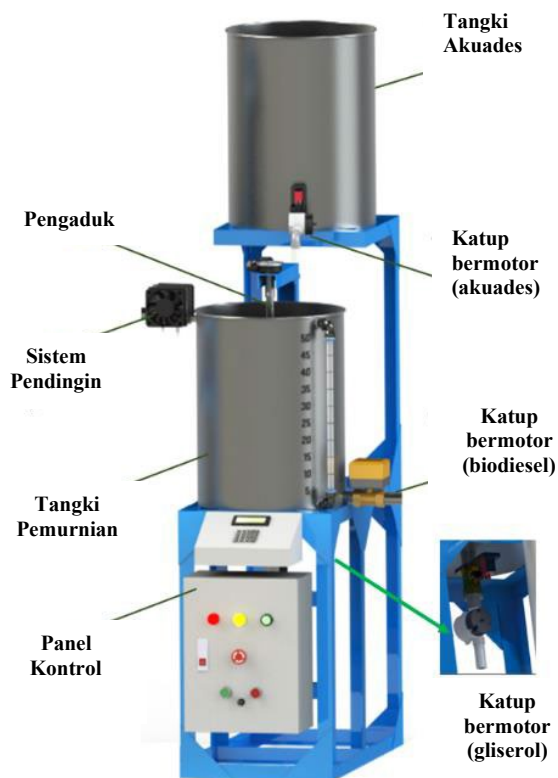
Oleh karena itu, dalam makalah ini dikembangkan mesin penghasil biodiesel berbahan dasar minyak jelantah. Mesin ini dirancang untuk melakukan tiga tahapan proses biodiesel yaitu proses esterifikasi, proses pemurnian dan pendinginan, dan proses filtrasi. Mesin untuk tahap esterifikasi telah dikembangkan oleh (Fitriani et al., 2016). Pembahasan dalam artikel ini berfokus pada pengembangan sistem pemurnian biodiesel yang dilengkapi dengan sistem pendingin. Mesin ini menggunakan modul termoelektrik yang dirancang khusus sebagai sistem pendingin minyak yang diterima dari tangki pemanas (proses esterifikasi). Sedangkan sistem pemurniannya menggunakan katup bermotor yang dikondisikan oleh *flow sensor* sehingga bukaan katup menyesuaikan dengan *volume input* oli yang dimasukkan ke dalam tangki pengolahan.

Mesin ini dikembangkan untuk memperpendek waktu proses pemurnian dalam memproduksi biodiesel dari minyak jelantah. Proses pendinginan cepat diharapkan dapat mempercepat proses endapan untuk menghasilkan fasa gliserol. Sistem otomatis yang diterapkan pada mesin ini, selain untuk mempercepat proses pengolahan biodiesel, juga bertujuan agar proses pemurnian biodiesel dapat berkelanjutan dan dapat mengurangi keterlibatan operator secara signifikan.

## 2. BAHAN DAN METODA

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat mesin pemurnian biodiesel yang dilengkapi dengan sistem pendingin. Oleh karena itu, pada awalnya mesin harus dirancang, meliputi rancangan konstruksi mekanik, rancangan sistem elektronik, dan rancangan sistem kendali. Rancangan tersebut kemudian digunakan untuk mengembangkan konstruksi mesin. Beberapa pengujian dilakukan untuk memastikan mesin yang dikembangkan memenuhi tujuan dari penelitian ini. Proses pengujian mesin dilakukan untuk mengetahui kinerja dan kapasitas mesin.

Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel yang digunakan dalam pemrograman sistem kendali, seperti waktu yang dibutuhkan untuk proses sedimentasi atau laju aliran fluida.

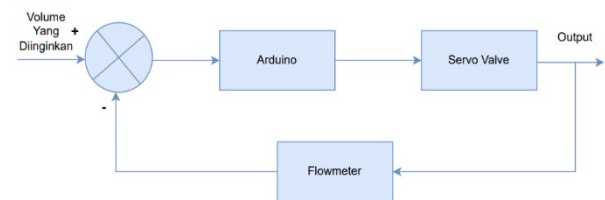


**Gambar 1.** Rancangan Sistem Pendingin dan Pencuci pada Mesin Pengolah Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah

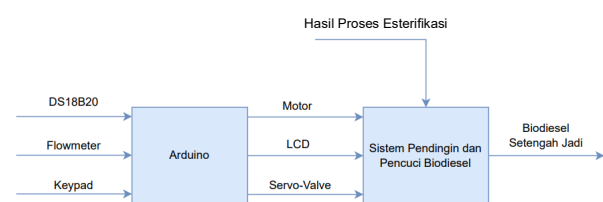
Tangki *aquadest* memiliki katup yang digerakkan oleh *motor servo* dan *flowmeter* untuk menentukan volume keluaran air. Di tangki pemurnian, ada indikator volume. Sebelum FAME masuk ke tangki pemurnian, maka akan didinginkan menggunakan modul peltier. Tangki pemurnian juga memiliki katup yang digerakkan oleh *motor servo* dan *flowmeter* untuk mengatur pembuangan gliserol. Motor digunakan untuk mengaduk campuran. Terdapat panel kontrol dan interface

untuk menampilkan suhu dan *input volume* bahan yang sedang diproses.

Rancangan mesin disajikan pada Gambar 1. Tangki *aquadest* di bagian atas dilengkapi dengan *flowmeter* untuk menghitung jumlah *aquadest* yang masuk ke tangki *aquadest* pemurnian. Jumlah yang dikeluarkan diatur ulang dengan membuka *servo-valve* selama proses pemurnian. Diagram blok sistem kerja *flowmeter* dapat dilihat pada Gambar 2a. Proses kerja *servo-valve* dikendalikan oleh Arduino berdasarkan volume yang diatur di awal. Saat katup servo dibuka, cairan mengalir melalui *flowmeter*. Kemudian *flowmeter* menghitung volume cairan yang dikeluarkan. Ketika volume telah mencapai *setpoint* tertentu, *servo-valve* menutup kembali.



(a)



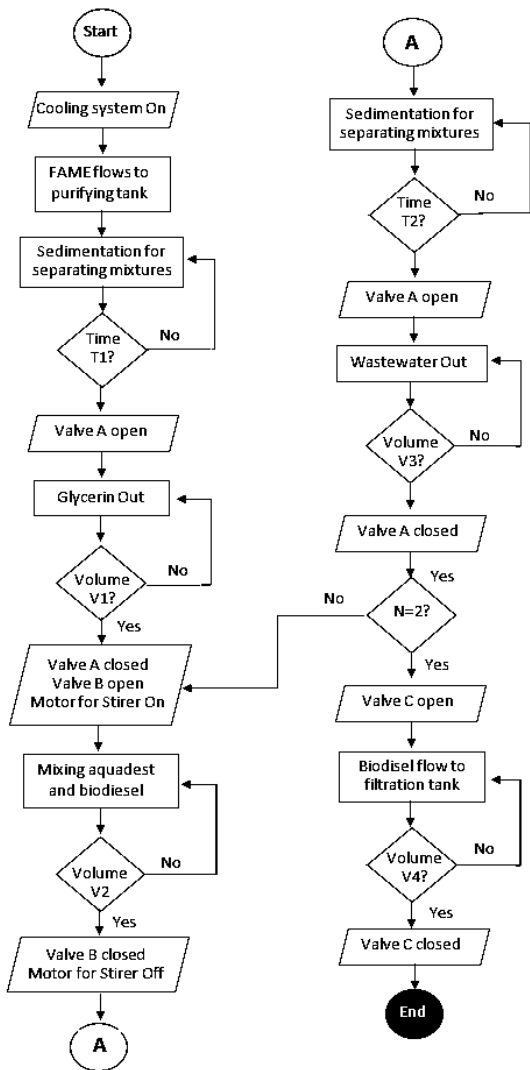
(b)

**Gambar 2.** a) Diagram Blok *Flowmeter*, dan b) Diagram Blok Sistem Pendingin dan Pencuci pada Mesin Pengolah Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah

Secara keseluruhan, proses pemurnian termasuk proses pendinginan dikendalikan oleh Arduino berdasarkan beberapa parameter seperti DS18B20, *flowmeter*, *keypad* yang digunakan untuk mengendalikan motor, LCD, dan *servo-valve*. Proses pendinginan dan pemurnian dimulai dari masuknya hasil dari proses esterifikasi ke sistem pendingin untuk pendinginan dilakukan pencucian di tangki pemurnian. Proses pendinginan dan pencucian akan menghasilkan biodiesel setengah jadi yang kemudian disaring di tangki pemanas dan filtrasi. Diagram blok proses pembuatan biodiesel secara keseluruhan disajikan pada Gambar 2b. Bagian yang ditandai dengan garis putus-putus adalah diagram blok untuk proses pendinginan dan pemurnian.

Bagan alir untuk menggambarkan urutan proses mulai dari proses pendinginan, pemurnian,

hingga pelepasan biodiesel, disajikan pada Gambar 3. Proses dimulai dengan aliran FAME dari tangki esterifikasi melalui pipa yang terhubung ke kotak pendingin. Setelah FAME masuk ke tangki pemurnian seluruhnya, FAME kemudian diendapkan untuk proses sedimentasi. Setelah proses sedimentasi selesai, FAME dipisahkan menjadi dua fase yaitu fase biodiesel di bagian atas dan fase gliserol di bagian bawah. *Servo-valve* B, terletak di bagian bawah tangki, menghilangkan gliserol. Setelah pelepasan gliserol selesai, *servo-valve* B menutup, dan *servo-valve* A, yang terletak di tangki *aquadest*, terbuka untuk melepaskan *aquadest* ke dalam tangki pemurnian. Kemudian motor diaktifkan untuk mencampur biodiesel dan *aquadest*. Setelah proses pengadukan selesai, campuran tersebut diendapkan lagi untuk sedimentasi.



**Gambar 3.** Bagan Alir dari Pendingin dan Pencuci pada Mesin Pengolah Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dikembangkan mesin pemurnian biodiesel dengan sistem pendingin seperti terlihat pada Gambar 4a. Gambar 4b menunjukkan tangki pemurnian dengan sistem pendingin di atasnya. Setelah proses esterifikasi, sistem pendingin bertujuan untuk mendinginkan FAME. Tangki pemurnian terbuat dari *stainless steel*, dan terdapat indikator untuk mengetahui volume tangki.

Gambar 4c menunjukkan katup pasokan air yang diaktifkan selama proses pemurnian. Katup juga dilengkapi dengan *flowmeter*. *Flowmeter* digunakan untuk mengetahui volume *aquadest* yang masuk dan keluar dari tangki. Ketika jumlah cairan yang dibutuhkan seperti yang diketik di *keypad* tercapai, maka katup akan terbuka. *Aquadest* mengalir melalui *flowmeter* dan *flowmeter* mulai menghitung volume air yang masuk. Katup ditutup ketika volume yang diharapkan telah tercapai. Gambar 4d menunjukkan katup untuk menghilangkan *gliserin* setelah menyelesaikan proses sedimentasi.

Serangkaian pengujian dilakukan untuk mengecek performa mesin dalam memproduksi biodiesel dari minyak jelantah. Beberapa pengujian telah dilakukan, termasuk pengujian untuk memeriksa keefektifan sistem pendingin. Tes lain ditujukan untuk memeriksa keakuratan *flowmeter*. Selanjutnya, pengujian juga dilakukan untuk melihat kinerja keseluruhan mesin dalam memproduksi biodiesel. Rincian masing-masing hasil tes disajikan pada sub bab A - C.



**Gambar 4.** (a) Konstruksi Mesin Pemurnian (b) Tangki Pemurnian dengan Sistem Pendingin (c) Katup Suplai Akuades (d) Katup Pembuangan Gliserin

### 3.1 Pengujian Efektivitas Sistem Pendingin

Telah dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja sistem pendingin dalam menurunkan suhu FAME yang keluar dari proses esterifikasi. Pengujian dilakukan dengan memanaskan FAME sekitar 60°C. Kemudian dialirkan ke tangki pemurnian dengan membuka katup proses esterifikasi. FAME melewati sistem pendingin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5a.

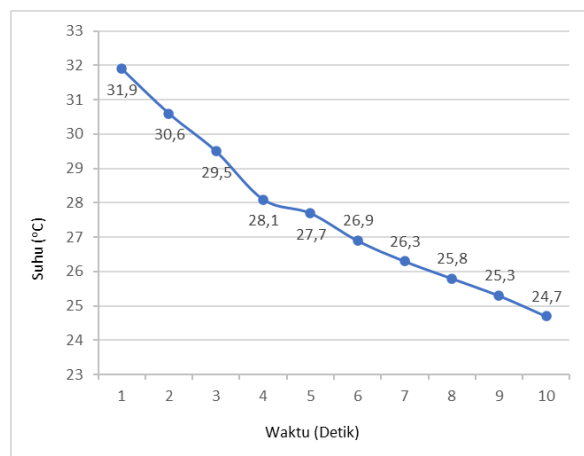
Sistem pendingin memiliki termometer untuk mendeteksi suhu fluida yang mengalir melalui sistem pendingin. Termometer juga dipasang ke tangki pemurnian untuk memeriksa suhu cairan.

Sistem pendingin diuji dua kali, yang pertama untuk memeriksa kinerjanya dalam menurunkan suhu kotak tanpa FAME, dan yang kedua menguji untuk memeriksa kemampuan menurunkan suhu FAME. Pengujian pertama dilakukan dengan mengaktifkan sistem pendingin dan mendeteksi penurunan suhu berdasarkan suhu yang ditampilkan di layar. Dalam pengujian ini, penurunan suhu dalam 10 detik diukur dan dicatat. Pengukuran waktu menggunakan *stopwatch* ditunjukkan pada Gambar 5b. Data pengukuran disajikan pada Gambar 6a. Grafik pada gambar menunjukkan suhu awal kotak pendingin adalah 31,9°C, dan dalam waktu 10 detik suhu turun menjadi 24,7°C. Rata-rata, suhu turun dalam 10 detik sekitar 6,61°C.

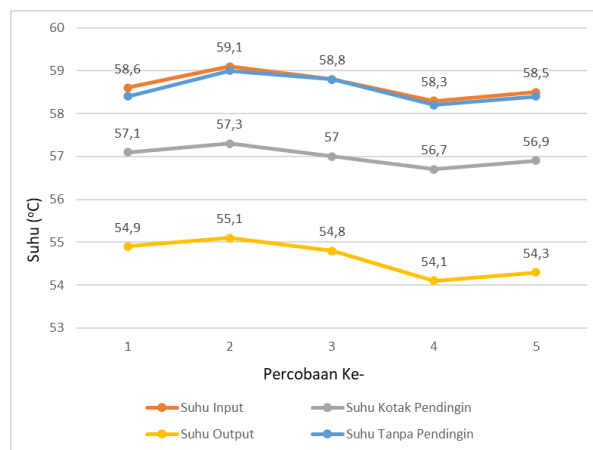
Pengujian kedua dilakukan untuk menguji kemampuan sistem pendingin dalam menurunkan temperatur FAME yang keluar dari tangki esterifikasi seperti pada Gambar 5a. Dalam pengujian ini, pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali. Temperatur yang diukur adalah temperatur FAME saat memasuki sistem pendingin (*input temperature*), dan temperatur saat FAME keluar dari sistem pendingin (*output temperature*). Hasil pengukuran disajikan pada Gambar 6b. Dari grafik pada gambar tersebut terlihat bahwa suhu FAME yang melewati sistem pendingin semakin menurun. Penurunan suhu adalah perbedaan antara suhu masukan dan keluaran. Penurunan suhu rata-rata dari 5 kali pengukuran adalah 3,89°C.



Gambar 5. (a) Pengujian Sistem Pendingin (b) Pengukuran Suhu dan Waktu



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Hasil Pengukuran Suhu pada Kotak Pendingin Tanpa Larutan (b) Hasil Pengukuran Suhu Larutan yang Melalui Pendingin

Meskipun penurunan suhu tidak signifikan, penambahan sistem pendingin dapat mempercepat proses sedimentasi secara signifikan. Waktu yang dibutuhkan untuk proses sedimentasi pada mesin yang dikembangkan hanya 20 menit. Dalam waktu 20 menit, pembentukan fase gliserol dan fase biodiesel telah terjadi secara ideal. Waktu pengendapan tersebut sangat cepat jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya pada proses pemurnian biodiesel tanpa sistem pendingin (Jaryadi et al., 2013) mengembangkan mesin pengolah biodiesel dimana waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan larutan biodiesel adalah 40 menit.

Pengujian dengan sedimentasi selama 60 menit (Kumar et al., 2013). Sementara itu pembuatan biodiesel dari minyak jelantah secara manual dengan waktu pengendapan satu hari atau 24 jam (Fitriani et al., 2016). Penelitian lain dilakukan dengan proses manual dan tanpa sistem pendingin menghasilkan waktu yang sangat lama yaitu 48 jam (Wahyuni et al., 2015). Hasil yang

diperoleh dari penelitian ini masih lebih baik jika dibandingkan dengan metode *elektrostatik* dengan menggunakan listrik tegangan tinggi dan arus lemah yang dikembangkan oleh (Abbaszaadeh et al., 2011), *Settling time* yang ditempuh berkisar antara 40 – 70 menit.

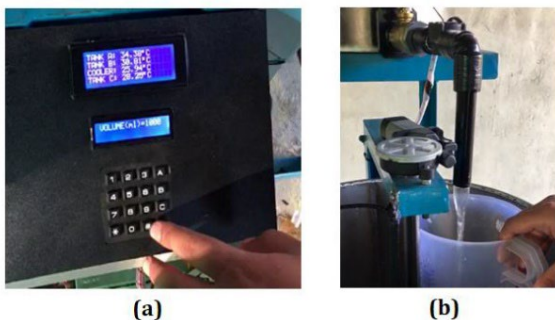
### 3.2 Pengujian Akurasi Flowmeter

Mesin ini memiliki dua *flowmeters*. Yang pertama dipasang pada tangki *aquadest*, dan yang kedua dipasang pada tangki pemurnian. *Flowmeter* pada tangki *aquadest* digunakan untuk menghitung volume *aquadest* yang masuk ke tangki untuk pemurnian. Sementara itu, *flowmeter* pada tangki pemurnian menentukan volume air kotor yang dikeluarkan dari tangki pemurnian setelah proses pemurnian selesai.

Pengujian pada tahap ini adalah untuk memeriksa keakuratan kedua *flowmeter*. Delapan tes dilakukan dengan berbagai volume air. Jumlah air yang harus dikeluarkan dari tangki *aquadest* diatur pada tombol *keypad* seperti pada Gambar 7a. Selanjutnya *motor servo* berputar untuk membuka katup dengan sudut 90°.

Setelah katup dibuka, air mengalir melalui katup dan masuk ke dalam gelas ukur yang telah disiapkan seperti pada Gambar 7b.

Hasil pengujian akurasi *flowmeter* pada tangki *aquadest* dan tangki pemurnian disajikan pada Gambar 8. Dari data yang disajikan terlihat bahwa tingkat kesalahan pada volume rendah relatif tinggi. *Error* tertinggi dari *flowmeter* pada tangki *aquadest* adalah 59,5% yang terjadi pada volume 250 ml. Kesalahan telah menurun secara signifikan saat volume meningkat. Hasil yang akurat diperoleh ketika volume berada dalam kisaran 1250 ml hingga 2000, dengan tingkat kesalahan 0%. Hasil pengujian juga menunjukkan tren yang hampir sama pada *flowmeter* untuk tangki pemurnian. *Error* tertinggi sebesar 62,5% terjadi pada volume 250 ml. Tingkat kesalahan juga menurun secara signifikan ketika volume meningkat. Hasil yang akurat diperoleh untuk volume 1750 ml hingga 2000 ml, dimana tingkat kesalahannya adalah 0%.

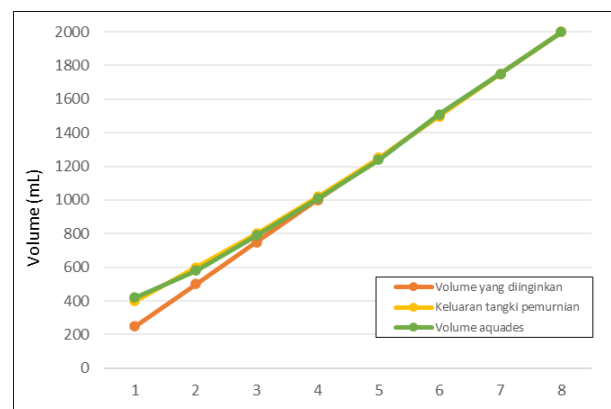


**Gambar 7.** (a) Masukan Volume pada *keypad* (b) Pengukuran Volume Air yang keluar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume *aquadest* yang dimasukkan untuk dikeluarkan dari tangki *aquadest* dan gliserol yang dikeluarkan dari tangki pemurnian tidak akurat pada volume rendah. Akurasi meningkat dengan meningkatnya volume. Dari pengamatan diyakini bahwa Ketidaktepatan terjadi karena gerakan katup yang lambat selama pembukaan, membuat *flowmeter* sulit dihitung secara akurat. Kesalahan membuka katup berdampak sangat signifikan pada volume yang kecil. Dampaknya semakin mengecil seiring bertambahnya volume. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *flowmeter* dapat berfungsi dengan baik untuk volume tinggi (>1500 ml). Mengingat kapasitas tangki pemurniannya cukup besar yaitu 30 liter. Kapasitas pencampuran dan keluaran tangki pemurnian efektif di atas 2000 ml. Hasil pengujian seperti disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa untuk biodiesel kapasitas 10,5 liter, jumlah gliserol yang dihilangkan adalah 2,5 liter. Jumlah gliserol yang dilepaskan melalui tangki pemurnian meningkat seiring dengan peningkatan jumlah biodiesel yang diproses. Jadi, dapat disimpulkan bahwa *flowmeter* bekerja dengan akurat.

Menggunakan *flowmeter* untuk menentukan jumlah volume yang mengalir sangat berguna dalam pengembangan mesin ini. Proses pencampuran *aquadest* dan biodiesel mentah dalam tangki pemurnian, serta proses pengeluaran gliserol dari tangki pemurnian dilakukan tanpa melibatkan operator.

Penerapan sistem kontrol pada mesin ini merupakan salah satu faktor yang mempercepat proses produksi biodiesel dibandingkan dengan beberapa mesin lain yang telah dikembangkan.



**Gambar 8.** Hasil Uji *Flowmeter* pada Tangki Pemurnian dan Tangki *Aquades*

### 3.3 Mengukur Efisiensi Mesin Pemurnian dalam Memproduksi Biodiesel

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi mesin purifikasi dalam memproduksi

biodiesel mentah sebelum masuk ke proses filtrasi. FAME panas masuk ke tangki pemurnian melalui sistem pendingin dan kemudian diendapkan selama 20 menit untuk proses sedimentasi. Sedimentasi dilakukan untuk memisahkan fase gliserol dan biodiesel mentah. Fase gliserol di bagian bawah, dan fase biodiesel mentah di bagian atas. Gliserol kemudian dihilangkan dengan mengaktifkan *motor servo* pada tangki pemurnian untuk membuka katup. Setelah gliserol dikeluarkan, *motor servo* aktif kembali untuk menutup katup.

Selanjutnya *motor servo* pada tabung *aquadest* aktif untuk membuka *valve* agar akuades masuk ke tangki pemurnian. Pada saat yang sama motor pengaduk juga aktif sehingga biodiesel mentah dan air tercampur. Setelah jumlah air yang dibutuhkan untuk proses penjernihan tercapai, *motor servo* pada tangki akuades aktif untuk menutup *valve*. Selanjutnya campuran biodiesel mentah dan air diendapkan kembali selama 20 menit. Setelah 20 menit, terbentuk fasa air kotor di bagian bawah dan fasa biodiesel mentah di bagian atas. Kemudian *motor servo* pada tangki penjernihan aktif kembali untuk membuka katup agar fasa air kotor keluar. Proses pemurnian biodiesel mentah berlangsung selama dua kali sehingga biodiesel menjadi bersih.

**Tabel 1.** Volume Biodiesel yang dihasilkan dari Proses Pemurnian

FAME (L)	Gliserol (L)	Crude Biodiesel	
		(L)	(%)
10,7	2,5	8,2	76,63
16,2	4,3	11,9	73,45
25,4	7,1	18,3	72,04
<b>Rata-rata</b>			<b>74,04</b>

Keluaran hasil proses pemurnian biodiesel disajikan pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa proses pemurnian dapat berlangsung dengan baik. Rata-rata biodiesel mentah yang dihasilkan dari proses pemurnian adalah 74,04% dari volume awal. Volume awal adalah campuran minyak jelantah dan katalis yang masuk ke tangki pemurnian.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dikembangkan mesin pemurnian biodiesel yang dilengkapi dengan sistem pendingin. Mesin ini dikembangkan untuk mengolah biodiesel dengan bahan baku minyak jelantah. Beberapa pengujian dilakukan untuk menguji akurasi sensor yang digunakan pada mesin dan untuk melihat keefektifan mesin pendinginan dan pencuci dalam memproduksi biodiesel mentah. Sistem pendingin tersebut terbukti mempercepat proses pendinginan. Meskipun suhu FAME yang

melewati sistem pendingin berkurang tidak signifikan, hal ini dapat mempercepat proses sedimentasi. Hasil pengujian terhadap akurasi pengukur aliran yang digunakan oleh mesin menunjukkan bahwa alat tersebut bekerja dengan baik. Penerapan sistem pendingin terbukti mampu mempercepat proses sedimentasi yang pada akhirnya mempersingkat waktu proses sedimentasi menjadi hanya 30 menit. Selain itu, sistem kontrol memungkinkan alat berat beroperasi secara otomatis, sehingga mengurangi kebutuhan operator secara signifikan.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Caltex Riau terutama di ruang lingkup Program Studi Teknik Rekayasa Mekatronika serta pihak yang berkontribusi dalam jalannya proses penelitian sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abbaszaadeh, A., Ghobadian, B., Najafi, G., Motevali, A., Mayvan, A. A., Ghobadian, B., Najafi, G., & R, M. (2011). Design , Fabrication and Evaluation of a Novel Biodiesel Processor System. *System*, 2(January), 249–255. [http://ijretr.org/IJRETR\\_Vol. 2, No. 12, December 2013/Design.pdf](http://ijretr.org/IJRETR_Vol. 2, No. 12, December 2013/Design.pdf)
- Aziz, M.T, I., Fadhilah, N. H. B., & Hendrawati, H. (2017). Penggunaan H-Zeolit dan Tawas dalam Pemurnian Crude Glycerol dengan Proses Adsorpsi dan Koagulasi. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), 35–43. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.5143>
- Elma, M., Suhendra, S. A., & Wahyuddin, W. (2018). Proses Pembuatan Biodiesel Dari Campuran Minyak Kelapa Dan Minyak Jelantah. *Konversi*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.31213/k.v5i1.23>
- Farooq, M., & Ramli, A. (2015). Biodiesel production from low FFA waste cooking oil using heterogeneous catalyst derived from chicken bones. *Renewable Energy*, 76, 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.042>
- Fitriani; Agus Haryanto; Sugeng Triyono. (2016). Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Melalui Transertifikasi Dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. In *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya IV*.
- Hasan, M.H., Mahlia, T.M.I., Nur, H. (2012). “A Review on Energy Scenario and Sustainable

- Energy in Indonesia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, hal. 2316 – 2328. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.007>
- Joko Tri Jaryadi, Hendro Priyatman, S. (2013). Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodiesel Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 4.
- Keputusan Direktur jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 0486.K/10/DJM.S/2017, 2017, Standar dan mutu Bahan Bakar Minyak jenis Bensin 90 yang dipasarkan didalam negeri, Jakarta : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Khan, M. Y., Rao, P. S., Pabla, B. S., & Ghotekar, S. (2022). Innovative biodiesel production plant: Design, development, and framework for the usage of biodiesel as a sustainable EDM fluid. *Journal of King Saud University - Science*, 34(6), 102203. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102203>
- Kumar, R., Tiwari, P., & Garg, S. (2013). Alkali transesterification of linseed oil for biodiesel production. *Fuel*, 104, 553–560. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.05.002>
- Lopes, D. de C., Steidle Neto, A. J., Mendes, A. A., & Pereira, D. T. V. (2013). Economic feasibility of biodiesel production from Macauba in Brazil. *Energy Economics*, 40, 819–824. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.10.003>
- Mowla, O., Kennedy, E., & Stockenhuber, M. (2018). In-situ FTIR study on the mechanism of both steps of zeolite-catalysed hydroesterification reaction in the context of biodiesel manufacturing. *Fuel*, 232(January), 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.096>
- Rachmadona, N., Harada, Y., Amoah, J., Quayson, E., Aznury, M., Hama, S., Kondo, A., & Ogino, C. (2022). Integrated bioconversion process for biodiesel production utilizing waste from the palm oil industry. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107550. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107550>
- Wahyuni, S., Ramli, & Mahrizal. (2015). Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Pillar of Physics*, 6, 33–40. <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/fis/article/viewFile/1935/1542>
- Wassell, C. S., & Dittmer, T. P. (2006). Are subsidies for biodiesel economically efficient? *Energy Policy*, 34(18), 3993–4001. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.09.024>
- Zhang, C. Y., Shao, W. L., Zhou, W. X., Liu, Y., Han, Y. Y., Zheng, Y., & Liu, Y. J. (2019). Biodiesel production by esterification reaction on k<sup>+</sup> modified mgal-hydrotalcites catalysts. *Catalysts*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/catal9090742>