

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Pembuatan alat pemanfaatan minyak jelantah menjadi biodiesel diambil ide dasarnya dari teknik transesterifikasi, yakni proses kimiawi antara trigliserida di minyak goreng bekas dengan alkohol (misalnya metanol) dengan katalis untuk menciptakan fatty acid methyl ester (FAME) atau biodiesel. Potensi penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku menjadi sangat tinggi mengingat jumlahnya yang banyak dan juga terbarukan, sehingga dapat memperkecil biaya produksi sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Tak hanya pada aspek penggunaan energi, pemanfaatan limbah menjadi biofuel bisa menjadi teknologi yang tepat guna dalam menghindari pencemaran lingkungan dari limbah tersebut, sementara membantu program diversifikasi energi nasional berdasarkan syarat dan standar mutu nasional.

2.1.1 Limbah Organik (Minyak Jelantah)

Minyak jelantah adalah limbah cair organik yang sering dihasilkan dari proses menggoreng baik di rumah maupun di industri makanan, seperti yang disebutkan oleh (Harahap & Yullia, 2018).

Limbah ini berasal dari berbagai jenis minyak goreng bekas dan mengandung zat-zat berbahaya bagi kesehatan manusia jika digunakan terus-menerus, seperti yang disebutkan dalam penelitian (Adu, 2020). Selain itu, pembuangan minyak jelantah secara sembarangan bisa menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama air, dan termasuk dalam kategori limbah berbahaya dan beracun (B3) (Fatimah & Wardana, 2019; Rezeika et al., 2018). Peningkatan produksi minyak goreng di seluruh dunia juga menyebabkan meningkatnya limbah minyak jelantah, yang biasanya bisa didapatkan secara gratis (Prasetyo, 2018). Melihat dampak negatif dan jumlah yang banyak dari limbah ini, mengubahnya menjadi biodiesel memberikan solusi yang bisa dipertahankan untuk mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus memenuhi kebutuhan energi terbarukan (Jaya et al., 2022; Permana et al., 2020). Biofuel, sebagai bahan bakar yang berasal dari bahan organik, bisa dihasilkan langsung dari tanaman atau melalui proses yang tidak

langsung menggunakan berbagai jenis limbah organik, seperti limbah dari industri, perdagangan, rumah tangga, atau pertanian (Syam et al., 2018). Sesuai tren dunia, pemerintah Indonesia juga menunjukkan komitmen untuk meningkatkan penggunaan biodiesel, dengan target mencapai B30 pada tahun 2030 (St Annisa Gani Rachim et al., 2017).

Dalam konteks ini, mengubah limbah minyak jelantah menjadi biodiesel tidak hanya membantu program pemerintah, tetapi juga memberikan alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Biodiesel ini bersifat dapat diperbarui, tidak beracun, bisa terurai secara alami, dan mampu mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 50% (Latifah Azzahro et al., 2021). Penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak jelantah sudah dilakukan banyak, tetapi masih terus dicari cara-cara untuk memperbaikinya agar hasilnya sesuai dengan standar yang dibutuhkan mesin diesel (Suaniti & Adnyana, 2018). Cara yang efektif untuk mengubah minyak jelantah menjadi biodiesel adalah dengan menggunakan proses transesterifikasi. Proses ini memerlukan reaksi antara trigliserida dalam minyak jelantah dengan alkohol, dengan bantuan katalis, sehingga menghasilkan metil ester asam lemak atau biodiesel serta gliserol (Gita et al., 2018)



Gambar 2. 1 Minyak Jelantah

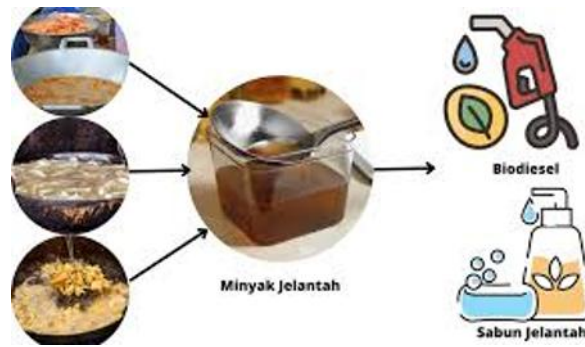
2.1.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses kimia di mana gugus organik berupa alkil dari sebuah ester berubah menjadi gugus organik alkohol. Dalam kata-kata yang lebih mudah, proses ini "melepas" molekul ester lalu menyusun ulang menjadi struktur ester yang baru. Dari segi industri, transesterifikasi sangat populer karena menjadi cara utama dalam menghasilkan biodiesel, yaitu bahan bakar yang lebih cair dan efisien.

Bahan yang digunakan dalam proses ini biasanya berupa trigliserida, yang bisa didapatkan dari minyak nabati, lemak hewan, atau minyak bekas, serta alkohol dengan rantai pendek. Metanol adalah jenis alkohol yang banyak digunakan karena harganya murah dan sifatnya yang mudah bereaksi, sehingga bisa menghasilkan produk bernama Fatty Acid Methyl Esters (FAME) yang sering disebut sebagai biodiesel. Selain metanol, etanol juga bisa digunakan, meski cara pengolahannya sedikit lebih rumit. Agar reaksi berjalan cepat dan efisien, dibutuhkan bantuan katalis. Katalis membantu mengurangi energi yang diperlukan agar molekul-molekul bisa bereaksi dengan lebih mudah, bahkan pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Biasanya, produsen menggunakan katalis berbasis kuat seperti Kalium Hidroksida (KOH) atau Natrium Hidroksida (NaOH).

Katalis basa ini banyak digunakan karena dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan katalis asam. Dalam mekanisme reaksi, proses ini terjadi melalui beberapa tahap di mana molekul alkohol bereaksi dengan atom karbon pada rantai trigliserida. Satu persatu, tiga rantai asam lemak yang terikat pada bagian tengah gliserol dilepaskan dan bergabung dengan molekul alkohol yang baru. Setelah reaksi mencapai titik keseimbangan, campuran akan terbentuk menjadi dua lapisan cair yang berbeda karena perbedaan dalam berat jenis masing-masing lapisan. Lapisan di atas yang lebih ringan adalah biodiesel mentah, sedangkan lapisan di bawah yang lebih kental dan gelap adalah gliserol. Gliserol ini adalah produk tambahan yang sangat bernilai karena setelah diproses agar murni, bisa digunakan sebagai bahan utama dalam berbagai bidang seperti industri farmasi, kosmetik, dan pembuatan sabun.

Menggunakan proses transesterifikasi memberikan manfaat besar bagi lingkungan dan meningkatkan ketahanan energi. Dengan mengubah minyak nabati yang tersedia kembali menjadi bahan bakar, kita bisa mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin habis. Selain itu, biodiesel yang dihasilkan memiliki nilai setana yang lebih besar dan mengeluarkan lebih sedikit gas buang, sehingga menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan untuk masa depan transportasi global.



Gambar 2. 2 Proses Transesterifikasi

2.1.3 Mekanisme Transesterifikasi

Mekanisme reaksi transesterifikasi, khususnya yang memakai katalis basa seperti KOH atau NaOH, terdiri dari beberapa langkah nukleofilik yang diatur secara teratur. Berikut adalah penjelasan mendalam mengenai langkah-langkah molekulernya:

1. Pembentukan ion alkoksida dimulai dengan reaksi antara alkohol, seperti metanol, dan katalis basa. Basa akan menarik proton (H^+) dari gugus hidroksil alkohol, sehingga menghasilkan ion alkoksida (dalam hal ini metoksida) yang sangat reaktif sebagai nukleofil
2. Serangan nukleofilik oleh ion alkoksida yang sangat reaktif kemudian menyerang atom karbon pada gugus karbonil dari molekul trigliserida. Karena atom karbon tersebut memiliki muatan positif sebagian (δ^+), alkoksida bisa masuk dan membentuk ikatan baru
3. Hasil dari serangan tersebut adalah terbentuknya intermediet tetrahedral. Pada tahap ini, ikatan ganda antara karbon dan oksigen ($C=O$) berubah menjadi ikatan tunggal, dan oksigen membawa muatan negatif ($C-O^-$). Struktur ini tidak stabil dan akan mengalami perubahan lagi segera.
4. Intermediet tetrahedral tadi akan "hancur" dan melepaskan digliserida. Oksigen kembali membentuk ikatan ganda dengan karbon, sehingga ikatan antara karbon karbonil dengan rantai gliserol putus. Hasilnya adalah satu molekul metil ester (biodiesel) dan satu anion digliserida.
5. Anion digliserida yang baru terbentuk langsung mengambil proton dari katalis yang sudah bermuatan positif (BH^+) yang terbentuk pada langkah pertama. Proses ini memperbaiki digliserida dan sekaligus mengembalikan

katalis basa, sehingga bisa memulai siklus baru untuk rantai lemak berikutnya.

6. Proses ini berulang tiga kali untuk setiap satu molekul trigliserida. Reaksi akan terus berlangsung dari trigliserida menjadi digliserida, lalu monogliserida, hingga akhirnya melepaskan semua rantai asam lemak dan menyisakan gliserol sebagai hasil akhirnya.

2.1.4 Katalis

Katalis adalah suatu zat kimia yang memiliki kemampuan khusus untuk mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan kimia yang tetap atau habis digunakan dalam proses tersebut. Secara sederhana, katalis bekerja seperti seorang perantara yang mempertemukan molekul-molekul reaktan agar reaksi berlangsung lebih cepat, namun katalis itu sendiri tidak ikut berubah dan tetap dalam kondisi yang sama setelah reaksi selesai. Secara teknis, katalis adalah bahan yang mampu mengurangi energi aktivasi (Σ), yaitu jumlah energi minimum yang dibutuhkan agar suatu reaksi kimia dapat terjadi. Dengan adanya katalis, energi yang harus dikembangkan oleh reaktan untuk bereaksi menjadi lebih kecil, sehingga lebih banyak molekul dapat mencapai tingkat energi tertentu dan berubah menjadi produk dalam waktu yang lebih singkat.

Sifat dasar katalis adalah tidak mengubah kesetimbangan energi reaksi, tetapi hanya mempercepat proses sampai kesetimbangan tersebut tercapai. Karena tidak mengalami perubahan permanen, katalis bisa terus digunakan dalam proses yang berulang-ulang. Hal ini membuat penggunaan katalis sangat efisien karena hanya sedikit katalis saja sudah cukup untuk memproses jumlah reaktan yang sangat besar secara terus-menerus.

Selain itu, arti katalis juga melibatkan aspek selektivitas, yaitu katalis umumnya hanya dapat bekerja dengan cara tertentu untuk jenis reaksi tertentu. Kemampuan ini sangat penting karena katalis bisa membimbing reaksi kimia agar menghasilkan produk utama yang diinginkan dan mengurangi pembentukan produk sampingan yang tidak berguna. Secara singkat, katalis bukan hanya sekadar bahan yang mempercepat reaksi, tetapi juga berguna untuk mengatur efisiensi dalam proses perubahan materi.

a. Katalis Basa

Katalis basa adalah zat kimia yang digunakan untuk mempercepat proses reaksi kimia dengan cara meningkatkan jumlah partikel nukleofilik dalam sistem tersebut. Dalam proses kimia seperti transesterifikasi, katalis ini bekerja dengan menarik proton (H^+) dari molekul alkohol, sehingga menghasilkan ion alkoksida yang sangat reaktif. Ion ini kemudian menyerang rantai lemak untuk membentuk ester baru. Katalis basa sangat disukai di industri karena mampu memberikan hasil yang bagus dalam waktu singkat dan pada suhu yang tidak terlalu tinggi, sehingga menjadi pilihan yang hemat energi.

Katalis Basa memiliki dua jenis sebagai berikut, Jenis pertama adalah katalis basa homogen, yaitu katalis yang memiliki bentuk fisik yang sama dengan bahan-bahan yang bereaksi, biasanya berupa cairan. Contoh yang sering digunakan adalah Natrium Hidroksida (NaOH) dan Kalium Hidroksida (KOH). Karena berada dalam fase yang sama, katalis ini bisa tercampur merata dengan minyak dan alkohol, sehingga interaksi antara molekul terjadi dengan cepat. Namun, kelemahannya adalah katalis ini sulit dipisahkan dari hasil akhir dan berisiko membentuk sabun jika bahan baku memiliki kandungan asam lemak bebas yang tinggi. Jenis kedua adalah katalis basa heterogen, yang berbentuk padat dan memiliki fase yang berbeda dengan bahan yang bereaksi. Contohnya adalah Kalsium Oksida (CaO), Magnesium Oksida (MgO), atau hidrotalsit. Katalis ini bekerja di permukaan padatnya, di mana reaksi terjadi ketika molekul-molekul reaktan melekat pada situs aktif katalis. Keunggulan utama dari jenis heterogen adalah kemudahannya untuk dipisahkan dengan cara menyaring setelah reaksi selesai. Selain itu, katalis ini lebih ramah lingkungan karena bisa dicuci dan digunakan ulang untuk siklus produksi berikutnya tanpa membuat efektivitasnya berkurang banyak.

2.1.5 Proses Pengendapan

Setelah reaksi transesterifikasi selesai, campuran yang dihasilkan terdiri dari metil ester (biodiesel) dan gliserol yang harus dipisahkan melalui proses sedimentasi berdasarkan perbedaan massa jenis (Mukminin et al., 2023). Waktu pengendapan yang optimal sangat penting karena gliserol memiliki densitas yang lebih tinggi sehingga akan mengendap di dasar wadah, sementara biodiesel yang memiliki densitas lebih rendah akan mengapung di lapisan atas. Proses ini biasanya

memakan waktu 8 hingga 24 jam agar pemisahan fase dapat berlangsung dengan sempurna berkat gaya gravitasi alami di dalam tangki pengendap.

Efisiensi dari tahap pemisahan ini sangat dipengaruhi oleh parameter fisik seperti suhu dan viskositas campuran. Pengendalian suhu saat masa tenang (settling) sangat berpengaruh terhadap laju pergerakan molekul gliserol ke bawah. Jika suhu terlalu rendah, viskositas akan meningkat dan dapat menghambat proses pengendapan yang tidak efisien (Priscilla et al., 2024). Oleh karena itu, mempertahankan suhu dalam rentang 50°C membantu mengurangi tegangan permukaan, sehingga butiran-butiran gliserol dapat bergabung (coalescence) lebih cepat sebelum dikeluarkan melalui katup penguras yang terletak di bagian bawah mesin pengolah.

Keberhasilan pada tahap pengendapan awal sangat penting dalam menentukan kualitas bahan bakar yang akan dihasilkan sebelum masuk ke tahap pencucian. Seperti yang dijelaskan oleh (P Wiyata & W Broto, 2021), gliserol yang masih tersisa dan tidak terendapkan dengan baik bisa menyebabkan kandungan total gliserol dalam biodiesel melebihi standar mutu SNI, sehingga berpotensi merusak sistem injeksi pada mesin kendaraan. Tahap pemisahan fase yang jernih di awal akan memudahkan proses pemurnian berikutnya, sehingga penggunaan air pada tahap pencucian dapat diminimalkan, sehingga menghasilkan biodiesel yang lebih ramah lingkungan dan berkualitas tinggi.

2.1.6 Konsep Rancang Bangun

Dalam membuat alat untuk memproses limbah minyak jelantah, prinsip penggunaan energi yang hemat dan bahan-bahan yang ada di sekitar sangat penting. Reaktor transesferifiksi perlu dirancang agar bisa menjaga suhu yang sesuai selama proses berlangsung, dan sistem otomatisasi yang ada akan membantu dalam melakukan operasi serta pemantauan secara lebih mudah. Selain itu, motor listrik harus dibuat agar bisa bekerja dengan baik dalam mengaduk campuran yang akan dipanaskan hingga menjadi biodiesel berkualitas.

Rencana ini diharapkan bisa memproses minyak jelantah secara efektif dan menghasilkan bahan bakar yang memiliki nilai energi sama dengan bahan bakar fosil, sehingga bisa menjadi solusi yang ramah lingkungan untuk masalah limbah minyak jelantah sekaligus kebutuhan energi.

a. Burner

Burner adalah perangkat yang digunakan untuk membuat api dalam memanaskan suatu produk, dengan memakai bahan bakar berupa gas, padat, atau cair, seperti LPG, batu bara, atau minyak tanah. Pada kompor gas, burner digunakan untuk mengarahkan bentuk nyala api. Nyala yang dihasilkan oleh kompor gas konvensional biasanya kecil, halus, dan melebar (Purwanto et al., 2005).



Gambar 2. 3 Burner

- b. Perencanaan rangka adalah bagian penting dalam proses merancang secara keseluruhan, karena rangka berperan sebagai dasar utama untuk meletakkan semua bagian mesin. Beberapa hal yang harus diperhatikan saat merancang kerangka meliputi daya tahan, ketangguhan, penampilan, kemampuan menghadapi karat, biaya pembuatan, bobot, dan ukuran.

2.1.7 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang bekerja dengan mengubah energi listrik arus searah menjadi energi gerak berupa putaran. Hal ini terjadi karena adanya interaksi antara medan magnet yang ada di stator dan arus listrik yang mengalir di komponen rotor. Dalam aplikasi nyata, seperti motor wiper pada sistem kebersihan kaca mobil, motor DC yang digunakan biasanya berupa motor DC magnet permanen yang sudah terpasang dengan mekanisme roda gigi cacing. Integrasi komponen mekanis ini bertujuan untuk mengurangi kecepatan putaran poros yang sangat cepat sekaligus meningkatkan tenaga torsi keluarannya, sehingga wiper pembersih memiliki daya mekanis yang tetap, kuat, dan responsif saat membersihkan kotoran atau air di permukaan kaca.



Gambar 2. 4 Motor DC

Untuk menentukan daya motor pengaduk bisa menggunakan rumus ini :

$$P = Np \times p \times n^3 \times Dp^3 \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

P = Daya motor

Np = Power number

P = jenis fluida

N = Kecepatan putar

Dp = Diameter pengaduk

2.1.8 Massa Jenis

Massa jenis adalah ukuran yang menunjukkan seberapa rapat massa suatu zat terhadap volumenya. Dalam merancang reaktor transesferifikasi, massa jenis sangat penting untuk menentukan ukuran reaktor dan kemampuan operasionalnya.

Rumus perhitungannya:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

ρ = massa jenis (kg/m³)

m = massa (kg)

v = volume (m³)

Dengan mengetahui berat jenis minyak jelantah (sekitar 907 kg/m³ hingga 931 kg/m³), maka kita bisa mengetahui volume tabung pemanas yang dibutuhkan untuk memproses sejumlah minyak jelantah tersebut. Perhitungan ini sangat

berguna untuk mengetahui ukuran dan kapasitas alat, serta meningkatkan efisiensi dalam proses.

2.1.9 Design Tabung Pemanas

Tabung pemanas, yang sering disebut sebagai heater tube dalam berbagai sistem pemanasan industri, adalah komponen berbentuk saluran atau tabung yang bertugas mengalirkan fluida panas seperti air, minyak, atau gas sekaligus melakukan fungsi pemanasan atau pendinginan untuk meningkatkan suhu fluida tersebut. Tabung pemanas berfungsi utama untuk menyerap panas dari sumber pemanas, lalu mentransfer panas tersebut ke fluida yang mengalir melalui tabung.

Volume reaktor ditentukan dengan:

$$V = A \times t \dots\dots\dots (2.3)$$

$$A = \pi \times r^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

V = volume reaktor (m³)

A = luas penampang (m²)

t = tinggi reaktor (m)

r = jari-jari penampang reaktor (m)

a. Menentukan Massa

$$M = V \times \rho \dots\dots\dots (2.5)$$

b. Volume bahan

$$V_{bahan} = \frac{M}{\rho} \dots\dots\dots (2.6)$$

c. Volume total

$$V_t = V_b \times (20\% \times V_b) \dots\dots\dots (2.7)$$

d. Volume reaktor

$$V_{reaktor} = V_{bahan} \times 16\% \dots\dots\dots (2.8)$$

e. Diameter reaktor

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_t}{\pi}} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.1.10 Panas Yang Dibutuhkan

Secara sederhana, panas yang dibutuhkan (sering disimbolkan dengan huruf Q) adalah total energi panas yang harus diberikan atau diserap oleh suatu benda agar suhunya bisa meningkat sesuai dengan tujuan yang kita inginkan. Jika dibandingkan, panas yang dibutuhkan itu seperti "bensin" yang harus diisi ke dalam tangki kendaraan. Semakin jauh tujuan perjalananmu, semakin tinggi suhu yang ingin dicapai, maka semakin banyak bensin atau energi panas yang perlu kamu gunakan.

Dengan menggunakan rumus dasar sebagai berikut :

$$Q = M \times C \times \Delta T \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

Q = Jumlah kalor

M = Massa benda

C = Kalor Jenis

ΔT = Perubahan Suhu

Didalam rumus perpindahan panas yang digunakan ada beberapa persamaan rumus yang digunakan agar hasil yang didapatkan menjadi presisi, persamaan rumusnya adalah sebagai berikut :

a. Daya output

$$P_{out} = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2.11)$$

b. Efisiensi kompor

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

c. Daya nyata

$$P_n = \frac{M \times C \times \Delta T}{t} \dots\dots\dots (2.13)$$

d. Daya input

$$P_{in} = \frac{M \times LHV}{t} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

LHV = Lower Heating Value

2.1.11 Perhitungan Tekanan dan Ketebalan Tabung Reaktor

Tabung reaktor beroperasi dengan tekanan tertentu karena adanya pemanasan yang terjadi. Untuk memastikan aman, tabung reaktor perlu dibuat dengan memperhatikan tekanan yang direncanakan dan ketebalan dindingnya. Ketebalan minimum dinding tabung pemanas dihitung menggunakan rumus:

$$t = \frac{(p \times r)}{(S \times E - 0,6 \times P)} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

t = tebal minimum dinding (m)

P = tekanan desain (Pa)

r = radius dalam reaktor (m)

S = tegangan ijin material (Pa)

E = efisiensi sambungan las

2.1.12 Sistem Pengaduk

Sistem pengaduk yang menggunakan poros dan sirip (impeller) adalah alat mekanis yang digunakan untuk mencampur, mengaduk rata, atau menyebarkan bagian-bagian bahan di dalam sebuah wadah. Cara kerjanya adalah dengan mengubah energi putar menjadi gerakan kinetik pada cairan. Sistem ini menggunakan poros berputar sebagai sumbu utama dan sirip-sirip yang dipasang di sepanjang poros untuk menciptakan aliran fluida, baik secara aksial maupun radial, sehingga mempercepat proses pencampuran bahan yang berbeda fase, mencegah terjadinya pengendapan zat padat di dasar wadah, serta meningkatkan perpindahan panas dan laju reaksi kimia di dalam cairan secara menyeluruh dan efisien.

Menggunakan beberapa rumus sebagai berikut :

- a. Diameter pengaduk

$$Dp = \frac{1}{3} \times D \dots\dots\dots (2.16)$$

- b. Lebar bilah

$$Lb = \frac{1}{5} \times Dp \dots\dots\dots (2.17)$$

c. Jarak pengaduk dari dasar

$$C = \frac{1}{3} \times D \text{ atau } C = Dp \dots\dots\dots (2.18)$$

d. Panjang Poros

$$L = (L_{total} + L_{dudukan}) - C \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

Dp = Diameter Pengaduk

D = Diameter Reaktor

2.1.13 Bilangan Renold

Bilangan Reynolds (Re) adalah sebuah perbandingan tak berdimensi dalam mekanika fluida yang menunjukkan hubungan antara gaya inersia, yaitu gaya yang membuat fluida terus bergerak, dengan gaya viskos, yaitu gaya gesek internal yang menghambat aliran fluida. Dalam proposal penelitian saya, terutama yang berkaitan dengan sistem pengaduk berporos dan bersirip, bilangan Reynolds berperan sebagai indikator matematis penting untuk mengetahui jenis aliran fluida yang terjadi di dalam wadah, apakah berupa aliran laminar (teratur dan lambat), aliran transisi, atau aliran turbulen (acak dan bergetar). Dengan mengetahui nilai Re, saya bisa memprediksi secara ilmiah seberapa baik campuran terhomogenisasi, menghitung daya motor yang dibutuhkan agar tidak melampaui batas, serta menganalisis seberapa efisien panas dari elemen pemanas berpindah ke fluida yang sedang dicampur. Bilangan Renold bisa dicari menggunakan persamaan berikut.

$$Re = \frac{\rho \times n \times Dp^2}{\mu} < 10.000 \text{ (Laminar)} \dots\dots\dots (2.20)$$

Re = Renold

P = Massa jenis

N = Kecepatan Putar

Dp = Diameter Pengaduk

M = Viskositas dinamik

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Dwi Widjanarko, Abdurrahman, dan Hadromi, 2014) berlatar belakang mengenai ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memerlukan penciptaan opsi energi terbarukan yang lebih berkelanjutan. Namun, penggunaan minyak goreng yang berlebihan dapat menimbulkan masalah lingkungan yang signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Meskipun demikian, limbah ini dapat diubah menjadi sumber energi alternatif.. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat pengolah limbah minyak jelantah menjadi bahan bakar biodiesel. Metode penelitian ini ialah melakukan eksperimen dengan merancang, membuat, dan menguji alat untuk mengolah minyak jelantah menjadi biodiesel yang dilakukan di lab minyak bumi teknik kimia fakultas teknik Universitas Gajah Mada.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Juliansyah Harahap, 2018), adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan data potensi limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari restoran dan rumah makan di kota Banda Aceh yang nantinya akan dipakai sebagai data awal dalam penentuan kebijakan pengelolaan limbah minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif yaitu biodiesel. Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode deskriptif analitis dengan pendekatan kuantitatif dimana untuk mendapatkan jumlah potensi limbah minyak jelantah dilakukan dengan metode statistik dengan pengambilan sampel populasi secara acak. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu didapatkannya besaran jumlah potensi limbah minyak jelantah yang dihasilkan oleh sebanyak 52 restoran dan rumah makan yang berizin yang ada di kota Banda Aceh yaitu sebesar 184,956 liter per harinya.

Kemudian penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (M.Anang Fatkhul Mubin, dkk, 2023), hal yang melatar belakangi penelitian ini yaitu mencoba menggunakan limbah minyak jelantah untuk membuat biodiesel ramah lingkungan melalui metode transesterifikasi dengan berbagai konsentrasi katalis KOH untuk menganalisis bagaimana hal itu memengaruhi sifat fisik dari bahan bakar yang dihasilkan. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode transesterifikasi, pada tahap ini minyak jelantah direaksikan dengan Kalium Hidroksida (KOH) yang dicampur Methanol dengan perbandingan reaksi 500 : 125

: 0,5 dan 500 : 125 : 1%, kemudian dilakukan pengadukan selama 1 jam dengan rentan suhu 500C – 600C. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan hasil perbandingan antara minyak jelantah dengan Methanol adalah 4:1 dan katalis KOH sebanyak 0,5% dan 1% dan juga jumlah katalis KOH yang digunakan sangat berpengaruh terhadap nilai viskositas, densitas, flash point (titik nyala), dan cetane number pada biodiesel yang dihasilkan. Hasil analisa biodiesel pada setiap variable yang dibuat sudah sesuai dengan SNI 04-7182-2006.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Kategori	Peneliti 1	Peneliti 2	Peneliti 3
Objek Penelitian	Alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel.	Potensi limbah minyak jelantah dari restoran/rumah makan di Banda Aceh.	Karakteristik fisik biodiesel dari minyak jelantah.
Variabel Yang Dikaji	Desain alat, fungsionalitas komponen, dan unjuk kerja alat pengolahan.	Jumlah/volume limbah minyak jelantah harian dan sebaran sumber limbah.	Konsentrasi katalis KOH (0,5% dan 1%), viskositas, densitas, flash point, dan cetane number
Metode	Eksperimen (merancang, membuat, dan menguji alat) di Laboratorium Teknik Kimia UGM.	Deskriptif analitis dengan pendekatan kuantitatif (sampling acak dan statistik).	Eksperimen laboratorium melalui proses transesterifikasi (reaksi suhu 50°C – 60°C selama 1 jam).
Hasil Utama	Terciptanya alat pengolah minyak jelantah menjadi biodiesel yang berfungsi dengan baik.	Potensi minyak jelantah di Banda Aceh mencapai 184,956 liter per hari dari 52 rumah makan.	Variasi katalis KOH memengaruhi sifat fisik biodiesel. Hasil uji pada semua variabel telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006.
Keterkaitan Dengan Penelitian Anda	Menjadi acuan utama dalam konsep perancangan, pembuatan fisik, dan skema pengujian performa alat.	Menjadi dasar argumentasi latar belakang bahwa pasokan bahan baku melimpah dan siap diolah oleh alat yang Anda buat	Menjadi acuan parameter operasional alat (seperti kontrol suhu 50°C-60°C dan waktu reaksi 1 jam) agar hasil alat sesuai standar SNI.

Berdasarkan analisis terhadap berbagai penelitian sebelumnya yang tertera dalam Tabel 2.1, dapat dilihat bahwa studi-studi tersebut telah membahas isu-isu yang terkait dengan penelitian ini, namun terdapat keterbatasan pada peneliti 1, 2,

dan 3.

Penelitian yang dilakukan oleh Widjanarko dan rekan-rekannya (2014) lebih mengutamakan eksperimen pembuatan alat, namun belum secara mendalam menguji parameter kimiawi dari kualitas biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan standar SNI. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Harahap (2018) hanya menyentuh aspek pemetaan potensi volume limbah secara deskriptif tanpa melakukan analisis terhadap teknologi pengolahan fisiknya, sedangkan Mubin dan rekan-rekannya (2023) fokus pada optimasi variabel kimia di laboratorium tanpa menerapkannya dalam desain sistem mekanis alat yang terintegrasi..