

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap tahun, sektor pengolahan buah beserta sayur menghasilkan limbah dalam jumlah yang mengejutkan (25-40%), seperti kulit, biji, ampas, ampas ampas, dll., yang sering dibuang ke lingkungan dan menyebabkan polusi udara serta menimbulkan masalah pengelolaan yang serius dan mahal. Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian khusus telah diberikan untuk memproses limbah ini untuk mengubahnya menjadi bahan yang berharga dan memulihkan beberapa komponen penting (yaitu fenolik, antosianin, flavonoid, vitamin, mineral, dan antioksidan). Senyawa-senyawa ini memiliki sifat antimikroba, antioksidan, anti-diabetes, anti-penuaan, anti-kanker, dan anti-obesitas. Selain itu, mereka dapat menjadi sumber yang murah dan terbarukan untuk mengembangkan bahan-bahan fungsional yang dapat digunakan dalam formulasi makanan, serta bahan baku untuk industri farmasi, kosmetik, dan peternakan (Islam et al, 2023).

Meningkatnya jumlah sampah makanan, khususnya kulit buah dari industri jus, rumah makan, dan pedagang buah, akibat konsumsi berlebihan, terutama di wilayah perkotaan, menyebabkan sejumlah masalah lingkungan. Praktik pembuangan dan pengelolaan sampah yang buruk secara langsung berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan akibat besarnya emisi gas rumah kaca, yang dihasilkan dari penguraian bahan organik. Upaya para peneliti untuk mengelola sampah ini melalui daur ulang belum memuaskan. Oleh karena itu, gagasan untuk mengembalikan sampah kulit buah ke proses produksi sebagai sumber daya hayati yang berharga dianggap ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dalam Penelitian (Bello et al, 2023), telah menunjukkan bahwa kulit buah memiliki kandungan fitokimia yang lebih tinggi dengan sifat antioksidan dari pada daging buah dan bijinya. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa kunci seperti asam fenolik, flavonoid, karotenoid, dll. Antioksidan dari senyawa berbasis fenolik biasanya lebih mudah larut dan lebih efektif dalam menetralkan radikal bebas dibandingkan dengan senyawa alifatik rantai lurus (karotenoid), karena struktur kimianya yang lebih kompleks dan adanya banyak gugus OH

Namun, studi sebelum ini telah mengungkapkan bahwa mayoritas antioksidan yang berasal dari alam memiliki efektivitas penangkalan yang lebih rendah dibandingkan dengan antioksidan sintetis. Dalam Penelitian (Bello et al, 2023), tentang potensi penggunaan campuran limbah kulit buah untuk meningkatkan kemampuan penangkalan radikal bebas masih terbatas. Untuk menjembatani kesenjangan ini, penelitian ini menganalisis kombinasi ekstrak kulit buah pisang, mangga, dan kelapa sawit, yang masing-masing mengandung beta-karoten, quercetin, dan asam galat, sebagai pendekatan yang relevan

untuk meningkatkan kemampuan penangkalan radikal bebas dari ekstrak tersebut dan menciptakan penangkal yang lebih efektif dan akhirnya menilai potensi penggunaan ekstrak kulit dalam industri sebagai aditif antioksidan untuk meningkatkan stabilitas oksidatif rendah biodiesel.

Pemakaian bahan bakar fosil secara berlebihan menimbulkan lonjakan emisi gas rumah kaca, yang berdampak pada manusia, lingkungan, dan ekosistem. Sebagai solusinya, energi hijau seperti biodiesel dipandang sebagai alternatif yang menarik untuk solar berbasis minyak bumi, dengan potensi untuk memenuhi berbagai target keamanan energi di tingkat regional. Sebagai sumber energi bersih dengan emisi rendah dan karakteristik pembakaran yang efisien, biodiesel memiliki potensi untuk secara signifikan mengurangi permintaan besar untuk bahan bakar cair. Sayangnya, stabilitas oksidasi yang buruk dianggap sebagai masalah serius yang menghambat produksi massal dan penggunaan biodiesel secara luas.

Antioksidan adalah zat yang menghambat, menetralkan, atau melindungi dari kerusakan akibat radikal bebas dengan memberikan hidrogen atau elektron. Senyawa ini berfungsi dengan menetralkan atau membersihkan radikal bebas, mencegah penyebarannya, dan meningkatkan ketahanan oksidasi pada makanan, sistem biologis, dan produk industri lainnya.

Meningkatkan daya tahan biodiesel dan melindungi sistem pembakaran pada kendaraan, digunakan zat aditif antioksidan. Saat ini, antioksidan yang paling banyak digunakan adalah senyawa fenolik sintetis, misalnya tert-butylhydroquinone (TBHQ) dan butylated hydroxytoluene (BHT). Akan tetapi, penggunaan antioksidan sintetis dapat meningkatkan biaya dan beberapa di antaranya mungkin berbahaya dan dapat menyebabkan kanker. Dengan demikian, aspek penggunaan biodiesel ini perlu ditingkatkan, tidak hanya untuk mengurangi biaya dan memperpanjang masa simpan biodiesel, tetapi juga untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan. Oleh karena itu, dalam dekade terakhir, minat terhadap antioksidan dari sumber alami telah meningkat secara signifikan.

Menurut (Schaumloffel et al, 2021), beberapa penelitian telah mengevaluasi berbagai antioksidan alami sebagai alternatif untuk menghindari kerusakan pada biodiesel. Ekstrak dari jahe, kentang, dan berbagai tanaman lainnya yang digunakan sebagai antioksidan untuk biodiesel, memberikan efek yang mirip dengan yang dihasilkan oleh bahan sintetis. Struktur fenolik yang terkandung di dalamnya memasok hidrogen, yang menyebabkan pembentukan radikal bebas yang stabil karena resonansi pada cincin aromatik, dan dengan demikian menghambat reaksi berantai oksidasi.

Berdasarkan penjelasan di atas, untuk menjawab permasalahan tersebut saya membuat judul “**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN SERBUK KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca*) DENGAN BIODIESEL JENIS B40 TERHADAP UJI PERFORMA MESIN DIESEL TIPE TV-1 DI LABORATORIUM MOTOR BAKAR UNIVERSITAS HASANUDDIN**”. Diharapkan dengan penelitian ini dapat sebagai alternatif hijau dalam menghasilkan bahan bakar yang bersahabat dengan lingkungan dan dapat memberikan kinerja mesin yang optimal. Selain itu, masih sedikit penelitian yang telah dilakukan tentang pengujian kinerja mesin dengan campuran biodiesel dan antioksidan, sehingga ini menjadi alasan yang kuat untuk melanjutkan penelitian tersebut.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Pisang Kepok

Musa paradisiaca, yang lebih akrab disebut pisang kepok, merupakan variasi pisang yang menghasilkan buah dengan ukuran sedang hingga besar, yang memiliki kulit berwarna kuning ketika sudah matang serta kulit hijau saat belum matang, dan daging buah yang kaya rasa dan penuh nutrisi. Dikutip dari (Wijaya, 2023), klasifikasi pisang kepok



Gambar 1. Kulit Pisang Kepok

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbiji)
Kelas	: Liliopsida (Monokotil)
Ordo	: Zingiberales (Zingiberales)
Famili	: Musaceae (Musaceae)
Genus	: Musa
Spesies	: Musa Paradisiaca

Pisang dianggap sebagai salah satu sumber pangan yang signifikan, karena dapat memenuhi seluruh kebutuhan gizi yang diperlukan untuk perkembangan dan pemeliharaan tubuh manusia. Sebagian besar kulit pisang, yang mencapai 30-40% dari total buah, dibuang sebagai limbah primer dalam proses pengolahan pisang, padahal kulit pisang mengandung lignoselulosa, protein, serat, mineral penting, dan lain-lain. Selain itu, kulit pisang mengandung banyak senyawa bioaktif dan antioksidan alami yang dapat membantu melawan stres oksidatif akibat reaksi berantai radikal bebas (Islam et al, 2023)..

1.2.2 Antioksidan Kulit Pisang

Uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak kulit pisang kepok mengandung metabolit sekunder seperti tanin, fenolik, saponin, dan terpenoid. Senyawa fenolik adalah yang paling melimpah dalam ekstrak kulit pisang kepok. Fenolik adalah produk sekunder yang berasal dari metabolisme tumbuhan melalui pembentukan alami. (Nurhidayah dkk, 2022).

No	Senyawa	Hasil
1.	Alkaloid	-
2.	Steroid	-
3.	Terpenoid	+
4.	Flavonoid	-
5.	Fenolik	++
6.	Saponin	+
7.	Tanin	+

Gambar 2. Antioksidan Kulit Pisang Kepok

Antioksidan adalah senyawa yang mampu memperlambat reaksi oksidasi, meskipun hanya dalam jumlah kecil. Dengan demikian, antioksidan memiliki berbagai fungsi fisiologis di dalam tubuh. Selain itu, antioksidan juga berperan dalam membersihkan radikal bebas dengan cara bereaksi dengan radikal reaktif, sehingga mengubahnya menjadi zat yang kurang berbahaya, lebih stabil, dan dengan tingkat bahaya yang lebih rendah dibandingkan radikal yang sudah dinetralkan. Antioksidan dapat menetralkan radikal bebas dengan menerima atau menyumbangkan elektron untuk menghapus keadaan radikal yang tidak berpasangan (Cantika dkk, 2023).

Sampel	Persamaan regresi linier	Nilai IC ₅₀ (bpj)
Ekstrak kulit pisang kepok	$y = 0,6606x + 5,934$	9.702
Ekstrak kulit pisang mas	$y = 0,4307x + 9,545$	13.322
Ekstrak kulit pisang nangka	$y = 0,582x + 6,688$	10.747
Vitamin C	$y = 0,6569x + 6,733$	9.613

Gambar 3. Nilai IC₅₀ Kulit Pisang Kepok

Menurut (Amnestiya dkk., 2023), antioksidan mampu memperlambat proses oksidasi dengan mengikat radikal bebas serta molekul yang reaktif. Beberapa senyawa kimia dari tumbuhan yang berhasil berfungsi sebagai antioksidan antara lain polifenol, flavonoid, vitamin C, vitamin E, dan β -karoten.

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi Blanko	Rerata Absorbansi Sampel	% Penghambatan
Pisang kepok	10	0.850	0.426	49.882
	20		0.374	56.000
	30		0.33	61.176
	40		0.279	67.176
	50		0.238	72.000

Gambar 4. Kadar Antioksidan Kulit Pisang Kepok

1.2.3 Biodiesel Jenis B40

Menurut (Dharmawan dan Cakrawardana, 2021) biodiesel adalah salah satu jenis bahan bakar alternatif yang dapat dihasilkan dari minyak dari tumbuhan, lemak dari hewan, atau minyak bekas yang diproses melalui proses esterifikasi dengan alkohol. Karena biodiesel dihasilkan dari bahan-bahan seperti minyak tumbuhan, lemak hewani, atau minyak bekas, maka menjaga metode penyimpanannya sangat penting untuk memastikan kualitas biodiesel tetap baik.

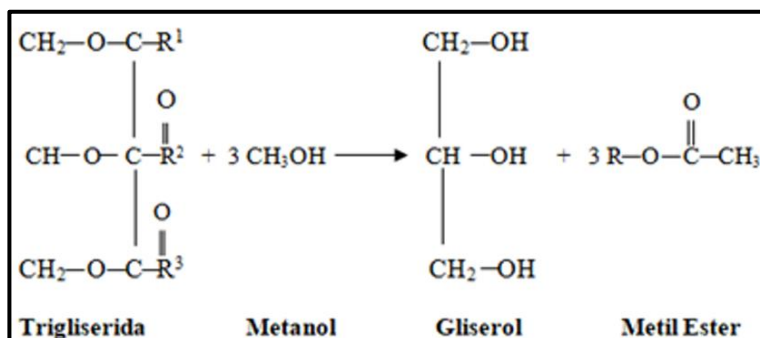
Biodiesel B40, yang merupakan campuran 40% biodiesel dan 60% diesel, menunjukkan potensi besar dalam sektor transportasi dan industri sebagai alternatif bahan bakar ramah lingkungan. Penggunaan B40 dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂, yang menurun hingga 40%, serta emisi sulfur dan partikel yang juga berkurang secara signifikan, membantu meningkatkan kualitas udara. Meskipun memiliki kandungan energi yang lebih rendah dan dapat menyebabkan sedikit peningkatan konsumsi bahan bakar, B40 tetap efisien dalam menjaga kinerja mesin, baik di sektor transportasi maupun industri, dengan memberikan pelumasan tambahan yang mengurangi keausan mesin. Secara ekonomi, B40 mengurangi ketergantungan pada impor diesel, mendukung ekonomi lokal, dan menciptakan lapangan pekerjaan, terutama di negara penghasil minyak nabati.

Dikutip dari (Dharmawan dan Cakrawardana, 2021), biodiesel bisa diaplikasikan baik dalam bentuk asli maupun sebagai kombinasi dengan bahan bakar diesel yang berasal dari fosil. American Society for Testing and Materials (ASTM) merupakan sebuah lembaga yang merumuskan standar yang jelas untuk biodiesel, mengartikan biodiesel sebagai gabungan antara bahan bakar biodiesel dan diesel yang bersumber dari fosil. Jadi, kombinasi biodiesel biasanya disebut dengan istilah BXX, di mana XX menunjukkan persentase volume dari campuran bahan bakar biodiesel.

No.	Karakteristik	Satuan	Batasannya		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lainnya
1.	Angka Setana :		53	-	D613	-
	Indeks Setana		50	-	D4737	-
2.	Berat Jenis (pada Temperatur 15 °C)	kg/m ³	815	860	D1298/ D4052	-
3.	Viskositas (pada Temperatur 40 °C)	mm ² /s	2,0	4,5	D445	-
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,005	D2622/ D4294/ D5453	-
5.	Distilasi : 90% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	-
6.	Titik Nyala	°C	55	-	D93	-
7.	Titik Kabut, atau	°C	-	18	D2500/ D5771/ D5773/ D7683	-
	Titik Tuang	°C	-	18	D97/ D5949/ D5950/ D6749	-
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D189/ D4530	-
9.	Kandungan Air	mg/kg	-	300	D6304	-
10.	Kandungan FAME	% v/v	40 ¹⁾		D7371/ D7806/ D8274	-
11.	Korosi Bilah Tembaga	Kelas	-	Kelas 1	D130	-
12.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	ISO 6245
13.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	-
14.	Angka Asam Kuat	mgKOH/g	0		D664	-
15.	Angka Asam Total	mgKOH/g	-	0,6	D664	-
16.	Kontaminasi Partikulat	Mg/l	-	10	D6217/ D7321	-
17.	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang			Visual
18.	Warna	No. ASTM	-	3	D1500	-

Gambar 5. Spesifikasi Bahan Bakar Biodiesel B40

Proses pembentukan biodiesel yang paling umum dilakukan adalah transesterifikasi. Bahan yang digunakan dalam proses ini adalah trigliserida, contohnya minyak goreng bekas. Transesterifikasi pada intinya adalah reaksi antara trigliserida dan alkohol dengan bantuan katalis yang menghasilkan gliserol dan metil ester asam lemak. Metil ester asam lemak juga dikenal dengan istilah FAME, yang merupakan singkatan dari Fatty Acid Methyl Ester. (Saputro et all, 2022).



Gambar 6. Reaksi Biodiesel

1.2.4 Biodiesel Ekstrak Kulit Buah

Pemanfaatan senyawa antioksidan yang diperoleh dari ekstrak kulit buah dalam biodiesel dapat meningkatkan ketahanan terhadap proses penguraian, memperpanjang usia simpan bahan bakar, serta mendukung keberlanjutan ekonomi dan pengelolaan limbah yang berwawasan

lingkungan. Langkah ini menjadi solusi untuk permasalahan dalam pembuatan biodiesel, seperti tingginya biaya untuk bahan baku dan dampak buruk terhadap lingkungan dari limbah organik. (Bello et al., 2024)

Dalam studi (Bello et al., 2024), kualitas serta performa biodiesel dapat sangat dipengaruhi oleh stabilitas terhadap oksidasi (OS), yang merupakan faktor penting. OS biodiesel mencerminkan seberapa baik ia dapat bertahan terhadap proses oksidasi, yang dapat menghasilkan zat-zat berbahaya dan menurunkan mutu bahan bakar seiring berjalannya waktu. Semakin tinggi nilai OS biodiesel, semakin lambat proses oksidasi terjadi dan semakin lama ia dapat disimpan. OS yang rendah dapat mengakibatkan peningkatan endapan, penyumbatan pada filter bahan bakar, dan berbagai masalah lainnya pada kinerja mesin. Oleh karena itu, menjaga OS dalam tingkat yang tinggi sangat krusial untuk menghasilkan biodiesel yang berkualitas. Penelitian telah dilakukan terkait penggunaan antioksidan, baik yang bersifat alami maupun sintetis, untuk mengatasi dampak dari OS. Namun, antioksidan sintetis sering kali menghadapi masalah seperti toksisitas, kelarutan yang rendah, serta biaya yang tinggi. Oleh karena itu, menurut (Bello et al., 2024), penelitian ini merekomendasikan pemanfaatan kombinasi ekstrak kulit buah dalam berbagai proporsi untuk meningkatkan kapasitas antioksidan melalui efek saling mendukung.

1.2.5 Kinerja Mesin Diesel

Menurut (Fadly dan Pakan, 2021) Pada mesin pembakaran dalam diesel, salah satu komponen yang paling vital adalah sistem penyaluran bahan bakar. Pada mesin yang beroperasi dengan siklus empat langkah dan memiliki satu silinder, peran sistem ini sangat penting dalam menentukan kondisi yang diinginkan saat mesin beroperasi. Sistem ini mampu meningkatkan torsi dan daya pembakaran mesin saat menghadapi beban berat. Hal ini tidak hanya meningkatkan torsi dan daya, tetapi juga memengaruhi jumlah bahan bakar yang disuplai, meskipun tetap dalam kondisi stabil dan menghasilkan torsi yang efisien.

Kinerja pada mesin diesel meliputi daya dan torsi yang dipengaruhi oleh besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran, yaitu nilai panas dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara terkompresi (Suharso dan Johan, 2018). Menurut (Marlinda dkk., 2024), secara umum, performa mesin dapat diketahui dengan memeriksa dokumen spesifikasi yang diberikan oleh produsen mesin. Melalui dokumen tersebut, kita dapat mengetahui daya, torsi, rasio udara terhadap bahan bakar, dan konsumsi bahan bakar spesifik mesin.

1.2.6 Perfoma Bahan Bakar

Bahan bakar diesel adalah produk turunan minyak bumi yang memiliki titik didih antara 175 dan 370 derajat celsius dan digunakan sebagai sumber

energi pada mesin diesel dan dari sudut pandang lingkungan, material ini memiliki tingkat emisi polutan yang relatif rendah, karena kandungan hidrokarbon yang tidak terbakar dan NO_x minimal, serta tidak menghasilkan emisi SO₂ selama proses pembakaran (Marlinda, dkk., 2024)

Selain karakteristik mudah terbakar, jumlah energi yang dihasilkan oleh bahan bakar juga merupakan faktor penting untuk memproduksi tenaga mesin. Energi ini disebut sebagai entalpi dari proses pembakaran. Biodiesel, yang memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang lebih tinggi, umumnya memiliki jumlah energi yang lebih rendah. Di sisi lain, kandungan energi biodiesel ditunjukkan oleh jumlah metil ester. Kadar metil ester yang lebih tinggi dalam biodiesel menunjukkan tingkat energi yang lebih tinggi. Jumlah metil ester dalam biodiesel menurun seiring bertambahnya waktu penyimpanan (Ariwibowo, dkk., 2011).

Unsur yang paling penting dalam bahan bakar yang mudah terbakar adalah karbon dan hidrogen, meskipun terdapat elemen lain yang juga hadir di dalam bahan bakar tetapi dalam jumlah yang sangat kecil, yaitu sulfur. Oksigen yang diperlukan untuk proses pembakaran diperoleh dari udara bebas yang terdiri dari campuran oksigen dan nitrogen. (Sianturi dan Tulus, 2020).

1.2.7 Emisi Mesin Diesel

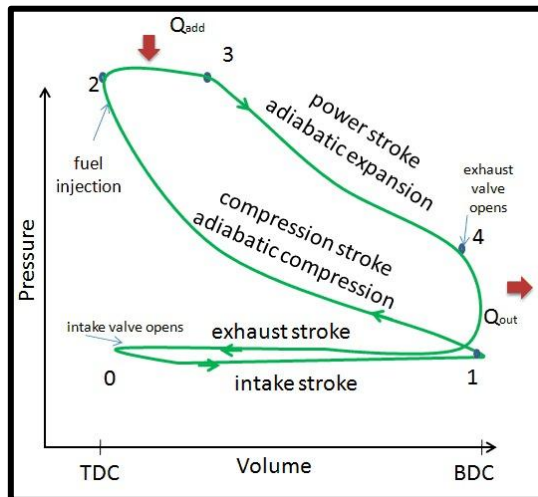
Menurut penelitian (Reddy and Wani, 2021) masalah utama yang dihadapi biodiesel adalah nilai kalor yang rendah, stabilitas yang buruk terhadap oksidasi, konsumsi bahan bakar spesifik yang tinggi, dan emisi NO_x yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai jenis aditif digunakan. Aditif berbasis nano memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat tinggi, nilai kalor yang signifikan, dan konduktivitas termal yang baik, yang berkontribusi terhadap peningkatan kinerja dan emisi dari mesin diesel. Aditif yang berfungsi sebagai antioksidan dalam biodiesel dapat secara efektif mengurangi pembentukan radikal bebas dan meningkatkan stabilitas oksidasi bahan bakar.

Biodiesel yang dicampur dengan aditif memberikan hasil yang lebih baik dan mengurangi emisi pada mesin CI. Aditif nano memiliki rasio permukaan terhadap volume yang tinggi, nilai CV yang tinggi, dan konduktivitas termal yang tinggi, yang dapat meningkatkan efisiensi dan emisi mesin diesel. Antioksidan yang dikombinasikan dengan biodiesel menunjukkan pengurangan emisi NO_x yang lebih signifikan dengan memecah peroksida, menghilangkan radikal bebas, dan menghentikan reaksi berantai radikal bebas.

1.2.8 Siklus Mesin Diesel

Dalam penelitian (Lewerissa dan Marlon, 2022), analisis proses mesin pembakaran, siklus udara sering digunakan sebagai acuan ideal, dimana

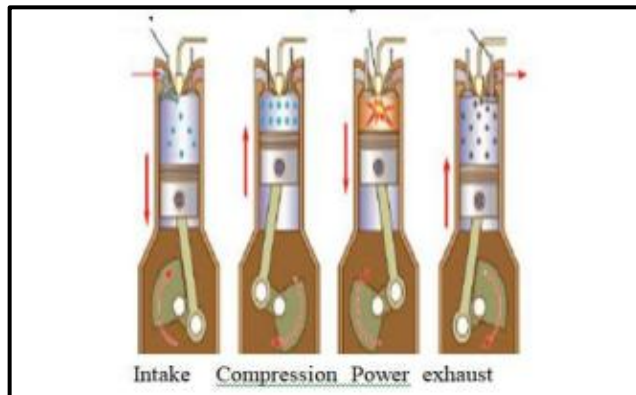
siklus ini mengambil beberapa kondisi yang mirip dengan siklus sesungguhnya, seperti urutan proses, rasio kompresi, serta penentuan temperatur dan tekanan. Menurut (Arif, 2011), siklus termal untuk pengapian kompresi empat langkah dapat dilihat pada ilustrasi kedua, di mana pemanasan terjadi pada tekanan konstan. Udara dikompresi hingga mencapai suhu yang cukup untuk menyalakan bahan bakar, lalu bahan bakar disuntikkan pada laju yang dirancang agar pembakaran terjadi pada tekanan konstan, dan pengapian bahan bakar disebabkan oleh proses kompresi.



Gambar 7. Diagram siklus diesel

1.2.9 Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

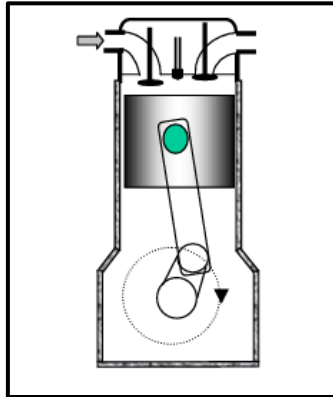
Menurut (Muchlisinalahuddin, 2018), pada motor diesel empat langkah prinsip kerjanya untuk menyelesaikan satu siklus satu rangkaian proses kerja hingga menghasilkan pembakaran dan satu kali langkah usaha diperlukan empat langkah piston.



Gambar 8. Siklus Motor Diesel 4 Langkah

1. Langkah pengisian (hisap)

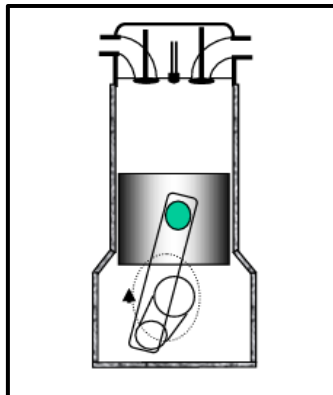
Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup, karena piston bergerak kebawah maka tekanan didalam silinder enjadi vacuum (dibawah satu atmosfer) sehingga udara murni masuk kedalam silinder



Gambar 9. Langkah hisap piston

2. Langkah kompresi

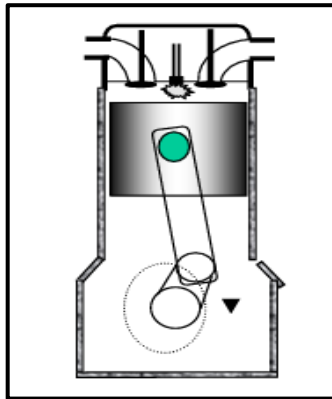
Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup hisap tertutup dan katup buang tertutup, udara didalam silinder didorong (ditekan) sehingga timbul panda dan tekanan yang tinggi. Akhir kompresi bahan bakar dikabutkan (disemprotkan dengan tekanan yang sangat tinggi melalui lubang yang sangat kecil) sehingga terjadi pembakaran (berupa ledakan)



Gambar 10. Langkah kompresi piston

3. Langkah usaha

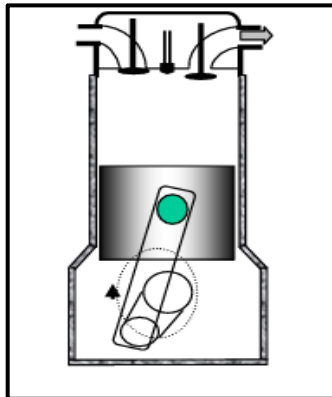
Pembakaran menghasilkan tekanan yang tinggi dalam ruang bakar, tekanan ini mendorong piston dari TMA menuju TMB, melakukan usaha.



Gambar 11. Langkah usaha piston

4. Langkah pembuangan

Akhir Langkah usaha katup buang terbuka, sehingga gas buang keluar melalui katup tersebut, karena didorong oleh piston bergerak dari TMB menuju TMA (Samlawi, 2015).



Gambar 12. Langkah pembuangan piston

1.2.10 Rasio Kompresi

Menurut (Sulaeman dan Fardiansyah, 2010). Mesin diesel sering disebut sebagai "mesin penyalakan kompresi" karena cara kerjanya. Pada mesin ini, bahan bakar disemprotkan ke udara yang bertekanan dan bersuhu tinggi, yang dihasilkan oleh proses kompresi. Mesin diesel memiliki rasio kompresi yang jauh lebih tinggi daripada mesin bensin karena mesin bensin menggunakan busi untuk menyalakan bahan bakar, sehingga tidak memerlukan tingkat kompresi yang tinggi. Rasio kompresi untuk mesin diesel berkisar antara 15 hingga 30, sedangkan mesin bensin memiliki rasio kompresi antara 6 dan 12. Dengan kompresi yang lebih tinggi, mesin diesel dapat menghasilkan tenaga yang lebih besar daripada mesin bensin.

1.2.11 FTIR (*Fourier Transformed Infrared*)

Pengujian FTIR merupakan suatu alat atau instrumen yang digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa, dan menganalisis campuran dari sampel yang diteliti tanpa merusak sampel tersebut. Selain itu, FTIR mampu mendeteksi gugus fungsi, karena memiliki kemampuan spektroskopi untuk menganalisis keberadaan campuran dalam sampel tanpa merusak objek yang dianalisis. Analisis spektroskopi inframerah terdiri dari beberapa teknik yang mengandalkan penyerapan atau pemantulan radiasi elektromagnetik. Ketika suatu senyawa terkena radiasi inframerah, energi yang diserap menyebabkan perubahan vibrasi ikatan. Spektrum inframerah yang dihasilkan mengandung data yang kompleks, sehingga dapat menggambarkan karakteristik kimia suatu sampel secara lengkap (Abriyani dkk, 2024).

1.3 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang dianalisis dalam laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan ekstrak kulit buah pisang kepok terhadap karakteristik fisik dan kimia biodiesel B40?
2. Bagaimana perbedaan konsentrasi (ppm) antioksidan serbuk kulit buah pisang kepok mempengaruhi kinerja pada mesin diesel yang menggunakan biodiesel jenis B40?
3. Bagaimana perbedaan konsentrasi (ppm) antioksidan serbuk kulit buah pisang kepok mempengaruhi pembakaran mesin diesel dengan biodiesel jenis B40?

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan-batasan masalah yang ada didalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang digunakan adalah Biodiesel B40 murni
2. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel TV-1
3. Rasio kompresi yang digunakan 14 dan 18
4. Beban yang digunakan sebesar 5 kg, 7 kg dan 9 kg.
5. Pengujian sifat fisik dan kimia biodiesel terdiri dari viskositas, densitas, nilai kalor dan FTIR.
6. Pengujian performa mesin diesel yang meliputi kinerja mesin diesel dan pembakaran mesin diesel.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis dampak penambahan serbuk kulit pisang kepok terhadap karakteristik fisik dan kimia biodiesel jenis B40.

2. Menganalisis pengaruh perbedaan konsentrasi (ppm) serbuk kulit pisang kepek yang berfungsi sebagai antioksidan pada biodiesel B40 terhadap kinerja mesin diesel
3. Menganalisis pengaruh dari variasi konsentrasi (ppm) serbuk kulit pisang kepek sebagai antioksidan pada biodiesel B40 terhadap pembakaran mesin diesel.

1.7 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini diharapkan dapat memberikan sebuah manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang kemampuan serbuk kulit pisang kepek sebagai antioksidan biodiesel B40 untuk meningkatkan kinerja mesin diesel.
2. Menyajikan data yang berguna untuk pengembangan biodiesel yang lebih ramah lingkungan dan efisien
3. Memotivasi eksplorasi lebih lanjut tentang penggunaan bahan alami sebagai antioksidan aditif dalam bahan bakar alternatif.

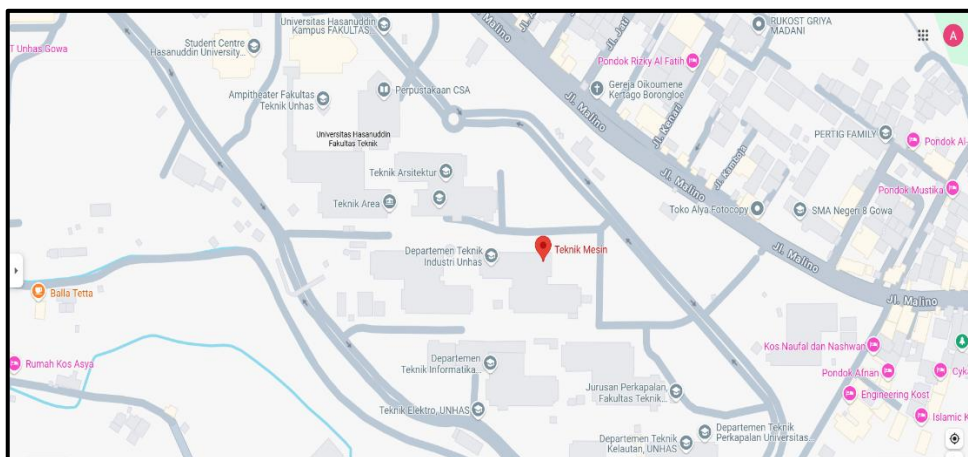
BAB II METODOLOGI PERANCANGAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Internal Combustion Departemen Teknik Mesin Lt. 1, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin di Jl. Poros Malino Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa. Waktu Penelitian direncanakan selama 5 bulan, dimulai dari bulan Januari 2025 sampai Mei 2025. Adapun susunan jadwal penelitian dilihat pada **Tabel 1**

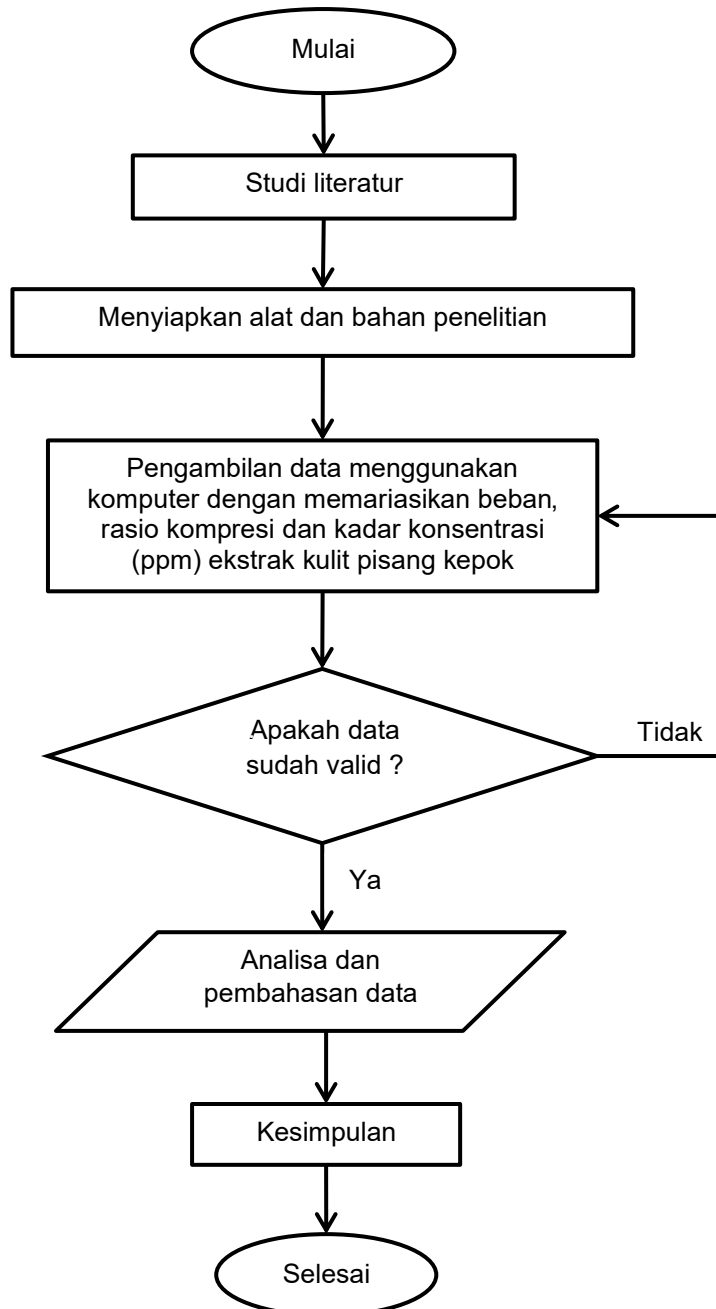
Tabel 1. Uraian Penelitian

Urutan Kegiatan	Jan 2025	Feb 2025	Mar 2025	Apr 2025	Mei 2025	Jan 2026	Feb 2026	Mei 2026
Studi Literatur								
Penyusunan Proposal								
Penelitian								
Seminar Porposal								
Penyusunan Skripsi								
Seminar Hasil								
Ujian tutup								



Gambar 13. Lokasi Penelitian

2.2 Flow Chart Penelitian



2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Proses Pembuatan Serbuk Kulit Pisang Kepok

Adapun proses pembuatan sampel serbuk Kulit Pisang Kepok, yaitu sebagai berikut:

1. Mengumpulkan terlebih dahulu kulit pisang kepok.
2. Mencuci bersih kuli pisang kepok di bawah air mengalir untuk membersihkannya dari getah dan kotoran yang menempel.
3. Setelah dicuci bersih, kulit pisang kepok di potong-potong kecil.
4. Dinginkan kulit pisang kepok yang telah dicuci dengan cara diletakkan di atas alas/tikar selama 24 jam untuk menghilangkan air yang menempel padanya.
5. Setelah dipastikan bersih dan kering. Kulit pisang kepok kemudian ditimbang di atas timbangan digital untuk mengetahui massa awal.
6. Kemudian, tata kulit pisang kepok di atas rak oven dengan rapih dan berjarak agar hasil pengeringan lebih maksimal.
7. Selanjutnya, masukkan rak oven ke dalam oven lalu setel suhu oven menjadi 50°C dan jangan lupa memastikan pintu oven tertutup dengan rapat. Tunggu proses pengeringan daun sirsak selama 73 jam.
8. Setelah proses pengeringan, keluarkan kulit pisang kepok dari oven dan timbang kembali semua daun untuk mengetahui massa setelah proses pengeringan dilakukan.
9. Setelah diketahui nilai sebelum dan setelah dikeringkan. Langkah selanjutnya adalah menghaluskan kulir pisang kepok dengan memasukkannya kedalam alat *powder grinder* dan tutup rapat. Kemudian, lakukan penggilingan selama 10 menit sampai kulit pisang kepok menjadi serbuk kasar. Setelah menjadi serbuk kasar, simpan serbuk kulit pisang kepok pada wadah yang kering dan tertutup rapat.
10. Setelah didapatkan serbuk kulit pisang kepok. Langkah selanjutnya yaitu menyaring serbuk kulit pisang kepok menggunakan ayakan *mesh* 200 yang berukuran 74 micro untuk mendapatkan serbuk nanopartikel dari kulit pisang kepok yang lebih halus. Hal ini memudahkan serbuk mudah larut saat pencampuran pada bahan bakar biodiesel B40. Kemudian, simpan kembali serbuk kulit pisang kepok yang telah diayak ke dalam wadah yang kering dan tertutup rapat.
11. Setelah diayak, serbuk daun sirsak ditimbang kembali menggunakan timbangan digital untuk mengetahui massa serbuk.
12. Terakhir, simpan kembali serbuk yang telah ditimbang di dalam wadah yang kering dan pastikan tertutup rapat.

2.3.2 Proses Perhitungan Kadar PPM

Diketahui:

Berat jenis B40 = $829 \text{ kg/m}^3 = 0,829 \text{ g/ml}$

Massa B40 = berat jenis x volume = $0,829 \text{ g/ml} \times 1000 \text{ ml} = 829 \text{ gram}$.

Rumus mencari konsentrasi zat, yaitu:

Konsentrasi zat (ppm) = berat zat terlarut : berat larutan x 10^6

variasi konsentrasi 50 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

berat antioksidan = 50 x berat larutan : 10^6

$$= 50 \times 829 \text{ gr} : 10^6 = 0,041 \text{ gr} = 41 \text{ mg}$$

variasi konsentrasi 100 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

berat antioksidan = 100 x berat larutan : 10^6

$$= 100 \times 829 \text{ gr} : 10^6 = 0,0829 \text{ gr} = 82 \text{ mg}$$

variasi konsentrasi 150 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

berat antioksidan = 150 x berat larutan : 10^6

$$= 150 \times 829 \text{ gr} : 10^6 = 0,124 \text{ gr} = 124 \text{ mg}$$

2.3.3 Proses Pencampuran Antioksidan dengan B40

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Azhar (2020), pembuatan antioksidan ekstrak kulit pisang kepok menggunakan metode maserasi adalah sebagai berikut:

- Untuk membuat konsentrasi 50 ppm maka siapkan serbuk kulit pisang kepok pada wadah sampe mini sebanyak 41 mg.
- Siapkan 1 liter bahan bakar B40 pada gelas beker dan tempatkan di atas *magnetic stirrer*.
- Bahan bakar B40 diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan dengan suhu 40°C .
- Sembari diaduk dan menunggu suhu mencapai 40°C , masukkan sedikit demi sedikit serbuk antioksidan ke dalam wadah gelas beker yang terisi bahan bakar B40.
- Setelah semua serbuk tercampur ke dalam bahan bakar B40, selanjutnya tunggu sekitar 30 menit, agar warna bahan bakar berubah menyerupai serbuk antioksidan.
- Lakukan langkah poin a sampai e untuk konsentrasi zat antioksidan 100 ppm dan 150 ppm.
- Setelah suhu campuran tersebut mencapai suhu kamar, selanjutnya dipindahkan ke dalam botol plastik dan simpan campuran tersebut selama 24 jam pada suhu kamar ($25\text{-}30^\circ\text{C}$). Proses penyimpanan ini bertujuan agar semua zat antioksidan pada serbuk dapat larut dalam biodiesel B40.
- Disaring menggunakan kain kasa agar residu yang tidak terlarut dapat dipisahkan.

2.3.4 Persiapan Sebelum Menggunakan Alat

1. Mengecek kondisi mesin atau alat pengujian dalam keadaan normal.
2. Memastikan kondisi saluran bahan bakar pada mesin atau alat pengujian dalam kondisi normal.
3. Mempersiapkan bahan uji coba berupa biodiesel yang telah direkayasa.

2.3.5 Pengambilan Data Menggunakan Komputer

Pada proses pengambilan data menggunakan alat VCR *engine set up* yaitu alat uji mesin diesel model TV-1, adapun proses pengambilan data pada VCR *engine set up* sebagai berikut:

1. Menyalakan suplai listrik dan pastikan bahwa PPU (*Piezo Powerin Unit*), DLU (*Un it* Pemuatan *Dynamometer*), Indikator beban, dan *voltmeter* dihidupkan.
2. Menyalakan komputer dan buka aplikasi “*EngineSoft*” (klik dua kali ikon “*EngineSoft*” di jendela desktop) pilih “Model Mesin” buka “*Configure*” di *View*. Periksa konfigurasi nilai & konstanta sistem dengan nilai yang ditampilkan pada panel pengaturan *engine*. “Terapkan” perubahan, jika ada. Klik pada tab “*PO-PV Graphs*”.
3. Menghidupkan pompa air. Sesuaikan laju aliran “*Rotameter (Engine)*” ke 120-150 LPH dan “*Rotameter (Calorimeter)*” hingga 75-100 LPH dengan mengatur masing-masing *globe valve* disediakan di rotameter inlet. Pastikan air mengalir melalui dinamometer pada tekanan 0,5 hingga 1 kg.
4. Mempertahankan kenop DLU pada posisi minimum.
5. Mengubah posisi katup bahan bakar dari “*Measuring*” ke “*Tank*”.
6. Menyalakan mesin dan biarkan berjalan pada kondisi ideal selama 4-5 menit.
7. Mengklik “*Scan start*” pada monitor.
8. Memastikan kecepatan, temperatur dan pembacaan manometer benar ditampilkan di PC. Bacaan ini harus sesuai dengan yang ditampilkan di panel mesin.
9. Menambahkan beban pada mesin dengan memutar kenop pada DLU dan pastikan bacaan pada indikator dan komputer sama.
10. Menyesuaikan kenop DLU dan untuk mengatur beban yang diinginkan. Tunggu 3 menit, memastikan bahwa beban konstan selama periode ini. Ubah posisi katup bahan bakar dari “*Tank*” ke “*Measuring*”. Klik “*Log on*” dan pembacaan aliran bahan bakar AKTIF untuk 60 detik berikutnya. Selama 30 detik pertama masukkan jumlah air pendingin yang masuk ke *engine* dan kalorimeter dalam LPH (dan rasio kompresi untuk mesin VCR). Klik “*Oke*” setelah merekam pembacaan bahan bakar. Masukkan nama file di mana catatan disimpan. Data bacaan pertama sekarang disimpan. Ubah posisi katub bahan bakar dari “*Measuring*” ke “*Tank*”.
11. Mengulangi langkah di atas untuk berbagai beban. Misalnya, 1 kg, 2 kg,

- 3 kg, dan seterusnya (Untuk mesin VCR lakukan tidak melebihi beban 12 kg), dan menutup katup regulator gas jika pengambilan data sudah selesai.
12. Setelah menyelesaikan semua pembacaan, hilangkan beban pada mesin DLU, klik “ Pindai Berhenti “ pada PC.
 13. Mematikan *engine* dengan menekan tuas “ *Stop Engine* “. Biarkan air pendingin bersirkulasi sekitar 5 menit untuk pendinginan mesin kemudian hentikan pompa.
 14. Untuk mencetak hasilnya klik “ Cetak “ dan pilih opsi yang sesuai.
 15. Mengklik “ Tutup *File* “ setelah mencetak dan memeriksa. Klik “ Keluar “ lalu matikan komputer.

2.4 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan sebelum dilakukan penelitian, yaitu terdiri dari:

1. Variasi kadar ppm antioksidan kulit pisang kepok : 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm
2. Variasi pembebanan pada mesin diesel TV-1 : 5 kg, 7 kg dan 9 kg.
3. Variasi rasio kompresi pada mesin diesel TV-1 : 14 dan 18

2.5 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya sangat bergantung pada variabel bebas dan merupakan dari hasil penelitian, yaitu:

1. Viskositas biodiesel
2. Densitas biodiesel
3. Nilai Kalor biodiesel
4. FTIR biodiesel
5. RPM < 1600

2.6 Pengujian Karakteristik Fisik dan Kimia Biodiesel

2.6.1 Analisis Biodiesel dengan FTIR

Analisis FTIR atau *Fourier Transform Infra Red* dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dengan cara menentukan dan merekam hasil spectra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam imfra merah. Biodiesel yang telah dicampur dengan zat aditif berupa antioksidan ekstrak daun sirsak akan dianalisis FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang terbentuk di dalamnya.

2.6.2 Analisis Nilai Kalor Biodiesel

Analisis nilai kalor bertujuan untuk mengetahui jumlah energi panas yang dapat dilepaskan dari pembakaran biodiesel, khususnya B40 yang telah dicampur dengan zat aditif. Melalui pengujian nilai kalor, dapat dievaluasi

seberapa besar kontribusi energi dari setiap komponen bahan bakar, termasuk pengaruh penambahan aditif terhadap peningkatan atau penurunan energi pembakaran. Data hasil pengujian kemudian dianalisis dan dihitung untuk memperoleh nilai kalor bersih maupun kotor, sehingga dapat ditentukan efisiensi pembakaran serta kelayakan penggunaan B40

2.6.3 Analisis Densitas Biodiesel

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan SNI 04-7182-2015. Pengujian dilakukan dengan menggunakan piknometer yang telah bersih dan kering. Piknometer kosong ditimbang dan dicatat hasilnya. Piknometer diisi dengan biodiesel dan ditimbang. Densitas biodiesel dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa}_{\text{pikno+sampel}} - \text{Massa}_{\text{pikno}}}{\text{Volume Pikrometer}} \quad (3.1)$$

2.6.4 Analisis Viskositas Biodiesel

Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan alat Viskometer Oswald. Biodiesel yang telah dihasilkan dan dimasukkan ke dalam tabung viskometer sampai tiada batas. Kemudian, amati viskometer dari titik atas hingga titik bawah dan dicatat. Rumus untuk menghitung viskositas adalah:

$$\text{Viskositas minyak} = \eta_{\text{air}} \times \frac{\rho_{\text{sampel}} - t_{\text{sampel}}}{\rho_{\text{air}} - t_{\text{air}}} \quad (3.2)$$

$$V_k = \frac{\eta_{\text{sampel}}}{\rho_{\text{sampel}}}$$

Dimana:

η_{sampel} = viskositas dinamik sampel (g/cm.s)

t = waktu alir (sekon)

ρ = densitas (g/mL)

V_k = viskositas kinematik (cSt)

2.7 Perhitungan Kinerja Motor Bakar

Adapun parameter-parameter yang akan dijadikan sebagai perhitungan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

2.7.1 Daya Kuda Efektif (*Brake Power / BP*)

Brake Power (BP) adalah ukuran daya yang dihasilkan oleh mesin, terutama mesin pembakaran dalam. Istilah ini mengacu pada daya yang diukur dengan mesin dijalankan pada kecepatan tertentu tanpa beban (tanpa ada tugas atau beban yang harus diatasi oleh mesin). Pengukuran BP ini memberikan gambaran tentang kemampuan mesin untuk menghasilkan daya maksimum dalam kondisi ideal).

$$BP = \frac{T \times N}{9549,305} (kW)$$

Keterangan:

N = Putaran Poros, (RPM)

T = Torsi (N.m)

9549,305 = konstanta dynamometer

2.7.2 Konsumsi Bahan Bakar (FC)

Konsumsi bahan bakar adalah nilai yang menunjukkan nilai pemakaian bahan bakar yang dihitung dengan cara mengukur waktu yang diperlukan oleh mesin untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar yang ada pada gelas ukur, yang mana dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$FC = \frac{V_{GU} \cdot 10^{-6} \cdot pf \cdot 3600}{t} (kg/m)$$

Keterangan:

FC = Konsumsi bahan bakar (kg/h)

V_{GU} = Volume gelas ukur, (V_{GU} = 50 cc)

pf = Massa jenis bahan bakar, (kg/m³)

10⁻³ = Faktor konversi cc ke m³

3600 = Faktor konversi detik ke jam

t = Waktu konsumsi bahan bakar (s)

2.7.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah nilai yang menyatakan banyaknya bahan yang diperlukan mesin dalam setiap satuan waktu untuk menghabiskan 1kW konsumsi bahan bakar *specific*. Parameter ini dapat digunakan sebagai penjelasan untuk mengukur ekonomisnya suatu mesin. Dikatakan ekonomis jika nilai SFC semakin turun akan tetapi konsumsi bahan bakar *specific* yang diubah dari energi kalor suplai nilainya naik. Untuk menghitung nilai konsumsi bahan bakar dapat menggunakan persamaan berikut:

$$SFC = \frac{FC}{BP} (kg/kWh)$$

Keterangan:

SFC = Spesifik Konsumsi Bahan Bakar (kg/kW.h)

BP = Daya Efektif, (kg/h)

FC = Konsumsi Bahan Bakar (kg/h)

2.7.4 Kalor Total (Q_{tot})

Kalor total adalah total energi yang dibutuhkan atau dilepaskan oleh suatu sistem selama proses tertentu. Ini mencakup perubahan energi internal, kerja yang dilakukan, dan energi yang dipindahkan sebagai panas.

$$Q_{\text{total}} = \frac{FC \times HV_{\text{bb}}}{3600} (\text{kW})$$

Keterangan:

FC : Konsumsi bahan bakar (kg/h)

LHV_{bb} : nilai kalor bahan bakar untuk diesel atau bensin

2.7.5 Efisiensi termis (η_{th})

Efisiensi termis didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya energi kalor yang diubah menjadi konsumsi bahan bakar *spesific* dengan jumlah kalor bahan bakar yang disuplai ke dalam silinder. Parameter ini menunjukkan kemampuan suatu mesin untuk mengkonversi energi kalor dari bahan bakar menjadi energi mekanik. η_{th} dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\eta_{\text{th}} = \frac{BP}{Q_{\text{tot}}} \times 100\%$$

Keterangan:

BP = Daya Efektif (kW)

Q_{tot} = Kalor yang disuplai, (kW)

LHV_{bb} = Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

2.7.6 Efisiensi Mekanis (η_{mek})

Efisiensi mekanis η_{mek} mengindikasikan seberapa besar daya yang digunakan untuk menggerakkan mesin itu sendiri. Sebagian kecil daya yang dihasilkan motor digunakan oleh motor itu sendiri untuk menggerakkan bagian-bagian yang bergerak, yaitu melawan gaya gesek di antara bagian-bagian tersebut. Daya yang tersisa merupakan daya *output* yang dapat diukur dengan dinamometer. Efisiensi mekanis yaitu perbandingan daya efektif (daya yang dihasilkan) terhadap daya indikasi (daya yang menggerakkan piston). Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi mekanik adalah sebagai berikut:

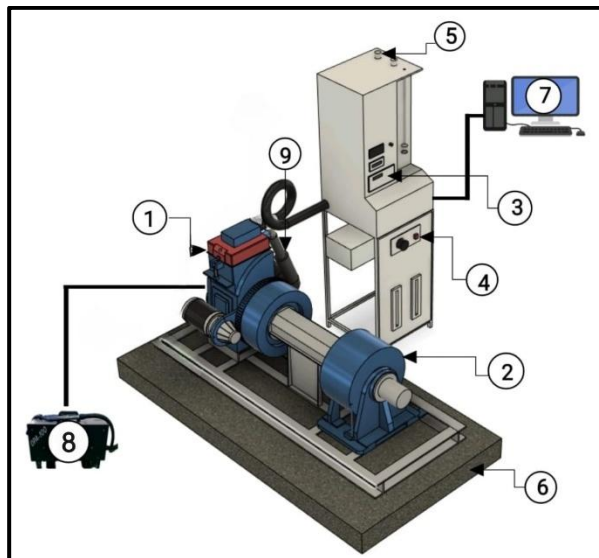
$$\eta_{\text{mek}} = \frac{BP}{IP} \times 100\%$$

Keterangan:

BP = Daya Efektif, (kW)

IP = Daya Indikasi, (kW)

2.8 Skema Penelitian



Gambar 14. Skema Penelitian

Keterangan :

1. Mesin TV-1
2. Dinamometer
3. Panel
4. Pengontrol Beban
5. Tangki Bahan Bakar
6. Base
7. Komputer (pembaca parameter kinerja mesin)
8. Opa-100
9. Knalpot

2.9 Alat dan Bahan

2.9.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. *Magnetic Stirrer*



Gambar 15. *Magnetic Stirrer*

2. *VCR Engine Test Setup* (Mesin Diesel)



Gambar 16. *VCR Engine Test Setup*

3. *Powder Grinder*



Gambar 17. *Powder Grinder*

4. Viscometer Oswald



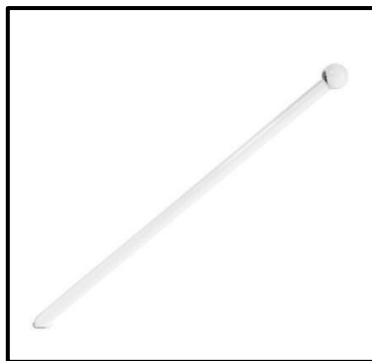
Gambar 18. Viscometer Oswald

5. Oven (*Incubator Friocell*)



Gambar 19. Oven (*Incubator Friocell*)

6. Batang Pengaduk



Gambar 20. Batang Pengaduk

7. Gelas Beker Kimia 1000 ml



Gambar 21. Gelas Beker Kimia 1000 ml

8. Ayakan Mesh 200 (74 Mikro)



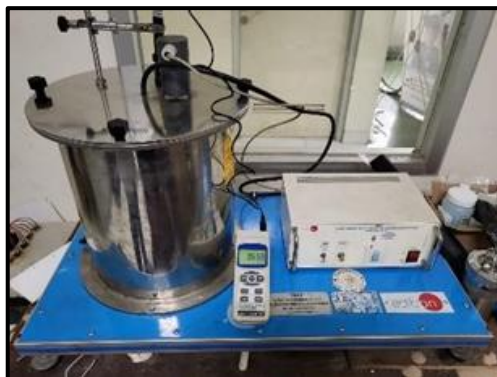
Gambar 22. Ayakan Mesh 200 (74 Mikro)

9. Timbangan Digital



Gambar 23. Timbangan Digital

10. *Bomb Calorimeter*



Gambar 24. *Bomb Calorimeter*

11. Kain Kasa



Gambar 25. Kain Kasa

12. Sendok Mini



Gambar 26. Sendok Mini

13. Wadah Sampel Mini



Gambar 27. Wadah Sampel Mini

14. Corong



Gambar 28. Corong

15. Botol Plastik



Gambar 29. Botol plastic

2.8.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

16. Kulit Pisang Kepok



Gambar 30. Kulit pisang kepok

17. Bahan Bakar Biodiesel B40



Gambar 31. Bahan Bakar Biodiesel B40