

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era modern ini, kebutuhan akan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan semakin mendesak. Penggunaan bahan bakar fosil yang terus meningkat telah menyebabkan berbagai masalah lingkungan, termasuk polusi udara dan perubahan iklim. Oleh karena itu, pengembangan bahan bakar alternatif seperti biodiesel menjadi sangat penting. Biodiesel, yang dihasilkan dari sumber nabati dan hewani, memiliki potensi untuk menggantikan bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca (Ibrahim et al., 2017). Namun, biodiesel memiliki tantangan tersendiri, terutama terkait dengan stabilitas oksidatif dan performa mesin diesel yang menggunakannya (Karavalakis & Stournas, 2010).

Penelitian menunjukkan bahwa daun sirsak (*Annona muricata*) mengandung flavanoid sebagai salah satu senyawa fenolik utama yang memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa fenolik, termasuk flavanoid, ditemukan memiliki kemampuan untuk menangkal radikal bebas, yang merupakan penyebab utama dari kerusakan oksidatif (Mahakuasa dan Ningsih, 2019). Penelitian oleh Mahakuasa dan Ningsih menunjukkan bahwa daun sirsak tua memiliki kandungan flavanoid yang lebih tinggi (495-515 mg/100 g), berdasarkan analisis menggunakan metode spektrofotometri UN-Vis. Dengan kemampuan antioksidan ini, flavanoid dari ekstrak daun sirsak memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan tambahan dalam biodiesel guna meningkatkan stabilitasnya terhadap oksidasi, yang merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas bahan bakar tersebut.

Salah satu cara untuk meningkatkan stabilitas biodiesel adalah dengan menambahkan antioksidan. Antioksidan dapat membantu mencegah oksidasi yang dapat merusak kualitas biodiesel selama penyimpanan dan penggunaan. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan antioksidan seperti butilat hidroksitoluena (BHT) dan butilat hidroksianisol (BHA) dapat meningkatkan stabilitas oksidatif campuran biodiesel (Karavalakis & Stournas, 2010). Meskipun antioksidan sintesis efektif, keduanya memiliki kelemahan terkait potensi dampak kesehatan dan lingkungan. Antioksidan alami, seperti ekstrak daun sirsak (*Annona muricata*), menawarkan mekanisme kerja serupa dalam menghambat oksidasi, dengan senyawa fenolik yang dapat berfungsi sebagai antioksidan yang efektif (Senthil et al., 2015). Penggunaan bahan alami sebagai aditif dalam biodiesel tidak hanya dapat meningkatkan stabilitas, tetapi juga dapat memberikan manfaat tambahan bagi lingkungan (Sebayang et al., 2022). Kedua jenis antioksidan ini bekerja dengan mendonorkan elektron atau hidrogen

untuk menetralkan radikal bebas yang dapat menyebabkan degradasi bahan bakar (Dorosh et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada efek penambahan serbuk daun sirsak sebagai sumber antioksidan alami dalam biodiesel B40, yang berpotensi menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Performa mesin diesel yang menggunakan biodiesel sering kali dipengaruhi oleh komposisi bahan bakar yang digunakan. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan bakar alternatif seperti etanol dapat meningkatkan proses pembakaran dan mengurangi emisi (Rajendran et al., 2023). Dengan menambahkan serbuk daun sirsak ke dalam campuran biodiesel, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan performa mesin diesel. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serbuk daun sirsak terhadap performa mesin diesel yang menggunakan biodiesel B40.

Selain itu, emisi gas buang dari mesin diesel juga menjadi perhatian utama dalam penelitian ini. Penggunaan biodiesel telah terbukti mengurangi emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NOx) (Rajendran et al., 2023). Namun, penambahan antioksidan juga dapat memengaruhi karakteristik emisi dari mesin diesel. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi dampak penambahan serbuk daun sirsak terhadap emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel.

Lebih lanjut, penelitian ini juga akan mengeksplorasi berbagai konsentrasi serbuk daun sirsak yang dapat ditambahkan ke dalam biodiesel B40. Penentuan konsentrasi yang optimal sangat penting untuk mencapai keseimbangan antara performa mesin dan stabilitas bahan bakar. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi dalam konsentrasi aditif dapat memengaruhi hasil yang diperoleh (Dorosh et al., 2023). Oleh karena itu, analisis yang mendalam mengenai pengaruh konsentrasi serbuk daun sirsak terhadap performa mesin diesel terutama pada kinerja mesin dan kinerja pembakaran mesin diesel sangat diperlukan.

Berdasarkan uraian dan penjelasan di atas, untuk menjawab permasalahan tersebut saya membuat judul **“ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN SERBUK DAUN SIRSAK (*Annona muricata*) DENGAN BIODIESEL JENIS B40 TERHADAP UJI PERFORMA MESIN DIESEL TIPE TV-1 ”.**

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Tanaman Sirsak

Sirsak (*Annona muricata* L.) merupakan salah satu jenis tanaman buah yang berasal dari Amerika Selatan yang beriklim tropis, kemudian menyebar luas ke daratan Asia Selatan dan Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Pada awalnya, sirsak merupakan tanaman liar dan setelah dibudidayakan umumnya merupakan tanaman pekarangan. Sirsak merupakan tanaman tropis yang buahnya memiliki bau dan rasa yang khas. Buahnya berduri halus, daging buahnya berwarna putih susu, rasanya manis asam dan berbiji kecil berwarna hitam (Ersi, 2011) dalam (Putri, 2012).

Menurut sistematika, tanaman sirsak termasuk dalam :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
 Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
 Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)
 Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
 Kelas : Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
 Sub Kelas : Magnoliidae
 Famili : Annonaceae
 Genus : Annona
 Spesies : *Annona muricata* L.



Gambar 1. Tanaman Sirsak (*Annona muricata* L.)

1.2.2 Biodiesel 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.

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lainnya
1.	Angka Setana :		53	-	D613	-
	Angka Setana, atau Indeks Setana		50	-	D4737	-
2.	Berat Jenis (pada Temperatur 15 °C)	kg/m³	815	860	D1298/ D4052	-
3.	Viskositas (pada Temperatur 40 °C)	mm²/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	-
	Titik Kabut, atau	°C	-	18	D2500/ D5771/ D5773/ D7683	-
7.	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	-

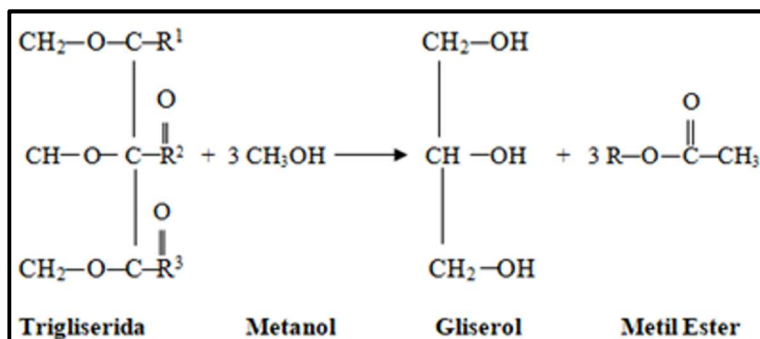
Gambar 2. Karakteristik Bahan Bakar Biodiesel B40

Menurut. (Dharmawan dan Cakrawardana, 2021), Pada tabel 1 tercantum standar biodiesel yang berlaku di negara ini. Sebelum menggunakan bahan bakar minyak untuk aplikasi tertentu, baik untuk mesin atau peralatan lain, karakteristiknya perlu dipahami terlebih dahulu. Pemahaman ini krusial agar proses pembakaran dapat dilakukan dengan hasil yang optimal.

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.

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 al., 2022).



Gambar 3. Reaksi Biodiesel

1.2.3 Penambahan Biodiesel dengan Ekstrak Daun Alami

Neuana et al. (2020), menunjukkan bahwa ekstrak daun mangga (*Mangifera indica*) dan daun pitanga (*Engenia uniflora*) dapat berfungsi sebagai antioksidan alami untuk meningkatkan stabilitas oksidasi biodiesel berbasis minyak kedelai. Setelah penyimpanan selama 168 jam, nilai asam lemak bebas (*acid value*) dari biodiesel yang dicampur dengan ekstrak daun tetap berada di bawah batas 0.5 mg KOH/g, menunjukkan efek antioksidan yang efektif dari ekstrak tersebut.

Selain itu, Kivevele et al. (2011) juga melaporkan bahwa penambahan antioksidan seperti pirogalol dapat meningkatkan stabilitas oksidasi biodiesel yang berasal dari minyak *Croton Megalocarpus*. Biodiesel memiliki sifat kimia yang lebih rentan terhadap oksidasi dibandingkan dengan diesel mineral, sehingga penambahan antioksidan alami penting untuk memperpanjang masa penyimpanan biodiesel.

Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh Dorosh et al. (2023) juga menunjukkan potensi ekstrak dari limbah pertanian dan kehutanan, seperti ekstrak dari pemangkasan kebun anggur, sebagai sumber senyawa antioksidan alami yang dapat meningkatkan stabilitas oksidasi biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 350 ppm ekstrak, yang terutama terdiri dari tanin, dapat lebih efektif dalam meningkatkan stabilitas oksidasi biodiesel berbasis minyak kedelai dibandingkan dengan penggunaan antioksidan sintesis TBHQ.

1.2.4 Performa Bahan Bakar & Emisi

Nugroho (2023), melakukan analisis penggunaan bahan bakar RON 90 dengan bioaktif serai wangi pada motor bakar empat tak. Pengujian dilakukan untuk mengukur performa mesin dan emisi gas buang menggunakan *Dynoject* dan *Emission Tester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bioaktif serai wangi dapat meningkatkan performa mesin dan menurunkan emisi gas buang.

Selain itu, penggunaan aditif lain seperti toluena juga dapat memengaruhi performa kendaraan. Penelitian Siswanto & Ruslan (2021), menunjukkan bahwa penambahan toluena pada bahan bakar premium dapat meningkatkan daya dan torsi, serta menurunkan emisi gas buang pada kendaraan Vespa Sprint 150 3V.

Selain bahan bakar alternatif dan aditif, penggunaan bahan bakar nabati juga dapat menjadi solusi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca. Penelitian Priyanto et al. (2023), menunjukkan bahwa penggunaan *Pure Plant Oil* (PPO) dari kelapa sawit dapat mengurangi konsumsi bahan bakar solar di PLTD Talang Padang. PPO juga terbukti sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dengan kandungan sulfur yang rendah dan emisi gas rumah kaca yang rendah.

1.2.5 Antioksidan Daun Sirsak

Penelitian tentang potensi antioksidan dari daun sirsak telah dilakukan oleh berbagai pihak dengan hasil yang mendukung aplikasinya diberbagai bidang. Sirumapea (2023), menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak etil asetat daun sirsak dan daun jarak pagar (*Jatropha curcas*) memiliki aktivitas antioksidan signifikan menggunakan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrihidrazil).

Selain itu, Kurniawati et al. (2021), mengidentifikasi bahwa daun sirsak mengandung senyawa fenol yang berperan dalam menangkap radikal bebas, mekanisme utama dalam menghambat proses oksidasi. Indarto et al. (2020), menambahkan bahwa senyawa aktif seperti flavanoid, tanin, steroid, terpenoid, dan alkaloid dalam daun sirsak dapat meningkatkan aktivitas antioksidan, khususnya saat dikombinasikan dengan bahan lain seperti bubuk kayu manis. Berdasarkan berbagai penelitian ini, aktivitas antioksidan daun sirsak berpotensi diterapkan sebagai agen penghambat oksidasi dalam biodiesel, meningkatkan stabilitas oksidasi dan memperpanjang umur simpan bahan bakar.

Menurut (Rosalina, 2018), skrining fitokimia merupakan suatu teknik untuk mengetahui atau menganalisis kandungan kimia yang terdapat dalam bagian tumbuhan. Analisis fitokimia ini bersifat kualitatif sehingga kandungan kimia dari tumbuhan dapat diketahui. Secara

umum kandungan kimia tumbuhan dapat dikelompokkan ke dalam golongan senyawa alkaloid, flavanoid, tanin, fenolik, dan saponin. Untuk mengetahui kandungan senyawa tersebut dilihat dari perubahan warna yang terjadi dan endapan yang terbentuk. Hasil uji fitokimia ekstrak metanol daun sirsak (*Annona muricata* L.) dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

No	Uji	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
1.	Alkaloid	Terbentuk endapan kekuningan	+
2.	Flavonoid	Terbentuk warna hijau kehitaman	+
3.	Fenolik	Terbentuk warna hitam	-
4.	Saponin	Tidak menghasilkan busa selama 20 detik	-
5.	Tanin	Terbentuk warna hitam kehijauan	-

Keterangan : (+) ada indikasi golongan senyawa dan (-) tidak ada indikasi golongan senyawa.

Gambar 4. Kandungan Senyawa Daun Sirsak

Berdasarkan hasil penelitian (Rikantara, 2022), ekstrak tunggal daun sirsak memiliki nilai IC_{50} sebesar 11,484 $\mu\text{g/mL}$, yang tergolong dalam kategori "sangat kuat" sesuai dengan gambar 6 karena berada di bawah 50 $\mu\text{g/mL}$. Sementara itu, ekstrak tunggal daun pepaya memiliki nilai IC_{50} sebesar 53,668 $\mu\text{g/mL}$ dan masuk dalam kategori "kuat" karena berada dalam rentang 50–100 $\mu\text{g/mL}$. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan daun sirsak lebih tinggi dibandingkan daun pepaya, karena mampu menghambat 50% radikal bebas pada konsentrasi yang lebih rendah. Dengan demikian, daun sirsak berpotensi lebih besar sebagai sumber antioksidan alami.

Larutan uji	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)	Kategori
Ekstrak tunggal daun sirsak	11,484	Sangat Kuat
Ekstrak tunggal daun pepaya	53,668	Kuat

Gambar 5. Kandungan Antioksidan Daun Sirsak

Tabel 5. Tingkat kekuatan antioksidan		
No	Kategori	Konsentrasi (ppm)
1	Sangat Kuat	<50
2	Kuat	50-100
3	Sedang	100-250
4	Lemah	250-500
5	Tidak Aktif	>500

Gambar 6. Tingkat Kekuatan Antioksidan

1.2.6 Ekstrak Daun Sirsak

Salah satu aspek penting dari biodiesel adalah stabilitas oksidasi, yaitu kemampuan biodiesel untuk menahan reaksi oksidasi yang dapat merusak struktur kimianya, sehingga memengaruhi umur simpan, kinerja selama proses pembakaran, dan keandalan bahan bakar dalam aplikasi jangka panjang. Ekstrak daun sirsak diketahui mengandung senyawa antioksidan yang dapat membantu mengurangi laju oksidasi pada biodiesel (Akbar et al., 2021).

Studi tersebut juga menunjukkan bahwa ekstrak daun sirsak dapat meningkatkan stabilitas oksidasi pada biodiesel dari minyak kelapa sawit dan minyak kedelai. Konsentrasi ekstrak yang bervariasi memberikan efek signifikan terhadap stabilitas biodiesel minyak kelapa sawit, tetapi hanya memberikan efek kecil pada biodiesel minyak kedelai. Penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan ekstrak daun sirsak sebagai aditif dapat memperpanjang umur simpan biodiesel, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan.

Ekstraksi flavanoid dari daun sirsak (*Annona muricata*) dilakukan dengan metode maserasi, yaitu perendaman simplisia daun dalam pelarut polar seperti etanol 70% dan metanol selama 3x24 jam pada suhu kamar, dengan penggantian pelarut 24 jam untuk meminimalkan degradasi senyawa aktif. Penelitian menunjukkan bahwa jenis pelarut memengaruhi kadar flavanoid total yang dihasilkan, di mana metanol memberikan kadar flavanoid lebih tinggi (9, 25 mg QE/g) dibandingkan dengan etanol 70% (6, 79 mg QE/g) (Putri et al., 2023). Kandungan flavanoid yang tinggi ini berpotensi digunakan sebagai antioksidan dalam biodiesel, sehingga dapat meningkatkan stabilitas oksidatif bahan bakar tersebut.

Baslani et al. (2023), meneliti aktivitas antioksidan kombinasi ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata*) dan daun sirsak (*Annona muricata*) menggunakan metode DPPH dengan berbagai pelarut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun matoa, daun sirsak, dan kombinasinya memiliki aktivitas antioksidan yang baik, dengan pelarut etanol 96% memberikan hasil terbaik.

1.2.7 Tantangan Pengembangan Biodiesel Antioksidan Daun Sirsak

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan industri biodiesel adalah tata kelola industri yang belum efektif (Abidin, 2023). Hal ini terlihat dari kesenjangan antara kebijakan dan implementasi di lapangan, baik pada industri hulu maupun hilir. Pada industri hulu, tantangan yang dihadapi antara lain terkait ketersediaan bahan baku, efisiensi proses produksi, dan biaya produksi yang masih tinggi (Abidin, 2023). Sementara itu, pada industri

hilir, tantangan utama adalah terkait dengan pemasaran dan distribusi biodiesel, serta integrasi dengan industri lain, seperti transportasi dan pembangkit listrik (Abidin, 2023).

Selain itu, tantangan lain dalam pengembangan biodiesel adalah terkait dengan stabilitas oksidasi biodiesel selama penyimpanan. Biodiesel mudah mengalami oksidasi, terutama saat terpapar udara, cahaya, dan suhu tinggi. Proses oksidasi ini dapat menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia, seperti peningkatan viskositas, penurunan nilai *iodine*, dan pembentukan asam lemak bebas, yang semuanya berdampak pada penurunan kualitas bahan bakar (Setyawardhani et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan stabilitas oksidasi biodiesel, salah satunya dengan penambahan antioksidan.

1.2.8 Prospek Pengembangan Biodiesel dan Pemanfaatan Antioksidan Daun Sirsak

Daun sirsak (*Annona muricata*) memiliki berbagai fitokimia, termasuk flavanoid dan polifenol, yang memberikan aktivitas antioksidan kuat (George et al., 2014). Sehingga diasumsikan dapat menjadi alternatif dari masalah stabilitas oksidatif pada biodiesel.

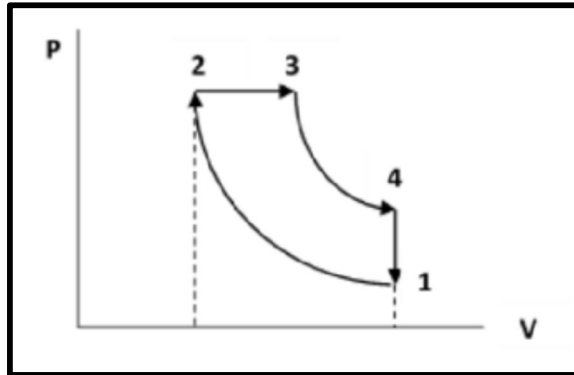
Selain itu, prospek pengembangan biodiesel juga didukung oleh potensi bahan baku yang cukup besar, seperti minyak kelapa sawit, minyak jarak, dan minyak goreng bekas (Abidin, 2023). Dengan pemanfaatan bahan baku yang beragam, diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan dan stabilitas pasokan biodiesel.

1.2.9 Siklus Diesel (untuk analisa kinerja mesin)

Siklus diesel adalah siklus termodinamika yang digunakan dalam mesin diesel, yang beroperasi berdasarkan prinsip kompresi dan pembakaran bahan bakar pada tekanan tetap. Dalam siklus ini, terdapat empat tahap utama: kompresi, pembakaran, ekspansi, dan pembuangan. Proses ini dimulai dengan kompresi udara dalam silinder, di mana suhu dan tekanan udara meningkat. Setelah mencapai titik tertentu, bahan bakar disuntikkan dan terbakar menghasilkan tekanan yang mendorong piston ke bawah, yang dikenal sebagai fase ekspansi. Akhirnya, gas buang dikeluarkan dari silinder saat piston bergerak kembali ke posisi awal (Matarru, 2022).

Analisis performa mesin diesel menunjukkan bahwa variasi dalam pembebanan dapat memengaruhi efisiensi dan daya keluaran mesin. Penelitian yang dilakukan oleh Matarru (2022), menunjukkan bahwa variasi pembebanan yang berbeda, mesin diesel Mitsubishi S16-PTA menunjukkan karakteristik performa yang berbeda, di mana efisiensi mesin meningkat seiring dengan peningkatan beban. Selain itu,

penelitian oleh Paradilla et al. (2019), menekankan pentingnya jenis bahan bakar yang digunakan, seperti *High Speed Diesel* (HSD) dan *Marine Fuel Oil* (MFO), yang dapat memengaruhi parameter kinerja mesin diesel secara signifikan.



Gambar 7. Siklus diesel

Gambar yang menggambarkan siklus kerja mesin diesel dapat dilihat pada diagram P-V (tekanan-volume) yang menunjukkan proses kompresi dan ekspansi. Dalam diagram ini, fase pembakaran terjadi pada tekanan tetap, yang merupakan karakteristik utama dari siklus diesel (Matarru, 2022). Gambar tersebut memberikan gambaran visual yang jelas tentang bagaimana siklus diesel beroperasi dan bagaimana setiap tahap berkontribusi terhadap kinerja keseluruhan mesin. Dari gambar di atas dapat diketahui:

- 1 – 2 : Langkah kompresi *isentropic*
- 2 – 3 : Penginjeksian bahan bakar pada tekanan konstan (*isobaric*)
- 3 – 4 : Proses ekspansi *isentropic*
- 4 – 1 : Proses panas dibuang pada volume konstan

1.2.10 Rasio Kompresi

Menurut (Sulaeman dan Fardiansyah, 2010). Mesin diesel sering disebut sebagai "mesin penyalan 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).

1.2.12 GC-MS (*Gass Chromatography-Mass Spectrum*)

GC-MS merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memisahkan dan mengidentifikasi komponen-komponen dalam suatu campuran sampel, yang pada umumnya merupakan senyawa volatil. GC-MS terdiri dari dua instrumen, yaitu kromatografi gas dan spektrometri massa yang berfungsi sebagai detektor. Penggunaan GC-MS bertujuan untuk memisahkan berbagai komponen dalam sampel, yang pemisahannya bergantung pada titik didih senyawa yang dianalisis dan interaksi antara analit dengan fase gerak dan fase diam. Cara kerja kromatografi gas ini adalah dengan menginjeksikan sampel cair ke dalam injektor, yang selanjutnya akan diuapkan. Setelah diuapkan, sampel dibawa oleh gas pembawa menuju kolom, tempat terjadinya pemisahan. Senyawa dengan titik didih tinggi akan memiliki waktu retensi yang lebih lama dibandingkan dengan senyawa dengan titik didih lebih rendah. Dalam spektrometri massa, prinsip dasarnya adalah dengan menembakkan material yang sedang dianalisis dengan berkas elektron dan merekam hasilnya secara kuantitatif sebagai spektrum ion fragmen positif (Margareta dan Wonorahardjo, 2023).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan studi literatur diatas, ada beberapa permasalahan yang dapat ditemukan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk daun sirsak terhdap sifat fisik dan kimia biodiesel B40?
2. Bagaimana variasi konsentrasi (ppm) serbuk daun sirsak pada biodiesel B40 dapat memengaruhi kinerja mesin diesel?
3. Bagaimana variasi konsentrasi (ppm) serbuk daun sirsak pada biodiesel B40 dapat memengaruhi kinerja pembakaran mesin diesel?

1.4 Tujuan Percobaan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada diatas, dapat disimpulkan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh penambahan antioksidan serbuk daun sirsak terhadap sifat fisik dan kimia biodiesel B40.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi (ppm) antioksidan serbuk daun sirsak pada biodiesel B40 terhadap kinerja mesin diesel.
3. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi (ppm) antioksidan serbuk daun sirsak pada biodiesel B40 terhadap kinerja pembakaran mesin diesel.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Bahan bakar yang digunakan adalah Biodiesel B40 murni dan dengan campuran.
2. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel TV-1
3. Rasio kompresi yang digunakan 14 dan 18.
4. Beban yang digunakan sebesar 5, 7, dan 9 kg.
5. Pengujian sifat fisik dan kimia biodiesel yang dihasilkan, termasuk viskositas, densitas, dan stabilitas oksidatif.
6. Pengujian performa mesin diesel yang meliputi kinerja mesin diesel dan kinerja pembakaran mesin diesel.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan informasi tentang potensi serbuk daun sirsak sebagai bahan tambahan dalam biodiesel untuk meningkatkan kinerja mesin diesel.
- b. Menyediakan data yang berguna bagi pengembangan biodiesel yang lebih ramah lingkungan dan efisien.
- c. Mendorong penelitian lebih lanjut tentang penggunaan bahan alami sebagai aditif dalam bahan bakar alternatif.

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

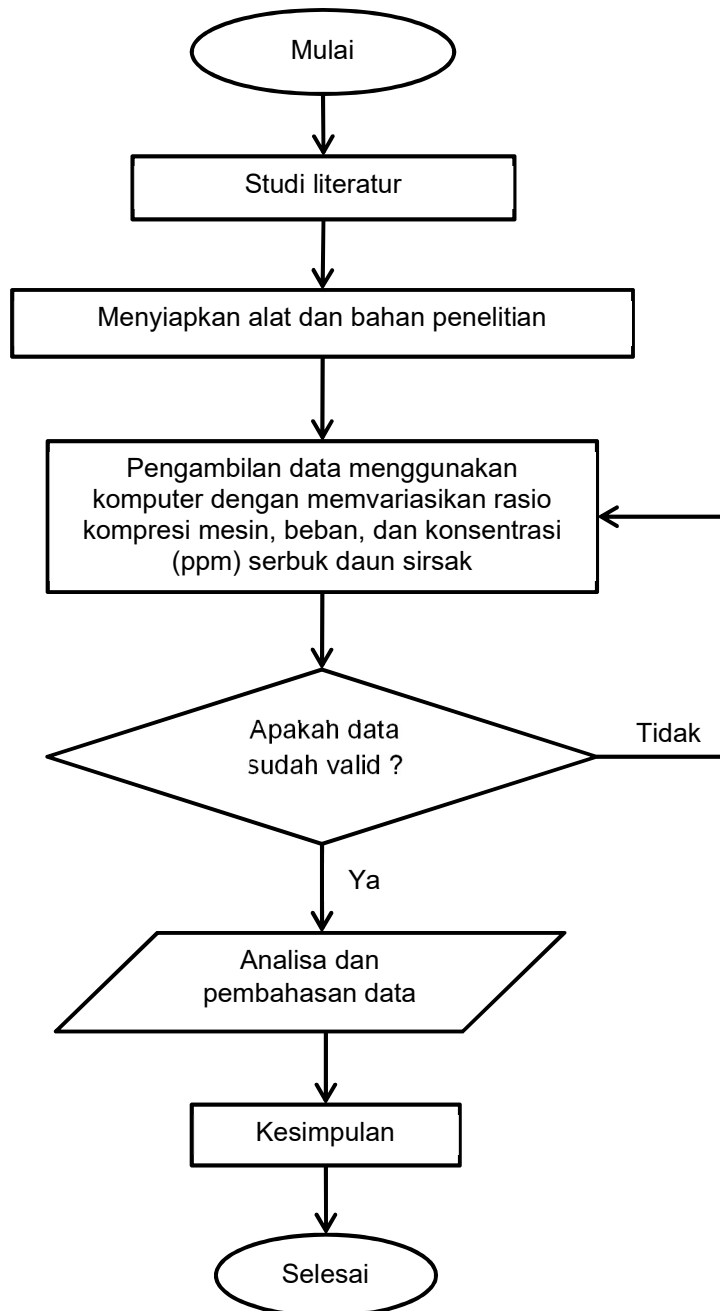
2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium *Internal Combustion*, Lt. *Ground* Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin di Jl. Poros Malino Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa. Waktu Penelitian direncanakan selama 12 bulan, dimulai dari bulan Januari 2025 sampai Desember 2025.

Tabel 1. Jadwal Penelitian

Urutan Kegiatan	Jan 2025	Feb 2025	Mar 2025	April 2025	Mei 2025	Jun 2025	Des 2025
Studi Literatur							
Penyusunan Proposal							
Penelitian							
Seminar Proposal							
Penyusunan Skripsi							
Seminar Hasil							
Ujian Tutup							

2.2 Flow Chart Penelitian



2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Proses Pembuatan Serbuk Daun Sirsak

Adapun proses pembuatan sampel serbuk daun sirsak, yaitu sebagai berikut:

1. Mengumpulkan daun sirsak dengan cara dipetik langsung dari pohonnya dan usahakan mengambil daun yang telah matang (hijau tua).
2. Mencuci bersih daun sirsak di bawah air mengalir untuk membersihkan daun dari debu dan kotoran yang menempel.
3. Angin-anginkan daun sirsak yang telah dicuci dengan cara diletakkan di atas alas/tikar untuk menghilangkan air yang menempel padanya.
4. Setelah dipastikan bersih dan kering. Daun sirsak kemudian ditimbang di atas timbangan digital untuk mengetahui massa awal.
5. Kemudian, tata daun sirsak di atas rak oven dengan rapi dan berjarak agar hasil pengeringan lebih maksimal.
6. Selanjutnya, masukkan rak oven ke dalam oven lalu setel suhu menjadi 40°C dan jangan lupa memastikan pintu oven tertutup dengan rapat. Tunggu proses pengeringan daun sirsak selama 2×24 jam.
7. Setelah proses pengeringan, keluarkan daun dari oven dan timbang kembali semua daun untuk mengetahui massa setelah proses pengeringan dilakukan.
8. Setelah diketahui nilai sebelum dan setelah dikeringkan. Langkah selanjutnya adalah menghaluskan daun sirsak dengan cara memotong daun sirsak menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lalu masukkan kedalam alat *powder grinder* dan tutup rapat. Kemudian, lakukan penggilingan selama 10 menit sampai daun sirsak menjadi bubuk. Setelah menjadi bubuk, simpan serbuk daun sirsak pada wadah yang kering dan tertutup rapat.
9. Setelah didapatkan bubuk daun sirsak. Langkah selanjutnya yaitu menyaring serbuk daun sirsak menggunakan ayakan *mesh* 200 untuk mendapatkan serbuk daun sirsak yang lebih halus dan lebih mudah larut dalam biodiesel B40. Kemudian, simpan kembali serbuk daun sirsak yang telah diayak ke dalam wadah yang kering dan tertutup rapat.
10. Setelah diayak, serbuk daun sirsak ditimbang kembali menggunakan timbangan digital untuk mengetahui massa serbuk.
11. Terakhir, simpan kembali serbuk yang telah ditimbang di dalam wadah yang kering dan pastikan tertutup rapat.

2.3.2 Proses Perhitungan Kadar PPM

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Azhar (2020),
Diketahui:

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

Massa B40 = berat jenis x volume = 0,829 g/ml x 1000 ml = 829 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:

$$\begin{aligned}\text{berat antioksidan} &= 50 \times \text{berat larutan} : 10^6 \\ &= 50 \times 829 \text{ gr} : 10^6 = 0,041 \text{ gr} = 41 \text{ mg}\end{aligned}$$

variasi 100 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{berat antioksidan} &= 100 \times \text{berat larutan} : 10^6 \\ &= 100 \times 829 \text{ gr} : 10^6 = 0,082 \text{ gr} = 82 \text{ mg}\end{aligned}$$

variasi 150 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{berat antioksidan} &= 150 \times \text{berat larutan} : 10^6 \\ &= 150 \times 829 \text{ gr} : 10^6 = 0,124 \text{ gr} = 124 \text{ mg}\end{aligned}$$

2.3.3 Proses Pencampuran Antioksidan dengan B40

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Azhar (2020), pencampuran bahan bakar dengan antioksidan serbuk daun sirsak dapat dilakukan sebagai berikut:

- Untuk membuat konsentrasi 50 ppm maka siapkan serbuk daun sirsak pada wadah plastik sebanyak 41 mg.
- Siapkan 1 liter bahan bakar B40 pada wadah gelas beker kimia 1000 ml.
- 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 gelas beker kimia 1000 ml yang berisi 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 (25-30°C). Proses penyimpanan ini bertujuan agar semua zat antioksidan pada serbuk dapat larut dalam biodiesel B40.
- Disaring menggunakan kain kasa agar kotoran beserta 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, pompa air, komputer dalam kondisi normal.
3. Mempersiapkan bahan uji coba berupa biodiesel B40 murni dan 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. Mulai dari beban 5 kg, 7 kg, dan 12 kg (Untuk mesin VCR lakukan tidak melebihi beban 12 kg). Setelah itu, 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 serbuk daun sirsak : 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.
2. Variasi rasio kompresi pada mesin TV-1 : 14 dan 18.
3. Variasi pembebanan pada mesin TV-1 : 5 , 7, dan 9 kg.

2.5 Variabel Terikat

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

1. Densitas biodiesel
2. Viskositas biodiesel
3. Nilai kalor biodiesel
4. GC-MS biodiesel
5. FTIR biodiesel
6. RPM < 1600

2.6 Pengujian 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 inframerah. Biodiesel yang telah dicampur dengan zat aditif berupa antioksidan serbuk daun sirsak akan dianalisis FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang terbentuk di dalamnya.

2.6.2 Analisis Biodiesel dengan GC-MS

Analisis GC-MS bertujuan untuk mengetahui senyawa yang mudah menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah jika dipanaskan, serta untuk menentukan bobot molekul, rumus molekul dan menghasilkan molekul bermuatan. Analisis GC-MS dilakukan dengan melihat grafik yang ada pada alat spektrometer massa kemudian data dimasukkan ke dalam rumus % komposisi relatif untuk mengetahui penggunaan komposisi pada biodiesel B30 yang telah dicampur dengan zat aditif.

2.6.3 Analisis Densitas

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:

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa}_{\text{pikno+sampel}} - \text{Mas Pikno}}{\text{Volume Pikrometer}} \quad (2.1)$$

2.6.4 Analisis Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan alat Viskometer Ostwald. 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:

$$\text{Viskositas minyak} = \eta_{\text{air}} \times \frac{\rho_{\text{sampel}} - t_{\text{sampel}}}{\rho_{\text{air}} - t_{\text{air}}} \quad (2.2)$$

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

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).

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

Keterangan:

N = Putaran Poros, (RPM)

T = Torsi (N.m)

9549,305 = konstanta dinamometer

2.7.2 Daya Indikasi (IP)

Daya pada motor merupakan salah satu tolak ukur yang sangat menentukan performa motor. Perbandingan perhitungan daya terhadap berbagai macam motor tergantung pada putaran mesin dan momen putar, semakin cepat putaran mesin maka rpm yang dihasilkan juga akan semakin besar sehingga daya yang akan dihasilkan juga semakin besar, begitu juga dengan momen putarnya, untuk menghitung nilai daya indikasi maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$IP = \frac{P_m \cdot s \cdot A \cdot 10^{-9} \cdot 10^2 \frac{N}{n}}{t} (\text{kW})$$

Keterangan:

IP = Daya Indikasi, (kW)

P_m = Tekanan efektif rata-rata, (bar)

N = Putaran Poros, (rpm)

S = Panjang langkah silinder (110 mm²)

A = Luas penampang silinder (mm²)

T = Waktu pemakaian bahan bakar, (kg)

2.7.3 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:

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

Keterangan:

FC = Konsumsi bahan bakar (kg/h)

VGU = Volume gelas ukur, (VGU = 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)

2.7.4 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:

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

Keterangan:

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

BP = Daya Efektif, (kg/h)

FC = Konsumsi Bahan Bakar (kg/h)

2.7.5 Laju Aliran Udara Aktual (Ma)

Untuk mengukur jumlah pemakaian udara sebenarnya, digunakan sebuah plat orifice sisi tajam dengan diameter 20 mm yang dihubungkan dengan sebuah manometer presisi. Perbedaan tekanan akibat aliran udara yang melintasi plat orifice diukur oleh manometer, menggunakan konsumsi udara yang sanggup dihisap oleh mesin selama langkah pemasukan. Maka dari itu persamaan Ma adalah:

$$Ma_{act} = K_d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot Do^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot 4,4295 \sqrt{ho \cdot \rho_{ud}} \text{ (kg/h)}$$

Keterangan:

Ma = Laju aliran udara actual (Kg/h)

K = Koefisien discharge orifice = 0,6

Do = Diameter orifice = 20 mm

10^{-6} = Faktor konversi dari mm² ke m²

Ho = Beda tekanan pada manometer

ρ_{ud} = Massa jenis udara pada kondisi masuk, (kg/m³)

3600 = Faktor konversi detik ke jam

2.7.6 Laju Aliran Udara Teoritis (M_{th})

Banyaknya bahan bakar yang dapat terbakar sangat bergantung pada jumlah udara yang terhisap selama langkah pemasukan, karena itu perlu diperhatikan berapa jumlah udara yang dikonsumsi selama pemasukan. Dalam keadaan teoritis, jumlah massa udara yang dapat masuk ke dalam ruangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$M_{th} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot s \cdot \frac{N}{n} \cdot 60 \cdot 10^{-9} \cdot \rho_{ud} \left(\frac{kg}{h} \right)$$

2.7.7 Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)

Perbandingan udara bahan bakar sangat penting bagi pembakaran sempurna. Konsumsi udara bahan bakar yang dihasilkan akan sangat memengaruhi laju dari pembakaran dan energi yang dihasilkan. Secara umum *air fuel*

consumption dapat dihitung dengan persamaan:

$$AFR_{act} = \frac{Ma_{act}}{FC}$$

Keterangan:

Ma = Konsumsi udara aktual (kg/h)

FC = Konsumsi bahan bakar (kg/h)

2.7.8 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.

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

Keterangan:

FC : Konsumsi bahan bakar (kg/h)

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

2.7.9 Efisiensi Volumetris (η_{vol})

Efisiensi volumetris adalah perbandingan antara jumlah udara terhisap sebenarnya pada proses penghisapan, dengan jumlah udara teoritis yang mengisi volume langkah pada saat temperatur dan tekanan sama. Dengan demikian η_{vol} dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \frac{Ma_{act}}{M_{th}} \times 100\%$$

Keterangan:

Ma_{act} = Konsumsi udara aktual (kg/h)

M_{th} = Konsumsi udara teoritis (kg/h)

2.7.10 Efisiensi termis (η_{th})

Efisiensi thermis didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya energi kalor yang diubah menjadi konsumsi bahan bakar *specific* 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:

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

Keterangan:

BP = Daya Efektif (kW)

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

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

2.7.11 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:

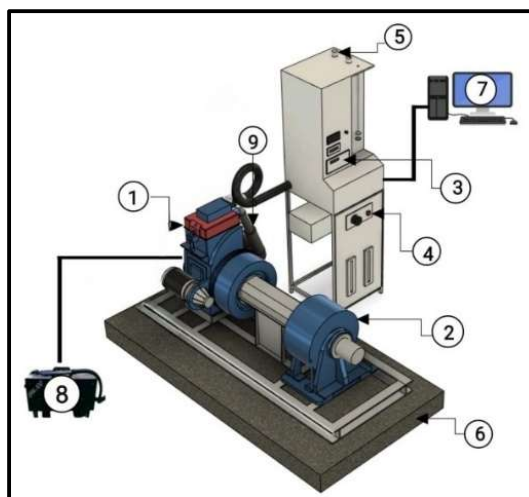
$$\eta_{\text{mek}} \frac{BP}{IP} \times 100\%$$

Keterangan:

BP = Daya Efektif, (kW)

IP = Daya Indikasi, (kW)

2.8 Skema Penelitian



Gambar 8. 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 9. *Magnetic Stirrer*

2. *Botol Plastik*



Gambar 10. *Botol Plastik*

3. *Powder Grinder*



Gambar 11. *Powder Grinder*

4. Oven (*Incubator Friocell*)



Gambar 12. Oven (*Incubator Friocell*)

5. Corong



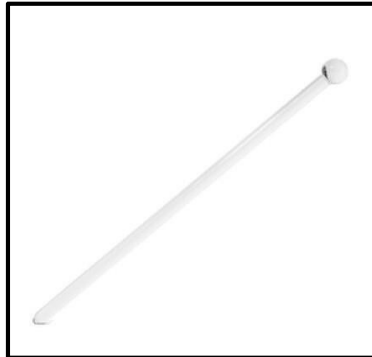
Gambar 13. Corong

6. Kain Kasa



Gambar 14. Kain kasa

7. Batang Pengaduk



Gambar 15. Batang Pengaduk

8. Gelas Beker Kimia 1000 ml



Gambar 16. Gelas Beker Kimia 1000 ml

9. Ayakan Mesh 200 (74 Mikro)



Gambar 17. Ayakan Mesh 200 (74 Micron)

10. Timbangan Analitik

**Gambar 18.** Timbangan Analitik

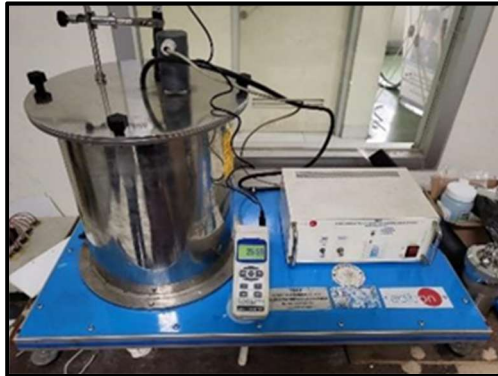
11. Viskometer Ostwald

**Gambar 19.** Viskometer Ostwald

12. Sendok Plastik

**Gambar 20.** Sendok Plastik

13. Bomb Calorimeter



Gambar 21. Bomb Calorimeter

14. VCR Engine Test Setup (Mesin Diesel)



Gambar 22. VCR Engine Test Setup (Mesin Diesel)

2.9.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Daun Sirsak



Gambar 23. Daun Sirsak

2. Bahan Bakar Biodiesel B40



Gambar 24. Bahan Bakar Biodiesel B40