

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini mengalami kenaikan jumlah penduduk mencapai 284.438,800 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2025). Kenaikan penduduk juga berpengaruh terhadap naiknya jumlah transportasi di Indonesia yang mencapai 148.261.817 unit. Jumlah tersebut didominasi sepeda motor dengan jumlah 125.305.332 unit (Badan Pusat Statistik, 2022). Hal ini disebabkan karena sepeda motor menjadi pilihan utama dan paling terjangkau bagi mayoritas masyarakat (Wijayanti, 2017). Belakangan ini sepeda motor yang digunakan oleh masyarakat tidak hanya sepeda motor seri terbaru, tetapi juga adanya tren penggunaan sepeda motor klasik 2 tak yang sudah tidak diproduksi karena tidak sesuai dengan pasal 2 ayat 1 (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023). Fenomena tersebut terlihat dari popularitas sepeda motor klasik, khususnya merek Vespa, yang kembali diminati oleh masyarakat saat ini (Permana dkk., 2023). Meskipun sepeda motor klasik memiliki keterbatasan suku cadang asli (original) karena sudah tidak diproduksi lagi, hal ini justru memberikan daya tarik tersendiri bagi pemiliknya (Partogi & Tambunan, 2023). Satu-satunya cara untuk memelihara motor klasik tersebut adalah dengan menggunakan komponen *aftermarket*. Selain karena kelangkaan barang original, penggunaan komponen ini juga bertujuan untuk meningkatkan performa mesin dua langkah yang mereka miliki (Cakra Mukti & Sugeng, 2019).

Salah satu cara untuk meningkatkan performa mesin dua langkah adalah dengan mengganti komponen standar (OEM) dengan komponen *aftermarket* pada sistem pengapian. Sistem pengapian memegang peranan vital karena mesin dua langkah menghasilkan satu langkah usaha dalam setiap putaran poros engkol (Haditiya Atmaja, 2018). Hal ini berbeda dengan mesin empat langkah yang memerlukan dua putaran poros engkol untuk satu langkah usaha. Oleh karena itu, laju setiap siklus pembakaran pada mesin dua

langkah sangat signifikan dalam menentukan kinerja mesin. Dengan demikian, dibutuhkan komponen *aftermarket* yang dapat mendukung pembakaran pada sistem pengapian lebih efisien dan menghasilkan tenaga optimal.

Salah satu komponen *aftermarket* yang sering digunakan untuk tujuan ini adalah koil pengapian (*ignition coil*) (Subroto, 2009). Komponen ini berfungsi mengubah tegangan rendah dari aki menjadi tegangan tinggi, yang kemudian menghasilkan percikan api listrik pada busi. Proses ini krusial agar campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar secara optimal di ruang bakar, sehingga meningkatkan performa mesin.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Baroansyah dkk. yang berjudul Analisa Kinerja Koil *Aftermarket* Terhadap Performa Kerja Mesin pada Scooter Vespa PX 150. Pada penelitian tersebut hanya membandingkan kinerja koil *aftermarket* dengan koil standar mengenai daya dan torsi. Dengan hasil penggunaan koil *aftermarket* memiliki keunggulan torsi pada percepatan gigi 3 dan 4 dengan nilai 12,99 dan 13,52. Disisi lain sejalan dengan torsi, daya penggunaan koil *aftermarket* juga mengalami keunggulan pada gigi 3 dan 4 sebesar 8,11 dan 10,28. Dengan demikian, penggunaan koil *aftermarket* dapat meningkatkan daya dan torsi pada putaran tinggi (percepatan gigi 3 dan 4). Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini membandingkan kinerja koil *aftermarket* dengan koil standar menggunakan tujuh parameter, yaitu torsi, daya, rasio, putaran idle, suhu kerja mesin, konsumsi bahan bakar, dan kadar emisi gas buang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti melakukan penelitian yang berjudul “PERBANDINGAN PENGGUNAAN KOIL *AFTERMARKET* DENGAN KOIL STANDAR (OEM) TERHADAP UNJUK KERJA MESIN MOTOR BAKAR 2 (DUA) LANGKAH 150 CC”. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai perbedaan performa mesin dari tujuh parameter yang diuji, serta dampak yang timbul akibat penggunaan koil *aftermarket*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat perbedaan unjuk kerja mesin motor bakar dua langkah 150 cc antara penggunaan koil standar (OEM) dan koil *aftermarket*, ditinjau dari parameter torsi, daya, rasio akselerasi, dan putaran mesin saat idle (putaran rendah)?
2. Apakah terdapat perbedaan suhu kerja mesin motor bakar dua langkah 150 cc akibat penggunaan koil standar (OEM) dan koil *aftermarket*?
3. Bagaimana perbandingan laju konsumsi bahan bakar pada mesin motor bakar dua langkah 150 cc antara penggunaan koil standar (OEM) dan koil *aftermarket*?
4. Bagaimana perbandingan kadar emisi gas buang, khususnya kandungan Hidrokarbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO), yang dihasilkan oleh mesin motor bakar dua langkah 150 cc saat menggunakan koil standar (OEM) dan koil *aftermarket*?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan memudahkan proses analisis, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Objek penelitian dibatasi pada mesin sepeda motor bensin dua langkah 150 cc tipe Vespa dengan sistem pengapian berbasis CDI.
2. Jenis koil pengapian yang dibandingkan adalah koil standar (OEM) dan koil *aftermarket* yang kompatibel dengan tipe mesin tersebut.
3. Pengujian unjuk kerja mesin meliputi parameter
  - a Torsi (N·m)
  - b Daya (HP/kW)
  - c Putaran mesin pada kondisi idle (putaran rendah)
  - d Rasio akselerasi
  - e Suhu kerja mesin diukur pada bagian kepala silinder menggunakan termometer inframerah. Pengukuran dilakukan pada titik dan waktu yang sama untuk setiap pengujian

- f Laju konsumsi bahan bakar diukur dengan metode volumetrik, berdasarkan waktu yang dibutuhkan mesin untuk menghabiskan volume bahan bakar sebanyak 10 ml, pada kondisi kerja yang seragam
  - g Pengujian emisi gas buang dibatasi pada pengukuran kadar Hidrokarbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO) dengan menggunakan alat uji emisi
4. Penyetelan karburator, bahan bakar, oli samping, dan kondisi mesin dibuat konsisten untuk kedua jenis koil yang diuji.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini didapati beberapa hal yang menjadi tujuan, yaitu:

1. Mengetahui dan membandingkan unjuk kerja mesin motor bakar dua langkah 150 cc antara penggunaan koil standar (OEM) dan koil *aftermarket*, ditinjau dari parameter torsi, daya, putaran mesin saat idle, dan rasio akselerasi.
2. Mengetahui apakah terdapat perbedaan suhu kerja mesin akibat penggunaan koil OEM dan koil *aftermarket*.
3. Menganalisis perbandingan laju konsumsi bahan bakar antara mesin yang menggunakan koil OEM dan koil *aftermarket*.
4. Menganalisis perbedaan kadar emisi gas buang, khususnya kandungan Hidrokarbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO), dari mesin dua langkah dengan penggunaan koil OEM dan koil *aftermarket*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini mencakup:

- A. Manfaat teoritis
1. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik otomotif, khususnya mengenai sistem pengapian motor bakar dua langkah.
  2. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti lain yang tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang pengaruh komponen *aftermarket* terhadap performa mesin.

## B. Manfaat praktis

### 1. Bagi penulis

Penulis mendapatkan pengalaman langsung dalam merancang, melaksanakan, dan menganalisis sebuah penelitian ilmiah. Ini meningkatkan keterampilan praktis dalam bidang teknik otomotif, khususnya terkait pengujian performa mesin.

### 2. Bagi Universitas Islam Sumatera Utara

Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi awal bagi mahasiswa dan dosen yang akan melakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan komponen koil *aftermarket*.

### 3. Bagi masyarakat

Penelitian ini mengedukasi masyarakat luas, khususnya para penggemar otomotif, mengenai pentingnya pemilihan komponen yang tepat untuk mendapatkan performa mesin yang optimal.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan penelitian ini terdiri atas lima bab, yaitu:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan skripsi.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan kerangka teori yang menjadi acuan dalam menganalisis data penelitian. Pembahasan berfokus pada teori-teori terkait mesin motor bakar dua langkah dan sistem pengapian, yang secara langsung relevan dengan perbandingan unjuk kerja antara koil standar dan koil *aftermarket*.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian mengenai jenis penelitian, waktu dan tempat pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan, tahapan pengujian, variabel penelitian, serta alur penyelesaian penelitian.

#### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi uraian mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan, disertai dengan pembahasan, perbandingan, serta analisis terhadap data yang diperoleh.

#### BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi uraian mengenai kesimpulan penelitian serta saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mesin Motor Bakar**

Motor bakar bensin, atau yang dikenal sebagai mesin Otto, adalah jenis mesin dengan sistem pembakaran dalam (*internal combustion engine*), di mana proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar berlangsung di dalam ruang bakar silinder mesin. Mesin ini menggunakan bunga api listrik dari busi sebagai pemicu pembakaran dan bekerja berdasarkan prinsip siklus termodinamika Otto. Motor bakar merupakan salah satu bentuk mesin kalor yang bekerja dengan mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas melalui proses pembakaran, dan selanjutnya dikonversikan menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan (Cakra Mukti & Sugeng, 2019). Prinsip kerja motor bakar ini secara langsung berkaitan dengan Hukum Pertama Termodinamika, yaitu “Energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, namun hanya dapat diubah bentuknya dari satu bentuk ke bentuk yang lain.” (Çengel & Boles, 2015).

Secara umum, terdapat dua jenis konfigurasi kerja pada mesin bakar bensin, yaitu mesin Motor Bakar 4 Langkah (*Four-Stroke Engine*) dan mesin Motor Bakar 2 Langkah (*Two-Stroke Engine*). Selanjutnya untuk proses/langkah dalam motor bakar bensin atau mesin Otto adalah meliputi Langkah Hisap, Langkah Kompresi, Langkah Kerja/Usaha dan Langkah Buang, dimana suatu siklus dapat dikatakan lengkap apabila keempat langkah dapat terlaksana dari awal hingga akhir. Adapun keempat langkah pada motor bakar bensin dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Langkah Hisap (*Intake Stroke*)

Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), menciptakan ruang vakum yang menghisap campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder.

## 2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

Piston bergerak dari TMB ke TMA, memampatkan campuran udara-bahan bakar, yang meningkatkan tekanan dan temperatur sebelum pembakaran.

## 3. Langkah Usaha/Kerja (*Power Stroke*)

Tepat sebelum piston mencapai TMA, busi memercikkan bunga api dan membakar campuran yang telah terkompresi. Ledakan hasil pembakaran mendorong piston ke TMB, menghasilkan tenaga mekanik.

## 4. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

Piston kembali ke TMA sambil membuka katup buang, mendorong gas hasil pembakaran keluar dari silinder.

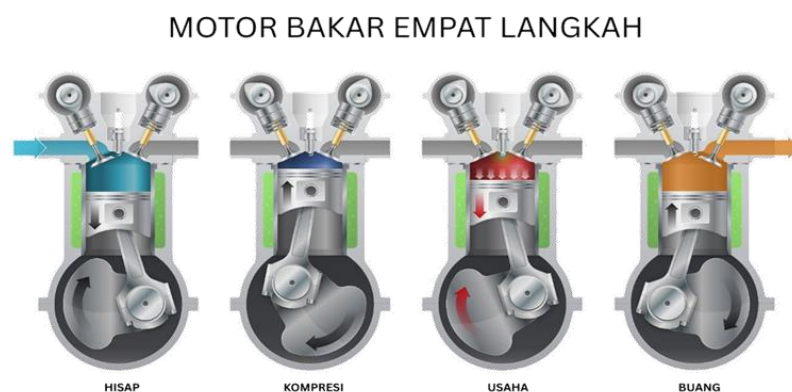
### 2.1.1 Jenis Mesin Motor Bakar

Perbedaan utama antara mesin motor bakar empat langkah (*four-stroke engine*) dengan mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) terletak pada efisiensi siklus dan konstruksi mekanisnya. Terkait dengan prinsip kerja motor bakar khususnya pada mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) proses pembakaran bahan bakar terjadi di dalam ruang bakar, menghasilkan tekanan dan suhu tinggi yang mendorong piston (torak) ke bawah. Gerakan ini kemudian diteruskan melalui mekanisme engkol untuk menghasilkan putaran (rotasi) sebagai bentuk energi mekanik.

Mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) memiliki siklus kerja yang lebih singkat dan sederhana dibandingkan mesin empat langkah (*four-stroke engine*), karena hanya memerlukan satu putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus kerja. Hal ini memberikan keunggulan dalam hal frekuensi pembakaran yang lebih tinggi per siklus, sehingga mampu menghasilkan tenaga yang lebih besar dalam waktu yang sama dibandingkan dengan mesin empat langkah. Selain itu, mesin dua langkah memiliki desain yang lebih ringkas dan jumlah komponen yang lebih sedikit, seperti tidak

digunakannya katup (klep), yang digantikan oleh port-port (lubang masuk dan buang) yang dibuka dan ditutup oleh gerakan piston. Konstruksi yang lebih sederhana ini menyebabkan mesin dua langkah menjadi lebih ringan dan lebih mudah dirawat. Kelebihan lainnya adalah pada mesin dua langkah torsi awal lebih tinggi pada putaran rendah, sehingga responsif digunakan pada kendaraan ringan, selain itu pada kendaraan mesin dua langkah lebih mudah untuk dihidupkan, karena sistemnya tidak serumit mesin empat langkah serta cocok untuk modifikasi dan eksperimen performa, termasuk pengujian sistem pengapian seperti penggunaan koil aftermarket, karena perubahan pada pengapian lebih cepat mempengaruhi unjuk kerja. Namun, perlu dicatat bahwa laju konsumsi bahan bakar dan tingkat emisi gas buang dari mesin dua langkah cenderung lebih rendah dibandingkan mesin empat langkah, disebabkan oleh pencampuran bahan bakar dan oli, serta proses pembilasan (*scavenging*) yang memungkinkan sebagian campuran bahan bakar ikut terbangun bersama gas sisa pembakaran. Berikut ini adalah gambaran mengenai siklus dari kedua jenis motor bakar tersebut:

#### 1. Mesin Motor Bakar Empat Langkah (*Four-Stroke Engine*)



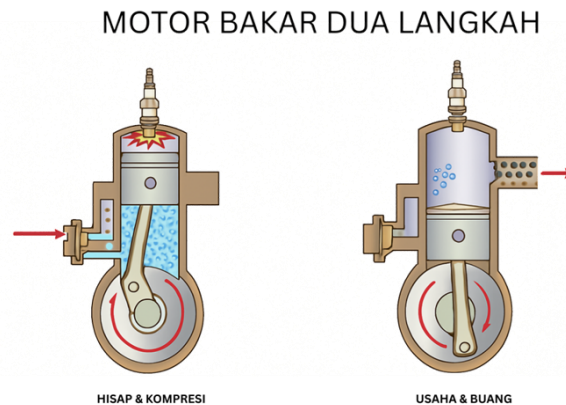
Gambar 2.1 Mesin Motor Bakar Empat Langkah

Sumber: speedwork.id (2019)

Motor bakar empat langkah (*four-stroke engine*) merupakan motor yang membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk

menyelesaikan satu kali siklus di dalam silinder, dengan kata lain setiap siklus membutuhkan empat langkah torak pada dua putaran poros engkol untuk melengkapinya (hisap, kompresi, pembakaran/usaha, dan buang).

## 2. Mesin Motor Bakar Dua Langkah (*Two-Stroke Engine*)



Gambar 2.2 Siklus Mesin Motor Bakar Dua Langkah

Sumber: speedwork.id (2019)

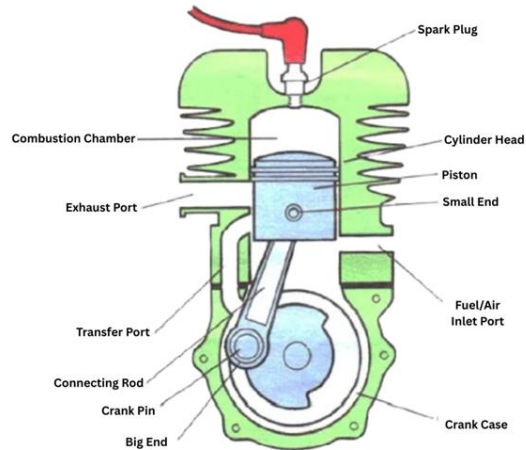
Motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) adalah motor bensin yang seluruh siklus kerja tersebut diselesaikan hanya dalam satu putaran poros engkol, karena pada mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) langkah hisap dan buang terjadi bersamaan dengan langkah kompresi dan usaha sehingga siklus kerja lebih singkat dan sederhana.

Mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) beroperasi tanpa katup, maka sebagai penggantinya motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) menggunakan saluran pada dinding silinder yang dibuka dan ditutup oleh piston ketika bergerak naik dan turun di dalam silinder.

### 2.1.2 Prinsip Kerja Mesin Motor Bakar Dua Langkah

Pada mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) hanya memerlukan satu kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu

siklus di dalam silinder. Berikut adalah gambar mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) dalam bentuk yang sederhana.



Gambar 2.3 Motor Bakar Dua Langkah Bentuk Sederhana

Sumber: sahabat-ilmu.com (2017)

Pada mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) campuran udara-bahan bakar dikompresi dua kali setiap putaran. Kompresi pertama (kompresi pendahuluan di dalam *Crank Case*), campuran ditarik ke dalam *Crank Case* dan dikompresi yang selanjutnya masuk ke dalam ruang pembakaran.

Kompresi kedua (kompresi di dalam silinder dan ruang pembakaran). Campuran yang dikompresi sangat mudah dinyalakan dan terbakar sehingga menghasilkan tekanan yang tinggi. Campuran yang dikompresi di dalam *Crank Case* mengalir ke dalam silinder melalui lubang transfer mendorong sisa-sisa gas pembakaran keluar dari silinder dan ini disebut sebagai langkah transfer. Secara jelasnya cara kerja mesin motor bakar dua langkah (*two-stroke engine*) diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Cara Kerja Motor Bakar Dua Langkah

Proses	Penjabaran Langkah dan Gambar
Langkah Hisap dan Kompresi	<u>Di bawah piston</u> Sewaktu piston bergerak ke atas menuju TMA ruang engkol akan membesar dan menjadikan ruang tersebut

Proses	Penjabaran Langkah dan Gambar
<p>➢ Setengah putaran pertama atau 180°</p> <p>➢ Piston bergerak dari TMB ke TMA</p>	<p>hampa (vakum). Lubang pemasukan akan terbuka dan dengan perbedaan tekanan, maka udara luar dapat mengalir dan bercampur dengan bahan bakar di karburator yang selanjutnya masuk ke ruang engkol (disebut langkah hisap atau pengisian ruang engkol).</p> <div data-bbox="646 616 1348 1041" style="text-align: center;"> </div> <p>Gambar 2.4 Proses Hisap dan Kompresi pada Motor Dua Langkah</p> <p>Sumber: sahabat-ilmu.com (2017)</p> <p><u>Di atas piston</u></p> <p>Di sisi lain lubang pemasukan dan lubang buang tertutup oleh piston, sehingga terjadi proses langkah kompresi. Dengan gerak piston yang terus ke atas mendesak gas baru yang sudah masuk sebelumnya, mengakibatkan suhu dan tekanan gas meningkat. Selanjutnya beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA busi akan memercikkan bunga api listrik dan selanjutnya mulai membakar campuran gas (langkah ini disebut langkah kompresi).</p>
<p>➢ Langkah Usaha dan Buang</p>	<p><u>Di atas piston</u></p> <p>Ketika piston mencapai TMA, campuran gas yang dikompresikan akan dinyalakan oleh busi yang selanjutnya gas yang terbakar akan mengakibatkan</p>

Proses	Penjabaran Langkah dan Gambar
<p>➤ Setelah putaran kedua atau 360°</p> <p>➤ Piston bergerak dari TMA ke TMB</p>	<p>ledakan yang menghasilkan tenaga sehingga mendorong piston untuk memutar poros engkol melalui <i>connecting rod</i> sewaktu piston bergerak ke bawah menuju TMB (langkah usaha). Beberapa derajat setelah piston bergerak ke TMB lubang buang akan terbuka oleh kepala piston, gas-gas bekas keluar melalui saluran buang (langkah buang).</p> <div data-bbox="678 728 1332 1153" style="text-align: center;"> </div> <p>Gambar 2.5 Proses Usaha dan Buang pada Motor Dua Langkah</p> <p>Sumber: sahabat-ilmu.com (2017)</p> <p><u>Di bawah piston</u></p> <p>Beberapa derajat selanjutnya setelah saluran buang dibuka, maka saluran bilas (saluran transfer) mulai terbuka oleh tepi piston. Selanjutnya, ketika piston membuka lubang transfer, maka dimulai langkah pembuangan. Gas baru yang berada di bawah piston akan terdesak, campuran yang dikompresikan tersebut mengalir melalui saluran bilas menuju bagian atas ruang bakar sambil membantu mendorong gas bekas bergerak keluar (proses ini disebut pembilasan).</p>

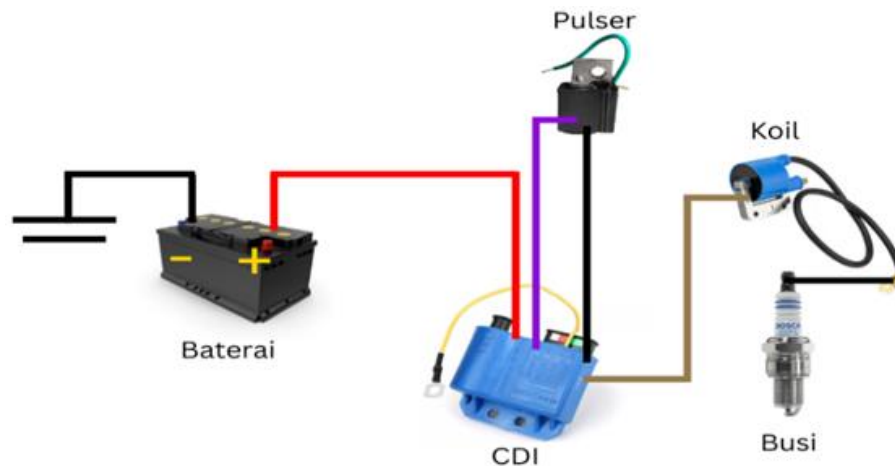
Tabel 2.2 Kelebihan Motor Bakar 2 Langkah

<b>Kelebihan Motor Bakar 2 Langkah (<i>Two-Stroke Engine</i>)</b>
Pada mesin Motor Bakar 2 Langkah ( <i>Two-Stroke Engine</i> ), proses pembakaran terjadi setiap satu putaran poros engkol, sehingga mesin menghasilkan tenaga lebih sering dibanding mesin Motor Bakar 4 Langkah ( <i>Four-Stroke Engine</i> ). Hal ini membuat respons akselerasi terasa lebih cepat dan putaran mesin terasa lebih berisi pada setiap putaran.
<b>Kelebihan Motor Bakar 2 Langkah (<i>Two-Stroke Engine</i>)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Mesin dua langkah tidak memerlukan mekanisme katup (klep) seperti pada mesin empat langkah. Oleh karena itu, jumlah komponen mekanisnya lebih sedikit, sehingga konstruksinya lebih sederhana dan proses perawatannya relatif lebih mudah serta murah;</li> <li>➢ Jika dibandingkan dengan mesin empat langkah pada kapasitas silinder yang sama, mesin dua langkah umumnya menghasilkan tenaga yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh frekuensi pembakaran yang terjadi setiap satu putaran poros engkol, sehingga siklus kerja berlangsung dua kali lebih sering dibandingkan mesin empat langkah.</li> </ul>

## 2.2 Sistem Pengapian Mesin Motor Bakar Dua Langkah

Pada mesin bensin, Salah satu bagian penting dalam proses pembakaran adalah sistem pengapian (Ignition) (Machmud dkk., 2013). Sistem pengapian memiliki peran krusial dalam mengontrol waktu pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Sistem ini dibutuhkan karena pembakaran tidak dapat terjadi secara spontan. Pada akhir langkah kompresi, busi akan memercikkan bunga api. Percikan ini menyulut campuran yang sudah terkompresi, menciptakan ledakan kecil yang mendorong piston ke Titik Mati Bawah (TMB), menghasilkan tenaga untuk menggerakkan mesin (Jama & Wagino, t.t.).

Sistem pengapian pada mesin bensin terdiri dari beberapa komponen yang bekerja dalam satu rangkaian. Berikut adalah gambaran rangkaian sistem pengapian beserta fungsi setiap komponennya.



Gambar 2.6 Alur Sistem Pengapian

Adapun fungsi masing-masing komponen adalah sebagai berikut.

#### A. Baterai

Baterai merupakan komponen vital pada kendaraan bermotor karena berfungsi menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia. Energi ini kemudian disalurkan ke berbagai komponen kelistrikan, termasuk sistem starter, lampu, dan sistem pengapian. Khusus untuk sistem pengapian, baterai menyediakan pasokan listrik sebesar 12 volt ke unit CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) untuk memulai proses pembakaran (Agustian, 2015).

#### B. CDI (*Capacitor Discharge Ignition*)

CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) adalah sistem pengapian yang menggunakan arus dari pelepasan muatan kapasitor untuk menyuplai daya ke koil pengapian. Cara kerjanya dimulai dengan pengisian muatan listrik searah pada kapasitor hingga mencapai ratusan volt. Ketika pemacu diaktifkan, proses pengisian berhenti dan kapasitor melepaskan muatannya melalui saklar elektronik, yang kemudian menyuplai daya ke koil pengapian (Nuryasin & Suprihadi, 2014).

### C. Koil

Koil pengapian berfungsi mengubah tegangan rendah 12 volt dari baterai menjadi tegangan tinggi (10.000 volt atau lebih). Tegangan tinggi ini dibutuhkan untuk menghasilkan percikan api yang kuat pada busi. Proses peningkatan tegangan ini dibantu oleh kapasitor yang terletak pada unit CDI (Subagja, 2021).

### D. Busi

Busi merupakan komponen vital dalam sistem pengapian yang dipasang di kepala silinder. Komponen ini mengubah tegangan tinggi dari koil pengapian menjadi percikan api. Percikan ini terjadi saat tegangan listrik melompat melewati celah udara antara elektroda pusat dan elektroda ground pada busi. Percikan api tersebut kemudian menyulut campuran bahan bakar dan udara yang telah terkompresi di dalam silinder, memulai proses pembakaran (Anggoro, 2021).

## 2.3 Koil Pengapian

Koil pengapian memiliki fungsi untuk mengubah sumber tegangan rendah dari baterai atau koil sumber (12 V) menjadi sumber tegangan tinggi (10 KV atau lebih) yang diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi dalam sistem pengapian. Pada koil pengapian, kumparan primer dan sekunder digulung pada inti besi. Kumparan-kumparan ini akan menaikkan tegangan yang diterima dari baterai menjadi tegangan yang sangat tinggi melalui induksi elektromagnetik.

Secara konstruksi, koil pengapian tersusun atas inti besi (*core*) yang berfungsi sebagai medium untuk meningkatkan fluks magnetik, yang kemudian dikelilingi oleh dua jenis kumparan: kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan primer terdiri atas sejumlah lilitan kawat tembaga yang relatif sedikit, sedangkan kumparan sekunder terdiri dari ribuan lilitan kawat tembaga yang lebih halus dan panjang. Kedua kumparan ini disusun sedemikian rupa pada inti, di mana kumparan primer biasanya berada di bagian luar atau dalam, tergantung pada jenis koil, dan kumparan sekunder mengelilinginya atau dililit secara konsentris.

Untuk menghindari terjadinya hubungan pendek (*short circuit*) antar lilitan, setiap lapisan lilitan pada koil pengapian dipisahkan oleh isolator berupa kertas insulasi khusus atau bahan isolator lainnya yang memiliki tahanan sekat tinggi (*high dielectric strength*). Penggunaan bahan isolator ini sangat penting karena berfungsi mencegah terjadinya kebocoran arus listrik antar lilitan yang dapat menyebabkan hilangnya efisiensi induksi elektromagnetik, peningkatan suhu berlebih (*overheating*), serta potensi kerusakan permanen pada komponen koil. Semakin tinggi nilai kekuatan dielektrik dari bahan isolator, semakin baik pula kemampuan bahan tersebut dalam menahan tegangan induksi tinggi yang dihasilkan oleh koil sekunder.

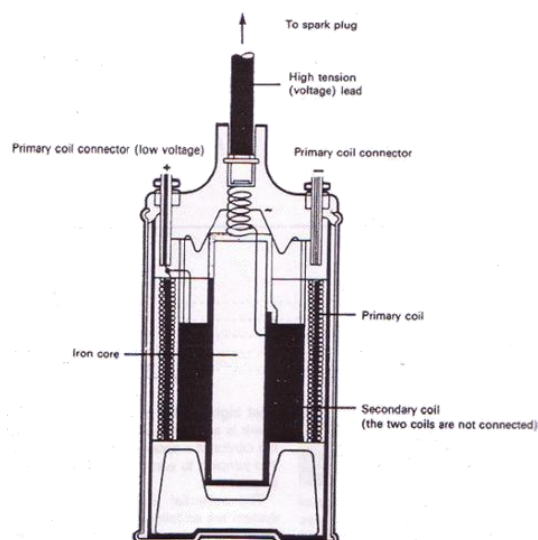
Inti besi yang digunakan pada koil umumnya berbahan baja silikon tipis (*silicon steel*) yang dilaminasi menjadi beberapa lapisan. Tujuan dari pelaminasian ini adalah untuk mengurangi terbentuknya arus pusar (*eddy current*), yaitu arus listrik liar yang timbul akibat perubahan medan magnet di dalam material konduktor. Arus eddy ini jika tidak dikendalikan akan menghasilkan panas dan menyebabkan rugi-rugi daya (*power loss*), sehingga efisiensi energi elektromagnetik menurun. Dengan menggunakan inti besi berlapis-lapis (*laminated core*), arus eddy dapat diminimalkan karena setiap lapisan memiliki hambatan terhadap aliran arus liar tersebut, sehingga rugi-rugi daya akibat induksi magnetik dapat ditekan seminimal mungkin.

Ujung dari kumparan primer dihubungkan dengan terminal positif dan negatif pada sistem pengapian. Saat arus listrik mengalir melalui lilitan primer, terbentuklah medan magnet di sekitar inti besi. Ketika arus listrik primer diputus secara tiba-tiba baik oleh platina (*breaker point*), transistor, maupun unit CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) maka medan magnet tersebut kolaps dengan cepat. Proses kolapsnya medan magnet inilah yang memotong kumparan sekunder, sehingga menghasilkan tegangan induksi yang sangat tinggi (hingga belasan kilo volt). Tegangan tinggi ini kemudian disalurkan melalui kabel tegangan tinggi (*high tension cable*) menuju elektroda busi. Di celah busi, tegangan tinggi tersebut melompati celah udara

dan menimbulkan percikan bunga api (*spark ignition*) yang akan membakar campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar.

Salah satu aspek penting dari performa koil pengapian adalah efisiensi konversi energi elektromagnetik menjadi energi listrik bertegangan tinggi yang cukup untuk menghasilkan loncatan bunga api secara stabil di berbagai kondisi putaran mesin (RPM rendah hingga tinggi). Koil aftermarket yang dirancang untuk performa tinggi umumnya memiliki karakteristik waktu pengisian (*dwell time*) yang lebih singkat namun mampu menghasilkan tegangan sekunder lebih besar dibandingkan koil standar (OEM). Dengan waktu pengisian yang lebih singkat, koil performa mampu mengisi energi magnetik lebih cepat dan melepaskannya dalam bentuk tegangan tinggi yang lebih kuat, sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Namun demikian, konsekuensinya adalah peningkatan stres termal dan listrik pada sistem pengapian, yang dapat memperpendek umur pakai komponen seperti CDI, kabel tegangan tinggi, dan busi jika tidak diimbangi dengan spesifikasi yang sesuai. Terdapat tiga tipe utama koil pengapian yang umum digunakan pada sepeda motor, yaitu:

#### A. Tipe Canister

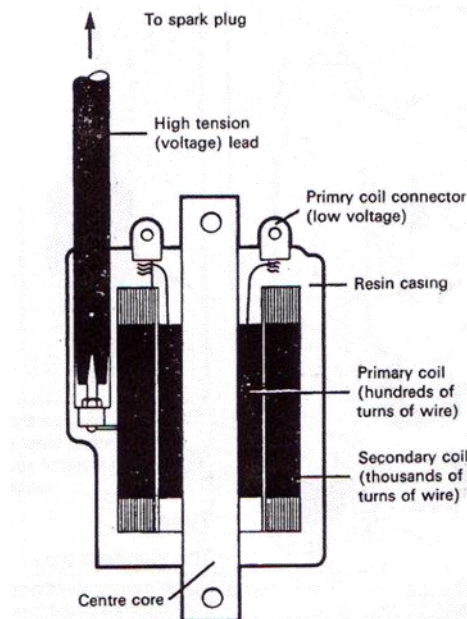


Gambar 2.7 Koil Tipe Canister

Koil tipe ini memiliki inti besi di bagian tengah sebagai media fluks magnetik. Kumbaran sekunder dililitkan langsung mengelilingi inti

tersebut, sedangkan kumparan primer dililitkan di sisi luar kumparan sekunder. Seluruh komponen koil ini dirakit dalam sebuah rumah berbahan logam berbentuk tabung (*canister*). Untuk membantu pendinginan dan meredam panas yang dihasilkan selama proses induksi, bagian dalam canister sering kali diisi dengan minyak isolator atau pelumas khusus.

#### B. Tipe Moulded



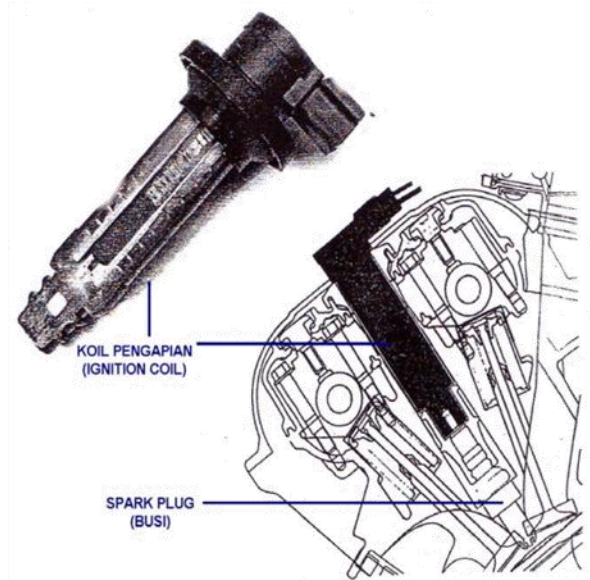
Gambar 2.8 Koil Tipe Moulded

Koil tipe moulded merupakan jenis koil pengapian yang umum digunakan pada sepeda motor. Pada tipe ini, inti besi berada di bagian tengah dan dililit oleh kumparan primer. Di bagian luar kumparan primer terdapat kumparan sekunder yang terdiri dari ribuan lilitan kawat halus. Seluruh komponen koil dirakit dan dibungkus rapat dengan bahan resin (damar) untuk meningkatkan ketahanan terhadap getaran dan suhu tinggi yang sering terjadi dalam lingkungan mesin kendaraan.

Tipe moulded coil menjadi pilihan populer karena memiliki konstruksi yang kokoh, tahan terhadap gangguan mekanis, dan tidak memerlukan pendinginan tambahan seperti oli pada koil tabung (*canister*). Pada mesin multisiylinder, satu unit koil sering kali dirancang

untuk melayani dua busi secara langsung, dengan dua kabel tegangan tinggi yang keluar dari kumparan sekunder.

### C. Tipe Koil Gabungan (*Coil on Plug*)



Gambar 2.9 Koil Tipe Gabungan

Tipe koil ini merupakan generasi terbaru dan dikenal sebagai koil batang atau *coil-on-plug* (COP). Koil ini memiliki ukuran fisik yang lebih ringkas dan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan tipe moulded coil. Keunggulan utamanya adalah desain yang memungkinkan koil dipasang langsung di atas busi, sehingga tidak memerlukan kabel tegangan tinggi (*high tension lead*). Hal ini mengurangi rugi-rugi energi, interferensi elektromagnetik, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem pengapian. Koil tipe ini biasa dipakai pada kendaraan dengan teknologi *Electronic Fuel Injection* (EFI).

Berdasarkan bentuk fisik dan konstruksinya, koil pengapian dapat dibedakan menjadi tiga tipe utama, yaitu canister, moulded, dan *coil-on-plug* (COP). Namun, dalam konteks aplikasi nyata pada kendaraan bermotor, khususnya dalam penelitian ini, penting juga untuk memahami perbedaan antara koil pengapian berdasarkan sumber produksinya, yaitu koil standar pabrikan (OEM) dan koil pengganti dari produsen yaitu produk koil

aftermarket. Berikut ini adalah pengertian terhadap koil standar pabrikan (OEM) dan koil pengganti dari produsen yaitu produk koil *aftermarket*:

#### A. Koil Standar (OEM)

Koil OEM (*Original Equipment Manufacturer*) adalah koil pengapian yang diproduksi oleh atau atas nama produsen kendaraan secara langsung. Komponen ini dirancang sesuai spesifikasi mesin tertentu, termasuk dalam hal nilai tahanan primer dan sekunder, tegangan output, serta dimensi fisik dan konektornya.

Koil OEM menawarkan kestabilan kinerja, ketahanan jangka panjang, dan kompatibilitas penuh dengan sistem kelistrikan kendaraan. Pemilihan koil OEM menjamin kesesuaian terhadap kondisi operasional asli, baik dari segi suhu, getaran, maupun siklus hidup pengapian.

#### B. Koil Aftermarket

Koil aftermarket adalah koil yang diproduksi oleh pihak ketiga di luar produsen kendaraan. Umumnya ditawarkan sebagai komponen pengganti atau peningkatan performa. Namun demikian, kualitas koil aftermarket sangat bervariasi antar merek dan produsen. Beberapa koil aftermarket memang memberikan performa lebih tinggi, tetapi sebagian lainnya dapat menyebabkan ketidaksesuaian sistem atau bahkan kerusakan jika tidak kompatibel dengan karakteristik CDI kendaraan.

### 2.4 Parameter Unjuk Kerja Mesin

Unjuk kerja mesin merupakan indikator utama dalam menilai performa suatu mesin motor bakar bensin, yang meliputi kemampuan mesin dalam menghasilkan torsi, daya, dan akselerasi. Parameter-parameter ini mencerminkan sejauh mana efisiensi proses pembakaran di dalam silinder, serta seberapa baik energi kimia dari bahan bakar dikonversikan menjadi energi mekanik. Dalam konteks penelitian eksperimental, parameter unjuk kerja digunakan untuk menilai pengaruh suatu perubahan atau modifikasi komponen mesin, seperti sistem pengapian, sistem bahan bakar, atau sistem pemasukan udara.

Salah satu komponen penting yang sangat memengaruhi unjuk kerja mesin adalah koil pengapian, karena fungsinya berkaitan langsung dengan pembangkitan tegangan tinggi yang diperlukan untuk menciptakan loncatan bunga api di busi. Tegangan yang dihasilkan oleh koil menentukan kekuatan percikan api yang terbentuk, sehingga memengaruhi kecepatan dan kesempurnaan pembakaran campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar. Dengan pembakaran yang lebih sempurna, tenaga yang dihasilkan mesin akan meningkat, torsi menjadi lebih besar, serta akselerasi kendaraan menjadi lebih responsif. Adapun parameter yang umum pada unjuk kerja mesin adalah sebagai berikut:

#### A. Torsi

Torsi adalah gaya puntir yang dihasilkan oleh gaya pembakaran di dalam silinder terhadap poros engkol. Torsi menentukan seberapa besar gaya yang mampu dikeluarkan mesin untuk memutar roda, dan menjadi indikator penting dalam akselerasi awal kendaraan. Torsi maksimum pada mesin terjadi pada rentang putaran tertentu, tergantung dari desain ruang bakar, sistem pengapian, dan karakteristik mesin.

#### B. Daya

Daya mesin menunjukkan kemampuan mesin untuk melakukan kerja dalam satuan waktu. Daya dipengaruhi oleh besar torsi dan kecepatan putaran mesin, dan merupakan parameter utama dalam menentukan seberapa kuat mesin mempertahankan kinerja pada beban tinggi dan kecepatan tinggi. Dengan demikian, semakin besar torsi dan semakin tinggi putaran mesin, maka daya yang dihasilkan juga akan meningkat hingga mencapai titik maksimum.

#### C. Putaran Mesin

Putaran mesin per menit (rpm) adalah satuan yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros engkol (*crankshaft*) dalam mesin motor bakar. Putaran ini menggambarkan seberapa sering poros engkol menyelesaikan satu putaran penuh dalam satu menit. Putaran mesin per

menit (rpm) menjadi indikator utama dalam menilai performa mesin karena berkaitan langsung dengan torsi dan daya mesin.

Dalam sistem penggerak motor, hubungan antara putaran mesin per menit (rpm), torsi, dan daya sangat penting. Semakin tinggi putaran mesin per menit (rpm) maka daya yang dihasilkan mesin juga meningkat. Namun apabila putaran mesin per menit (rpm) melebihi batas maksimum efisiennya (*over-revolution*), daya dapat menurun dan justru mempercepat keausan mesin.

#### D. Rasio Akselerasi

Akselerasi adalah perubahan kecepatan terhadap waktu. Dalam sepeda motor, akselerasi dipengaruhi oleh torsi, daya, beban kendaraan, serta gaya tahanan seperti gaya gesek dan hambatan udara. Semakin besar torsi dan semakin ringan kendaraan, maka semakin cepat akselerasinya.

Meskipun dalam pengujian kendaraan nilai percepatan tidak selalu diukur secara langsung, namun dapat diestimasi melalui perubahan kecepatan putaran mesin per menit (rpm) per satuan waktu, atau dari grafik daya dan torsi terhadap waktu.

#### E. Suhu Kerja Mesin

Suhu mesin adalah parameter penting dalam menilai stabilitas termal dan performa mesin pembakaran dalam. Mesin bekerja secara optimal pada suhu kerja tertentu, dan bila melebihi batas tersebut dapat menyebabkan *overheating*, sedangkan jika terlalu rendah dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna.

Pada mesin bensin dua langkah, pembakaran terjadi setiap satu putaran poros engkol, sehingga akumulasi panas terjadi lebih cepat dibanding mesin empat langkah. Oleh karena itu, pengendalian suhu kerja sangat krusial.

Suhu kerja mesin dipengaruhi oleh kualitas proses pembakaran di dalam ruang bakar. Koil pengapian yang mampu menghasilkan percikan api kuat dan konsisten akan memperbaiki efisiensi pembakaran. Pembakaran yang efisien akan mengurangi panas sisa di ruang bakar dan

kepala silinder, sehingga dapat menurunkan suhu kerja mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengujian suhu mesin dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tidak langsung dari performa koil terhadap kestabilan termal mesin.

#### F. Laju Konsumsi Bahan Bakar

Laju konsumsi bahan bakar pada mesin motor bakar merupakan parameter penting dalam menilai performa termal dan ekonomi kendaraan. Pada mesin dua langkah, konsumsi bahan bakar cenderung lebih tinggi karena proses pembilasan dan pembakaran terjadi dalam satu putaran poros engkol. Namun, laju ini masih dapat ditingkatkan dengan optimasi sistem pengapian. Koil pengapian *aftermarket*, yang umumnya dianggap menghasilkan tegangan lebih tinggi, berpotensi menghasilkan percikan api yang lebih kuat dan stabil. Hal ini dapat mendukung proses pembakaran yang lebih sempurna, sehingga menurunkan konsumsi bahan bakar per satuan energi yang dihasilkan.

#### G. Emisi Gas Buang Hasil Pembakaran Mesin

Emisi gas buang merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar di dalam mesin, yang terdiri dari berbagai senyawa seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Pada mesin dua langkah, emisi HC dan CO cenderung lebih tinggi dibandingkan mesin empat langkah karena proses pembilasan yang menyebabkan sebagian campuran bahan bakar ikut terbawa keluar. Selain itu, pembakaran yang tidak sempurna akibat percikan api yang lemah atau waktu pengapian yang tidak presisi juga menjadi penyebab utama peningkatan emisi CO dan HC.

## 2.5 Penelitian Relevan

Penelitian ini mengacu pada beberapa kajian terdahulu yang memiliki keterkaitan erat dengan topik yang dibahas. Penelitian-penelitian relevan tersebut menjadi acuan teoritis dan empiris yang penting dalam memperkuat dasar penelitian ini, sekaligus sebagai pembanding hasil untuk melihat konsistensi dan validitas temuan yang diperoleh. Kajian terdahulu

memberikan gambaran umum mengenai pengaruh sistem pengapian, khususnya penggunaan koil pengapian aftermarket, terhadap unjuk kerja mesin motor bakar bensin, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Penelitian Relevan

Judul	Penulis	Hasil
Analisa Kinerja Koil <i>Aftermarket</i> Terhadap Performa Kerja Mesin Pada Scooter Vespa PX 150	(Baroansyah dkk., 2023)	Penggunaan jenis koil <i>aftermarket</i> pada sepeda motor dua langkah merk vespa scooter PX 150 dapat disimpulkan bahwa menghasilkan daya dan torsi pada putaran tinggi (percepatan gigi 3 dan 4).
Perbandingan Peforma Motor Koil Standar Dan Busi Standar Dengan Koil <i>Racing</i> Dan Busi <i>Racing</i> Menggunakan Bahan Bakar Pertamina 98	(Swastika Pascal Rafsanjanu dkk., 2023)	Penggunaan jenis koil dan busi <i>racing</i> pada sepeda motor dua langkah merk Yamaha RX King 132 cc disimpulkan bahwa menghasilkan nilai daya dan torsi lebih tinggi dari pada koil dan busi standar
Pengaruh Tipe Ignition Coil Terhadap Torsi dan Daya Motor Bensin pada Variasi Tiga Jenis Bahan Bakar	(Priyanto dkk., 2021)	Penggunaan jenis koil <i>aftermarket</i> pada sepeda motor empat langkah merk Jupiter MX 135 cc dapat disimpulkan bahwa menghasilkan daya lebih besar dan konsumsi bahan bakar yang lebih irit.

Judul	Penulis	Hasil
Perbandingan Prestasi Motor Bensin 4 Langkah 100 cc Menggunakan Koil Standar dan Koil Variasi	(Ihwan & Widjanarko, 2020)	Penggunaan jenis koil <i>aftermarket</i> pada sepeda motor empat langkah merk Honda Grand dapat disimpulkan bahwa menghasilkan daya dan torsi lebih tinggi dari pada koil standar
Analisis Perbandingan Koil Pengapian Standard dan Koil Pengapian <i>Aftermarket</i> Terhadap Kinerja Sepeda Motor 4 Langkah	(Cakra Mukti & Sugeng, 2019)	Penggunaan jenis koil <i>aftermarket</i> RM 80 pada sepeda motor empat langkah dapat disimpulkan bahwa menghasilkan torsi dan daya yang jauh lebih baik dengan tingkat rasio udara dan bahan bakar (AFR) yang dihasilkan lebih hemat bahan bakar.
Pengaruh Penggunaan Koil <i>Racing</i> Terhadap Unjuk Kerja pada Motor Bensin	(Subroto, 2009)	Penggunaan jenis koil <i>aftermarket</i> pada sepeda motor empat langkah merk Honda Astrea Grand dapat disimpulkan bahwa menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik yaitu daya, dan torsi lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang lebih kecil.

## **2.6 Perbedaan Penelitian Relevan**

Penelitian ini memiliki beberapa perbedaan signifikan dengan penelitian yang telah disebutkan diatas, seperti jumlah parameter yang diuji, kapasitas mesin, jenis mesin, dan alat uji yang digunakan. Pada penelitian ini membandingkan kinerja koil aftermarket dengan koil standar pada mesin motor bakar dua langkah merk Vespa yang berkapasitas 150 cc dengan menganalisis tujuh parameter yang diuji, antara lain, torsi, daya, putaran idle, rasio akselerasi, suhu kerja mesin, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang. Dalam melakukan pengujian dilakukan dengan alat yang bervariasi, antara lain, dynamometer, tachometer, thermometer infra merah, buret kaca, dan gas analyzer.