

# Perbandingan Prestasi Motor Bensin 4 Langkah 100 cc Menggunakan Koil Standar dan Koil Variasi

Ahmad Ihwan, dan Dwi Widjanarko

Departemen Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

*e-mail*: dwi2\_oto@mail.unnes.ac.id

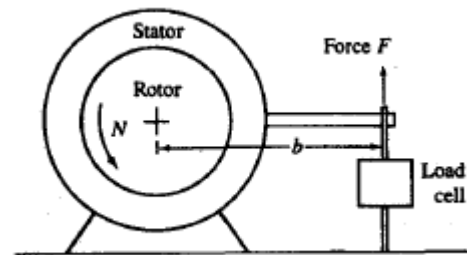
**Abstrak**—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Data pokok yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis menggunakan persamaan nilai torsi dan persamaan nilai daya, lalu disajikan ke dalam bentuk tabel, grafik, dan diagram untuk kemudian dideskripsikan. Motor bensin yang digunakan dalam penelitian ini adalah Honda Grand 100 cc yang diuji pada rentang kecepatan putaran mesin 4000, 5000, 6000, 7000 dan 8000 rpm menggunakan dinamometer. Motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil variasi 2 menunjukkan rata-rata nilai torsi tertinggi 13,20 Nm pada seluruh rentang kecepatan putaran mesin yang diamati, 5,6% lebih unggul dibandingkan menggunakan koil variasi 1 dan lebih unggul 17,9% dibandingkan menggunakan koil standar. Motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil variasi 2 menunjukkan rata-rata nilai daya tertinggi 7,26 kW pada setiap rentang kecepatan putaran mesin yang diamati, lebih unggul 6,7% dibandingkan menggunakan koil variasi 1 dan lebih unggul 21,3% dibandingkan menggunakan koil standar.

**Kata Kunci**—*daya, koil, standar, torsi, variasi.*

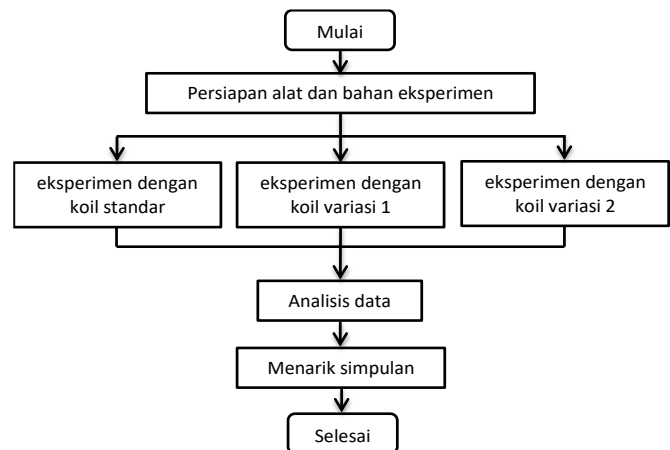
## I. PENDAHULUAN

KOIL pengapian pada motor bakar berfungsi untuk mengubah sumber tegangan 12 volt dari baterai menjadi tegangan tinggi sekitar 20 kilovolt agar busi dapat menghasilkan percikan bunga api. Dewasa ini banyak dijual di pasaran jenis koil variasi yang dinilai dapat mengoptimalkan kerja sistem pengapian. Konstruksi koil variasi secara visual dibandingkan dengan koil standar tidak berbeda jauh, bahkan sangat mirip. Konstruksi koil variasi akan berbeda dengan koil standar apabila dilihat pada jumlah lilitan kumparan primer dan kumparan sekunder masing-masing koil. Jumlah lilitan pada masing-masing kumparan primer dan kumparan sekunder koil standar lebih sedikit dibandingkan dengan koil variasi [1]. Perbedaan lainnya yang terdapat pada koil standar dan koil variasi yaitu terletak pada material dasar yang digunakan untuk membuat komponen-komponen koil itu sendiri serta karakter masing-masing koil.

Koil standar diproduksi oleh produsen kendaraan bersamaan dengan produksi kendaraan tersebut. Material dasar yang digunakan untuk membuat koil standar adalah silikon biasa yang cocok untuk pemakaian harian pada motor standar [1]. Tegangan *output* dari koil standar juga lebih rendah dibandingkan dengan koil variasi, sebab jumlah lilitannya yang lebih sedikit dibandingkan dengan koil variasi. Koil standar menghasilkan tegangan *output* pada kisaran angka 10 kilovolt sampai 15 kilovolt [10]. Koil variasi banyak digunakan pada kendaraan balap dengan



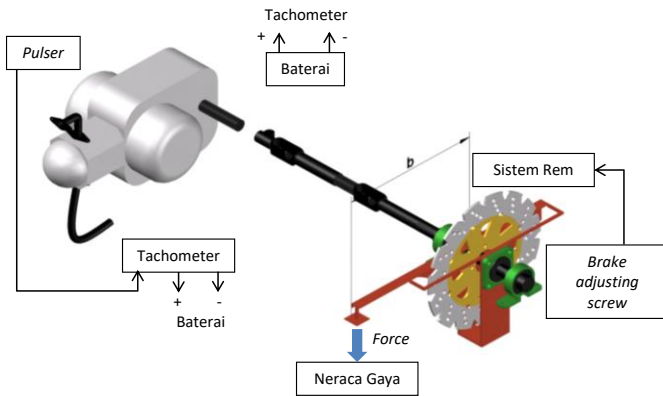
Gambar 1. Skema Prinsip Kerja Dinamometer.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

kebutuhan sistem pengapian yang berbeda dengan kendaraan harian. Kendaraan balap membutuhkan koil yang mampu menghasilkan tegangan *output* yang lebih besar untuk melakukan proses pembakaran dalam yaitu pada kisaran angka lebih dari 25 kilovolt. Koil variasi diproduksi dengan material dasar *silicone high pressure* yang tahan panas sehingga cocok untuk kebutuhan balap [1]. Uraian di atas menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik serta konstruksi dari koil standar dan koil variasi dapat mempengaruhi prestasi mesin kendaraan. Perbedaan karakteristik dan konstruksi masing-masing koil tersebut menjadi dasar pertimbangan penulis untuk membandingkan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc dengan koil standar dan koil variasi. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.

Rujukan [1], telah melakukan penelitian tentang analisis penggunaan koil *racing* terhadap daya pada sepeda motor. Sepeda motor yang digunakan dalam penelitian ini adalah Yamaha Vega R 110cc. Analisis data yang digunakan yaitu *independent sample T test* dengan program SPSS 17 *for windows*. Hasil yang diperoleh yaitu koil standar menghasilkan daya terendah 6,70 HP pada putaran mesin



Gambar 3. Skema alat uji.

Mio tahun 2011. (3) Perbandingan pemakaian koil standar dan busi standar dengan pemakaian koil Denso dan busi iridium pada Yamaha Mio tahun 2011 menunjukkan perbedaan nilai performa.

Rujukan [2], telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan penggunaan koil standar dan koil *racing* ktc terhadap daya mesin dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Yamaha Mio tahun 2006. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *dynotest*, untuk memperoleh data berupa nilai daya dan konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*). Pengujian dengan koil standar menunjukkan hasil daya optimum 8,87 PS pada putaran mesin 8000 rpm sedangkan daya minimum 1,18 PS pada putaran mesin 3000 rpm dan menunjukkan SFC (*specific fuel consumption*) optimal 18,84 kg/j pada putaran mesin 8000 rpm sedangkan SFC minimal 0,08 kg/j pada putaran mesin 3000 rpm. Pengujian dengan koil *racing* ktc menunjukkan hasil daya optimum 9,10 PS pada putaran mesin 8000 rpm sedangkan daya minimum 1,45 PS pada putaran mesin 3000 rpm dan menunjukkan SFC optimal 19,25 kg/j pada putaran mesin 8000 rpm sedangkan SFC minimal 0,17 kg/j pada putaran mesin 3000 rpm.

Motor bensin termasuk mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang banyak digunakan sebagai sumber tenaga yang nyaman dan padu secara konstruksi untuk berbagai penggunaan seperti pada sepeda motor, sekuter dan sebagainya [3]. Berdasarkan cara pembakarannya motor bensin juga sering disebut sebagai spark ignition engine (SI engine), sebab proses pembakaran dalam yang terjadi pada motor bensin menggunakan bantuan percikan bunga api.

Proses pembakaran pada dasarnya memerlukan api, sedangkan untuk dapat menghasilkan api setidaknya diperlukan tiga unsur utama yaitu: bahan bakar, oksigen dan sumber api. Proses pembakaran tidak akan pernah terjadi apabila salah satu dari tiga unsur tersebut tidak dapat terpenuhi. Hal ini juga berlaku pada proses pembakaran dalam (*internal combustion process*) pada motor bensin, jika syarat proses pembakaran tidak terpenuhi maka motor bensin tidak dapat bekerja. Setiap jenis bahan bakar memerlukan sejumlah udara tertentu supaya bahan bakar tersebut dapat terbakar dengan sempurna [4]. Kebutuhan bahan bakar dan oksigen selama proses pembakaran dalam berlangsung akan disuplai oleh sistem bahan bakar.

Sistem pengapian merupakan salah satu sistem kelistrikan engine yang ada pada motor bensin. Sistem pengapian pada motor bensin digunakan untuk menghasilkan percikan bunga api ketika proses pembakaran berlangsung. Percikan bunga api tersebut muncul karena kerja tiga komponen utama

Tabel 1.  
Data model sepeda motor.

Bagian	Spesifikasi
Tipe mesin	Empat langkah, OHC, pendinginan udara
Susunan silinder	Silinder tunggal
Kapasitas silinder	97,1
Diameter x langkah	50 x 40,9 mm
Perbandingan kompresi	8,8 : 1
Daya maksimum	7,5 DK/8000 rpm atau 5,6 kW/8000 rpm
Torsi maksimum	0,77 kg-m/6000 rpm atau 7,55 Nm/6000 rpm
Kapasitas pelumas	0,75 liter penggantian periodik; 0,90 liter bongkar mesin; oli SAE 20W/50, API service SE

sistem pengapian, yaitu: CDI (*capacitor discharge ignition*), koil pengapian, dan busi. CDI memiliki kegunaan utama yaitu untuk mengatur waktu pengapian dan menaikkan tegangan listrik sebelum dikirimkan ke koil pengapian [5].

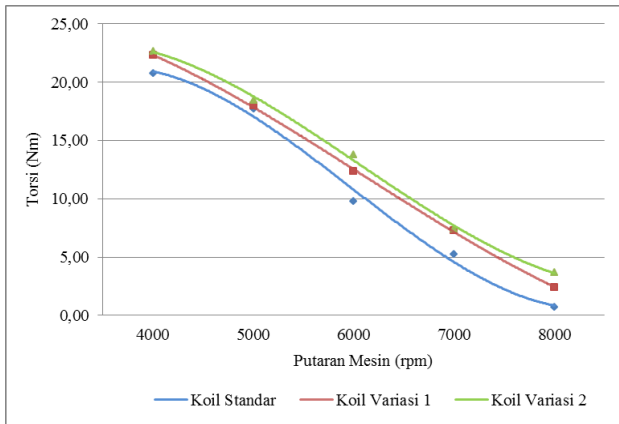
Koil pengapian adalah salah satu komponen utama pada sistem pengapian yang berfungsi untuk menghasilkan induksi tegangan tinggi. Koil pengapian dapat merubah tegangan listrik dari aki 12 volt menjadi 10 kilovolt atau lebih [6]. Tegangan yang dihasilkan koil, kemudian diteruskan ke busi melalui kabel tegangan tinggi sehingga busi dapat memercikkan bunga api. Koil pengapian dapat melepaskan energi yang semakin besar pada busur bunga api yang lebih besar, karena suplai arus ke koil pengapian lebih besar [7].

Koil pengapian pada umumnya dibuat berbentuk silinder yang di dalamnya terdapat dua jenis lilitan penghantar. Lilitan penghantar yang ada di dalam koil pengapian yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder [8]. Kumparan primer dibuat dengan penghantar yang memiliki diameter penampang lebih besar serta jumlah lilitan yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan kumparan sekunder. Hal tersebut dilakukan agar koil pengapian dapat bekerja menurut prinsip transformator.

Konstruksi koil yang berbeda akan mempengaruhi karakteristik koil. Karakteristik koil akan semakin baik apabila konstruksinya juga dibuat dengan material yang baik. Suatu material memiliki nilai hambatan yang dipengaruhi oleh temperatur dari material itu sendiri dan masing-masing material tersebut memiliki nilai tetapan yang dikenal dengan nilai hambatan koefisien temperature [9]. Beberapa jenis material nilai hambatannya akan semakin naik jika material tersebut semakin panas. Nilai hambatan yang semakin naik akan mempengaruhi tegangan *output* yang dapat dihasilkan oleh koil pengapian tersebut.

Koil pengapian berfungsi sebagai transformator untuk menghasilkan tegangan tinggi yang akan disalurkan ke busi [8]. Koil pengapian bekerja dengan prinsip induksi elektromagnet, seperti pada transformator. Arus listrik dari *output* CDI yang masuk ke kumparan primer akan menimbulkan medan magnet di sekitar kumparan tersebut. Medan magnet yang muncul secara mendadak di sekitar kumparan primer akan mempengaruhi kumparan sekunder.

Koil standar biasanya digunakan pada kendaraan untuk operasional sehari-hari. Koil standar bekerja pada suhu yang relatif rendah sehingga cocok untuk pemakaian harian. Koil standar tidak mampu bekerja pada suhu yang relatif tinggi sebab material dasarnya tidak tahan panas. Koil standar terbuat dari material silikon biasa yang difungsikan untuk pemakaian harian pada kendaraan produksi pabrik [1]. Kemampuan koil standar akan lebih mudah terpengaruh apabila bekerja pada suhu yang relatif tinggi, sehingga *output* yang dihasilkan kurang optimal.



Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran (rpm) dengan torsi (Nm) motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.

Koil variasi banyak digunakan pada kendaraan balap yang memiliki suhu kerja tinggi [1]. Koil variasi cocok digunakan pada kendaraan balap sebab koil variasi mampu bekerja pada suhu yang relatif tinggi sesuai kebutuhan balap. Material dasar yang digunakan untuk membuat koil variasi lebih tahan terhadap panas sehingga kerja dari koil tidak mudah terpengaruh meskipun bekerja pada suhu yang relatif tinggi.

Torsi/momen puntir yaitu usaha mengengkol terhadap sumbu putar poros engkol, atau dapat diartikan sebagai perkalian antara gaya yang bekerja dengan jarak yang tegak lurus terhadap gaya tersebut ke pusat poros engkol [10]. Nilai torsi dapat dicari melalui suatu persamaan jika diketahui nilai gaya yang bekerja dan nilai jarak yang tegak lurus terhadap gaya tersebut ke poros engkol. Hal tersebut dapat dipahami melalui Gambar 1 skema prinsip kerja dinamometer [11].

Gambar 1 menunjukkan bahwa persamaan untuk menentukan nilai torsi adalah sebagai berikut:

$$T = F \cdot b \tag{1}$$

Dimana  $F$  adalah gaya yang bekerja pada lengan dinamometer, maka menurut satuan internasional, sebagai berikut:

$$T = m \cdot g \cdot b \tag{2}$$

Ket:  $T$  : Torsi (Nm)

$F$  : Gaya (N)

$m$  : massa (kg)

$g$  : percepatan gravitasi ( $\frac{m}{s^2}$ )

$b$  : Jarak (m)

Nilai daya yang dihasilkan oleh mesin dapat ditentukan melalui sebuah persamaan, namun dengan syarat nilai torsi harus diketahui terlebih dahulu. Berikut ini adalah persamaan nilai daya yang merupakan hasil menghitung dari nilai torsi dan kecepatan sudut:

$$P = 2\pi NT \tag{3}$$

Dimana  $N$  merupakan kecepatan putaran mesin, maka dalam satuan internasional sebagai berikut:

$$P = (2\pi NT) : 60000 \tag{4}$$

Ket:  $P$  : Daya (kW)

$N$  : Kecepatan putaran mesin ( $\frac{rev}{s}$ )

$T$  : Torsi (Nm)

## II. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Metode eksperimen adalah penelitian yang dengan sengaja memberikan perlakuan terhadap salah satu

Tabel 2.

Perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.

Putaran mesin (rpm)	Koil standar		Koil variasi 1		Koil variasi 2	
	T (Nm)	P (kW)	T (Nm)	P (kW)	T (Nm)	P (kW)
4000 rpm	20,77	8,69	22,30	9,33	22,68	9,49
5000 rpm	17,71	9,27	17,96	9,40	18,47	9,67
6000 rpm	9,81	6,16	12,36	7,76	13,76	8,64
7000 rpm	5,22	3,83	7,26	5,32	7,39	5,41
8000 rpm	0,69	0,58	2,42	2,03	3,69	3,09
Rata-rata	10,84	5,71	12,46	6,77	13,2	7,26

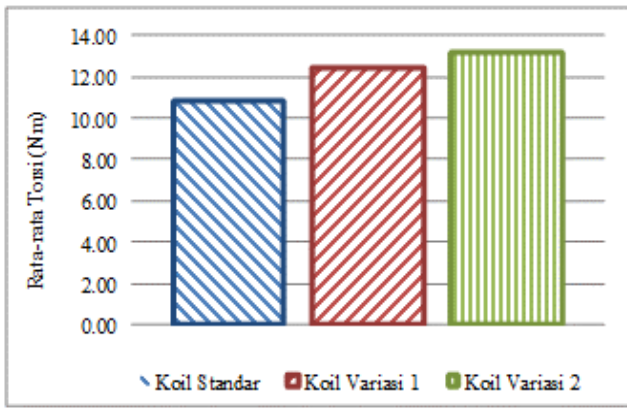
variabel untuk membangkitkan suatu keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya [12]. Metode eksperimen cocok untuk menguji perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini ada tiga yaitu: percobaan motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar, percobaan motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil variasi 1 dan percobaan motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil variasi 2.

Pengujian prestasi motor bensin pada tiga percobaan tersebut dilakukan dalam beberapa rentang kecepatan putaran mesin, antara lain: 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, dan 8000 rpm. Percobaan pada setiap rentang kecepatan mesin akan diulangi masing-masing tiga kali agar tiga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan untuk memastikan dinamometer yang digunakan dalam mengukur prestasi motor bensin tersebut dapat bekerja dengan baik. Tiga hasil pengukuran pada masing-masing kecepatan putaran mesin tersebut kemudian akan diambil rata-rata supaya lebih mudah untuk dideskripsikan dalam tabel, grafik ataupun diagram.

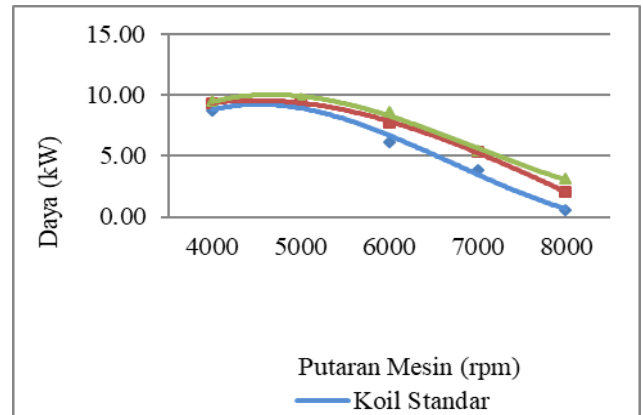
Dinamometer yang digunakan untuk menguji prestasi motor bensin pada penelitian ini hanya akan menghasilkan nilai beban pengereman, panjang lengan dinamometer terhadap porosnya serta kecepatan putaran mesin. Nilai torsi dan daya pada penelitian ini didapat dari hasil menghitung melalui persamaan nilai torsi (2) dan persamaan nilai daya (4) berdasarkan nilai kecepatan putaran mesin, nilai beban pengereman dan panjang lengan dinamometer terhadap porosnya yang diperoleh sebelumnya. Desain penelitian ini dapat dipahami melalui diagram alir (*flowchart*) pada Gambar 2:

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dinamometer dan tachometer. Prinsip kerja dinamometer yang biasa digunakan untuk mengukur prestasi motor bensin yaitu dengan menghubungkan poros *output* mesin dengan poros *input* dynamometer [13]. Dinamometer dengan prinsip tersebut lebih sering dikenal dengan istilah dinamometer absorpsi yang mengubah energi mekanik dari mesin menjadi skala pembebanan atau nilai tertentu, sehingga dari nilai tersebut dapat diperoleh nilai torsi dan nilai daya yang dicari.

Alat yang juga digunakan pada penelitian ini yaitu tachometer. Tachometer merupakan alat yang digunakan untuk membaca kecepatan putaran mesin. Tachometer yang digunakan pada penelitian ini adalah tachometer jenis digital. Tachometer jenis digital ini biasanya dilengkapi dengan tiga kabel, yaitu: dua kabel sumber tenaga untuk tachometer tersebut dan satu kabel yang dihubungkan dengan positif koil sebagai input untuk mendeteksi kecepatan putaran mesin. Kabel sumber tenaga pada tachometer masing-masing dihubungkan ke sumber arus



Gambar 5. Diagram perbandingan rata-rata torsi (Nm) motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.



Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran (rpm) dan daya (kW) motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.

positif dan yang lain dihubungkan ke negatif/massa.

Bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain: Motor bensin 4 langkah 100 cc, koil Pengapian, bahan bakar peertalite dan baterai 12 volt. Motor bensin 4 langkah 100 cc yang digunakan dalam penelitian yaitu Honda Astrea Grand. Gambaran umum mengenai spesifikasi mesin Honda Astrea Grand ditunjukkan pada Tabel 1 [14].

Koil standar yang digunakan adalah koil standar milik Honda Astrea Grand dengan spesifikasi nilai tahanan kumparan primer 2 Ω dan nilai tahanan kumparan sekunder 9 kΩ. Lalu, Koil variasi 1 yang digunakan pada penelitian ini adalah koil pengapian dengan merek Blue Thunder dengan spesifikasi nilai tahanan kumparan primer 0,5 Ω dan nilai tahanan kumparan sekunder 8,5 kΩ. Kemudian, Koil variasi 2 yang digunakan dalam penelitian ini yaitu koil dengan merek KTC dengan spesifikasi nilai tahanan kumparan primer 0,5 Ω dan nilai tahanan kumparan sekunder 7 kΩ. Bahan lainnya yang juga digunakan dalam penelitian ini yaitu: Bahan bakar jenis pertalite dan baterai 12 volt digunakan sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan tachometer digital.

Dinamometer yang digunakan dalam pengujian yaitu jenis dinamometer absorpsi menggunakan piringan cakram. Dinamometer dihubungkan langsung dengan poros *output* transmisi mesin melalui *propeller shaft* pada dinamometer. Skema alat uji dapat dilihat pada Gambar 3.

Nilai torsi dan daya motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi dapat diperoleh melalui beberapa tahapan, seperti di bawah ini:

1. Menyiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Menyiapkan dinamometer pada permukaan datar.
3. Melakukan *tune-up engine*. Pengujian pertama menggunakan koil standar.
4. Memastikan sistem pengereman pada dinamometer belum bekerja.
5. Menghubungkan tachometer digital dengan baterai 12 volt sebagai sumber daya supaya tachometer dapat bekerja. Rangkain kelistrikannya yaitu, Kabel hitam pada tachometer dihubungkan dengan terminal positif baterai, lalu kabel hijau pada tachometer dihubungkan dengan terminal negatif baterai.
6. Menyalakan timbangan digital dengan menekan tombol “power” dan atur pembacaannya di satuan gram (g) dengan menekan tombol “unit” pada timbangan digital.
7. Menghidupkan mesin selama 5 menit pada putaran stasioner hingga mencapai suhu kerja yaitu 80° - 90° C .

8. Memindahkan transmisi mesin ke gigi dengan perbandingan 1:1, yaitu posisi gigi percepatan 3.

9. Mengkondisikan gas pada posisi terbuka penuh, yaitu pembacaan tachometer digital pada 8500 rpm.

10. Melakukan pengereman dengan memutar *brake adjusting screw* pada dinamometer untuk menurunkan putaran mesin hingga 8000 rpm. Lalu, memastikan tachometer sudah menunjukkan putaran mesin pada 8000 rpm.

11. Mencatat nilai beban pengereman yang ditunjukkan timbangan digital pada putaran 8000 rpm ke dalam tabel instrumen nilai beban pengereman.

12. Pengamatan selanjutnya dilakukan dengan mengikuti langkah nomor 10 dan 11 di atas. Pengamatan selanjutnya yaitu pada putaran 7000, 6000, 5000, dan 4000 rpm.

13. Membebaskan pengereman pada dinamometer dengan memutar *brake adjusting screw*.

14. Mengkondisikan mesin kembali ke putaran stasioner dengan memutar gas.

15. Mematikan mesin. Lalu, menunggu hingga mesin dingin untuk melanjutkan ke pengujian berikutnya.

16. Pengujian kedua menggunakan koil variasi 1. Pengujian kedua dilakukan dengan mengulangi langkah pengujian mulai dari langkah ke 3 (*tune-up engine*) sampai dengan langkah ke 15 (matikan mesin).

17. Pengujian ketiga menggunakan koil variasi 2. Pengujian ketiga dilakukan dengan mengulangi langkah pengujian mulai dari langkah ke 3 (*tune-up engine*) sampai dengan langkah ke 15 (matikan mesin).

18. Menganalisis data yang telah dihimpun pada tabel instrumen nilai beban pengereman menggunakan persamaan nilai torsi (2). Lalu, menghimpun hasilnya ke dalam tabel instrumen torsi mesin.

19. Menganalisis data yang telah dihimpun pada tabel instrumen torsi mesin menggunakan persamaan nilai daya (4). Lalu, menghimpun hasilnya ke dalam tabel instrumen daya mesin.

Data pada penelitian ini diperoleh dengan teknik pengumpulan data pengujian dan observasi langsung. Pengujian dilakukan untuk memperoleh data aktual nilai beban pengereman. Lalu, observasi dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap obyek penelitian. Hasil pengujian dan pengamatan selama proses penelitian berlangsung dicatat untuk kemudian dapat dianalisis.

Pengukuran prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc dengan dinamometer akan menghasilkan tiga data pokok.

Data pokok yang diperoleh adalah kecepatan putaran mesin, panjang lengan dinamometer, dan nilai gaya atau beban pengereman. Tiga data pokok tersebut kemudian dianalisis menggunakan persamaan nilai torsi (2) dan persamaan nilai daya (4) sehingga diperoleh nilai torsi dan nilai daya.

### III. HASIL

Tiga data yang diperoleh dari hasil pengujian akan dianalisis dengan persamaan nilai torsi (2) dan persamaan nilai daya (4). Data nilai panjang lengan dinamometer selalu sama untuk setiap pengujian yang dilakukan yaitu 0,39 m, maka nilai tersebut dapat langsung dimasukkan ke dalam persamaan nilai torsi (2) sehingga tidak perlu dicatat dalam tabel. Data berikutnya adalah data nilai beban pengereman pada masing-masing kecepatan putaran mesin yang diamati. Data nilai beban pengereman perlu dicatat terlebih dahulu sebab nilai tersebut dapat menunjukkan nilai yang berbeda untuk setiap kecepatan putaran mesin yang diamati. Data nilai beban pengereman yang telah dihimpun kemudian dianalisis bersamaan dengan nilai panjang lengan dinamometer yang telah diketahui sebelumnya. Dua data tersebut dianalisis menggunakan persamaan nilai torsi (2) sehingga diperoleh nilai torsi dalam newtonmeter (Nm). Nilai torsi yang diperoleh dari hasil analisis tersebut kemudian dihimpun pada tabel nilai torsi dalam newtonmeter (Nm).

Data nilai torsi yang telah dihimpun selanjutnya dianalisis bersamaan dengan masing-masing nilai kecepatan putaran mesin, sesuai dengan data yang telah dihimpun sebelumnya pada tabel nilai torsi dalam newtonmeter (Nm). Dua data tersebut dianalisis menggunakan persamaan nilai daya (4) sehingga diperoleh nilai daya dalam kilowatt (kW). Nilai daya yang diperoleh dari hasil analisis tersebut kemudian dihimpun pada tabel nilai daya dalam kilowatt (kW). Perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan perbandingan rata-rata nilai torsi dan rata-rata nilai daya yang mampu dihasilkan pada rentang kecepatan putaran mesin 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 rpm oleh motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Koil variasi 2 menghasilkan rata-rata nilai prestasi mesin paling tinggi, lalu diikuti koil variasi 1 yang memperoleh rata-rata nilai prestasi mesin lebih rendah dan koil standar dengan rata-rata nilai prestasi mesin paling rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa koil variasi 2 lebih unggul jika dibandingkan dengan koil variasi 1 ataupun koil standar.

### IV. PEMBAHASAN

Data nilai torsi dan nilai daya yang telah dihimpun sebelumnya, disajikan kembali dalam bentuk grafik dan diagram. Grafik nilai torsi dan nilai daya tersebut digunakan untuk menyusun pembahasan yang akan mendeskripsikan hubungan/pengaruh variasi koil pengapian terhadap prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc. Grafik nilai torsi adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Hubungan antara putaran mesin (rpm) dengan nilai torsi (Nm) menunjukkan nilai yang saling berbanding terbalik. Nilai torsi tertinggi dihasilkan pada putaran mesin paling rendah dan semakin tinggi putaran mesin menunjukkan nilai

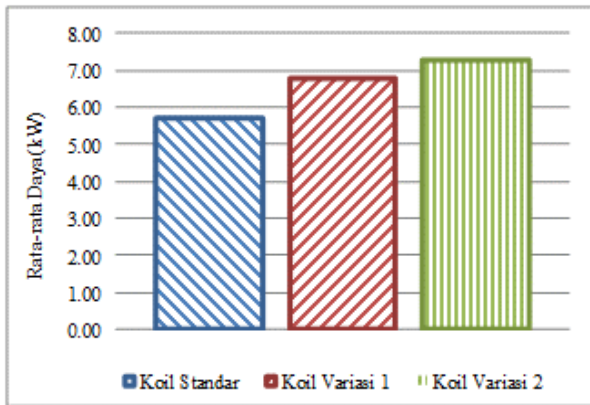
torsi yang semakin turun. Koil variasi 2 menunjukkan nilai torsi yang paling tinggi, kemudian diikuti koil variasi 1 dengan nilai torsi di bawah koil variasi 2, sedangkan koil standar menunjukkan nilai torsi paling rendah diantara tiga jenis koil yang digunakan dalam penelitian. Perbedaan nilai torsi yang dihasilkan masing-masing koil pada setiap rentang kecepatan dalam gambar 4 disusun menjadi diagram batang, supaya dapat dianalisis perbandingan rata-rata nilai torsi yang dihasilkan pada seluruh rentang putaran mesin yang diamati. Diagram rata-rata nilai torsi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi adalah seperti pada Gambar 5.

Diagram pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan rata-rata nilai torsi pada motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Koil variasi 2 menunjukkan rata-rata nilai torsi yang paling tinggi, kemudian diikuti koil variasi 1 dengan rata-rata nilai torsi di bawah koil variasi 2, sedangkan koil standar menunjukkan rata-rata nilai torsi paling rendah diantara tiga jenis koil yang digunakan dalam penelitian. Rata-rata nilai torsi pada diagram di atas diperoleh dari tabel perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi (tabel 2). Perbedaan rata-rata nilai torsi yang dihasilkan masing-masing koil tersebut disebabkan oleh konstruksi dan karakteristik yang dimiliki masing-masing koil itu sendiri.

Koil pengapian dengan nilai hambatan kumparan primer yang lebih kecil dapat menghasilkan garis-garis medan magnet (*flux*) lebih banyak, sebab arus yang melalui kumparan primer tersebut lebih besar. Garis-garis medan magnet (*flux*) muncul akibat dari keberadaan gaya magnet yang secara langsung berbanding lurus dengan nilai arus listrik yang melalui kumparan primer [15]. Karakteristik koil pengapian tersebut juga dapat mempengaruhi nilai tegangan *output* yang bisa dihasilkan oleh koil pengapian itu sendiri.

Koil pengapian dapat menghasilkan tegangan *output* yang lebih besar, jika koil tersebut mampu menimbulkan garis-garis medan magnet yang lebih banyak. Garis-garis medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan primer ini kemudian akan bersinggungan dengan kumparan sekunder. Laju persinggungan antara garis-garis medan magnet dengan kumparan sekunder akan menyebabkan terjadinya induksi tegangan tinggi pada kumparan sekunder koil, sehingga koil pengapian mampu menghasilkan tegangan *output* untuk memenuhi kebutuhan sistem pengapian mesin. Induksi tegangan tinggi secara langsung berbanding lurus dengan jumlah garis-garis medan magnet (*flux*) yang dihasilkan, laju persinggungan garis-garis medan magnet dengan kumparan sekunder koil serta jumlah lilitan pada kumparan sekunder koil itu sendiri [16]. Koil pengapian dengan karakteristik yang lebih baik mampu menghasilkan pembakaran dalam yang lebih sempurna, sehingga prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi menunjukkan perbedaan.

Hal tersebut ditunjukkan dengan perbandingan rata-rata nilai torsi yang diperoleh dalam pengujian motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Hasil pengujian untuk seluruh rentang kecepatan putaran mesin, menunjukkan bahwa koil variasi 2 dengan nilai hambatan kumparan primer  $0,5 \Omega$  dan nilai hambatan kumparan sekunder  $7 \text{ k}\Omega$  memperoleh hasil rata-rata nilai torsi  $13,20 \text{ Nm}$ . Kemudian, dibawahnya adalah koil variasi 1



Gambar 7. Diagram perbandingan rata-rata daya (kW) motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.

dengan nilai hambatan kumparan primer  $0,5 \Omega$  dan nilai hambatan kumparan sekunder  $8,5 \text{ k}\Omega$  dengan hasil rata-rata nilai torsi  $12,46 \text{ Nm}$ . Lalu, di posisi terakhir adalah koil standar dengan nilai hambatan kumparan primer  $2 \Omega$  dan nilai hambatan kumparan sekunder  $9 \text{ k}\Omega$  yang menghasilkan rata-rata nilai torsi  $10,84 \text{ Nm}$ .

Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait perbandingan prestasi motor bensin menggunakan koil standar dan koil variasi. Rujukan [17] menyimpulkan bahwa motor bensin menggunakan koil variasi DENSO tipe basah mampu meningkatkan performa mesin sepeda motor Yamaha Mio *Sporty* tahun 2011 sebab komponen lilitan kumparan sekunder lebih banyak dibandingkan komponen lilitan kumparan sekunder pada koil standar. Jumlah lilitan kumparan sekunder tersebut berbanding lurus dengan nilai tegangan *output* yang dapat dihasilkan oleh koil itu sendiri. Jumlah lilitan pada kumparan sekunder koil DENSO yaitu 40.000 lilitan mampu menghasilkan induksi tegangan tinggi yang lebih kuat dibandingkan koil standar yang memiliki jumlah lilitan kumparan sekunder yang mencapai 7.000 lilitan [17]. Rujukan [18] juga menyimpulkan bahwa penggunaan koil *racing* menunjukkan hasil yang lebih baik daripada koil standar, sebab proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang terjadi di dalam ruang bakar lebih baik atau lebih cepat, sehingga daya yang dihasilkan menjadi lebih tinggi pula.

Prestasi mesin yang diamati selain nilai torsi, yaitu nilai daya motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Nilai daya yang diperoleh selama pengujian disusun menjadi sebuah grafik yang menunjukkan hubungan putaran mesin (rpm) dengan nilai daya (kW) yang dihasilkan oleh motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Grafik nilai daya ditunjukkan pada Gambar 6.

Hubungan putaran mesin (rpm) dan daya (kW) menunjukkan bahwa motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi dapat menghasilkan nilai daya tertinggi pada putaran mesin 5000 rpm. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai daya yang beranjak naik dari putaran mesin 4000 rpm hingga putaran mesin 5000 rpm, lalu turun setelah itu. Perbedaan nilai daya yang dihasilkan masing-masing koil pada setiap putaran mesin dalam gambar 6 disusun menjadi diagram batang, agar bisa dianalisis perbandingan rata-rata nilai daya yang diperoleh pada semua putaran mesin yang diamati. Diagram rata-rata nilai daya motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil

standar dan koil variasi ditunjukkan pada Gambar 7.

Perbedaan yang tampak pada diagram di atas menunjukkan perbandingan rata-rata nilai daya motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi. Rata-rata nilai daya pada diagram di atas diperoleh dari tabel perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi (tabel 2). Perbedaan rata-rata nilai daya tersebut dipengaruhi oleh konstruksi dan karakteristik setiap koil pengapian yang digunakan dalam pengujian. Nilai hambatan masing-masing koil pengapian mempengaruhi nilai daya yang dapat dihasilkan oleh motor bensin 4 langkah 100 cc.

Nilai tahanan pada sebuah material kawat penghantar tergantung pada empat faktor, yaitu panjang kawat penghantar, luas penampang kawat penghantar, jenis material yang digunakan dan temperatur kawat penghantar itu sendiri [19]. Koil pengapian dengan nilai hambatan kumparan primer yang lebih rendah mampu menghasilkan nilai daya yang lebih besar. Kumparan primer dengan nilai hambatan yang lebih rendah dapat dilewati oleh arus listrik yang lebih besar, sehingga menghasilkan garis-garis medan magnet (*flux*) yang lebih banyak. *Flux* yang dihasilkan akan mempengaruhi nilai tegangan *output* yang bisa ditimbulkan oleh koil pengapian itu sendiri.

Tegangan *output* muncul akibat dari induksi mutual pada kumparan sekunder. Induksi mutual pada kumparan sekunder berbanding lurus dengan nilai tegangan *output* yang dapat dihasilkan oleh koil pengapian, sehingga semakin besar induksi mutual pada kumparan sekunder maka tegangan *output* yang dihasilkan semakin besar [9]. Hal tersebut tampak pada hasil perbandingan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil standar dan koil variasi.

Hasil perbandingan rata-rata nilai daya yang diperoleh untuk seluruh putaran mesin yang diamati menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan. Koil variasi 2 dengan nilai hambatan kumparan primer  $0,5 \Omega$  dan nilai hambatan kumparan sekunder  $7 \text{ k}\Omega$  memperoleh hasil rata-rata nilai daya  $7,26 \text{ kW}$ . Lalu, dibawahnya adalah koil variasi 1 dengan nilai hambatan kumparan primer  $0,5 \Omega$  dan nilai hambatan kumparan sekunder  $8,5 \text{ k}\Omega$  dengan hasil rata-rata nilai daya  $6,77 \text{ kW}$ . Kemudian, di posisi terakhir adalah koil standar dengan nilai hambatan kumparan primer  $2 \Omega$  dan nilai hambatan kumparan sekunder  $9 \text{ k}\Omega$  yang menghasilkan rata-rata nilai daya  $5,71 \text{ kW}$ .

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, terkait penggunaan koil standar dan koil variasi terhadap prestasi motor bensin. Komponen pada koil menggunakan pendingin dapat menstabilkan tegangan *output* yang disuplai menuju busi [17]. Parameter yang mempengaruhi prestasi mesin tidak hanya dari sistem pengapian, namun dipengaruhi oleh beberapa aspek. Aspek yang dapat mempengaruhi prestasi mesin antara lain, mengubah/menaikkan langkah piston (*stroke up*), mengubah/*oversize* pada blok silinder, mengganti piston dengan ukuran yang lebih besar, mengganti *camshaft* standar dengan *camshaft racing*, dan lain-lain [1].

## V. SIMPULAN

Simpulan yang dapat dibuat berdasarkan hasil penelitian yaitu, motor bensin 4 langkah 100 cc menggunakan koil

variasi 2 bisa menghasilkan nilai prestasi mesin yang lebih unggul dibandingkan menggunakan koil variasi 1 ataupun koil standar. Koil variasi 2 pada seluruh putaran mesin yang diamati mampu menghasilkan rata-rata nilai torsi 13,20 Nm dan rata-rata nilai daya 7,26 kW. Rata-rata nilai torsi yang dihasilkan oleh koil variasi 2 lebih unggul 5,6% dari rata-rata nilai torsi yang dapat dihasilkan oleh koil variasi 1 dan lebih unggul 17,9% dari rata-rata nilai torsi yang dapat dihasilkan oleh koil standar. Lalu, Rata-rata nilai daya yang dihasilkan oleh koil variasi 2 lebih unggul 6,7% dari rata-rata nilai daya yang dapat dihasilkan oleh koil variasi 1 dan lebih unggul 21,3% dari rata-rata nilai daya yang dapat dihasilkan oleh koil standar.

Koil variasi 1 pada seluruh putaran mesin yang diamati mampu menghasilkan rata-rata nilai torsi 12,46 Nm dan rata-rata nilai daya 6,77 kW. Rata-rata nilai torsi yang dihasilkan oleh koil variasi 1 lebih unggul 13% dari rata-rata nilai torsi yang dapat dihasilkan oleh koil standar. Lalu, Rata-rata nilai daya yang dihasilkan oleh koil variasi 1 lebih unggul 15,7% dari rata-rata nilai daya yang dapat dihasilkan oleh koil standar. Saran yang dapat diberikan berdasarkan simpulan dari penelitian yaitu, untuk meningkatkan prestasi motor bensin 4 langkah 100 cc sebaiknya menggunakan koil variasi 2.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Oetomo, Sumarli, and Paryono, "Analisis penggunaan koil racing terhadap daya pada sepeda motor," *J. Tek. Mesin*, vol. 22, no. 1, 2015.
- [2] P. Suarnata, K. R. Dantes, and N. A. Wigrha, "Perbandingan penggunaan koil standar dan koil racing KTC terhadap daya mesin dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Yamaha Mio tahun 2006," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 2, 2017.
- [3] I. Hamada and M. M. Rahman, "An experimental study for performance and emissions of a small four-stroke si engine for modern motorcycle," *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 10, 2014.
- [4] N. Soenarta and S. Furuhamu, *Motor Serba Guna*. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2002.
- [5] T. Nurcahyadi, D. Wahyudi, I. Ruswanto, F. M. Ramadhani, B. Sidiq, and W. T. Handoko, "Performance of a 160 cc four-stroke engine using non-programmable aftermarket CDI and aftermarket ignition coil when operating with three types of gasoline," *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 125–131, 2017.
- [6] S. Pambudi, Mustaqim, and G. R. Willis, "Remapping pengapian programmable CDI dengan perubahan variasi tahanan ignition coil pada motor bakar 4 tak 125 cc berbahan bakar E-100," *Engineering*, vol. 12, no. 1, 2016.
- [7] G. Doornbos, S. Hemdal, and D. Dahl, "Reduction of fuel consumption and engine-out NO<sub>x</sub> emissions in a lean homogeneous GDI combustion system, utilizing valve timing and an advanced ignition system," *SAE Tech. Pap.*, 2015.
- [8] D. Widjanarko, *Paket Pembelajaran 1: Sistem Pengapian*. Universitas Negeri Semarang, 2012.
- [9] R. Robertson, *Fundamental Electrical and Electronic Principles*. Oxford: Elsevier Ltd, 2008.
- [10] K. Adi and N. Budiartana, "Pengaruh penggunaan resirkulator gas buang pada knalpot standar, terhadap performa mesin sepeda motor Yamaha Mio J," *J. Ranc. Bangun dan Teknol.*, vol. 17, no. 1, pp. 44–48, 2017.
- [11] N. Gupta, *Fundamentals Of Internal Combustion Engine*. New Delhi: PHI Learning Private Limited, 2006.
- [12] A. Jaedun, "Metodologi Penelitian Eksperimen," 2011.
- [13] B. Santoso and S. Hadi, "Pengujian mesin sepeda motor 100 cc menggunakan dinamometer generator AC 10 kW," *Mekanika*, vol. 15, no. 1, 2016.
- [14] M. Solikin and M. S. Kes, *Mesin Sepeda Motor*. Yogyakarta: Insania, 2005.
- [15] J. Bird, *Electrical Principles And Technology For Engineering*. Oxford: Elsevier, 2007.
- [16] G. Hurley and W. H. Wolfle, *Transformers And Inductors For Power Electronics: Theory, Design And Applications*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2013.
- [17] M. Laksono and D. Wulandari, "Pengaruh penggantian koil sepeda motor dengan koil mobil tipe basah merk Denso degan busi iridium terhadap performa mesin sepeda motor Yamaha Mio tahun 2011," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [18] Subroto, "Pengaruh Penggunaan Koil Racing terhadap Unjuk Kerja Pada Motor Bensin," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 8–14, 2009.
- [19] R. Patrick and S. W. Fardo, *Electricity And Electronics Fundamentals*. Lilburn: The Fairmont Press, Inc, 2008.