

Analisis Pengaruh Penggunaan Variasi Tiga Jenis Busi Terhadap Prestasi Mesin 4 Tak

Amrullah^{*1}, Sungkono², Sulaiman Borahima³, Gito Adhitya Lawani⁴,
Muhammad Imam Arif⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia,
Jl. Urip Sumoharjo Km.05, Kota Makassar, Indonesia, 90231.

e-mail: ^{*1}amrullah.amrullah@umi.ac.id, ²sungkono.sungkono@umi.ac.id,

³sulaiman.borahima@umi.ac.id, ⁴gitoadhitya.lawani@umi.ac.id, ⁵muhammadimam.arif@umi.ac.id.

Abstrak

A spark plug generates the spark required to ignite the air–fuel mixture compressed inside the engine cylinder. This study aims to analyze the effects of three different spark plug types on fuel consumption and engine efficiency in a four-stroke gasoline engine operating at various rotational speeds. The three spark plug types investigated were standard, platinum, and iridium spark plugs. The engine was tested at rotational speeds of 2,000, 2,200, 2,400, 2,600, and 2,800 rpm. The results indicate that engine speed significantly affects fuel consumption. For both Pertamina and Peralite fuels, fuel consumption increased as engine speed increased. For the standard spark plug, the fuel consumption rate ($\backslash(F_c\backslash)$) and specific fuel consumption (SFC) at 2,000 rpm were 0.196 kg/h and 0.156 kg/kWh, respectively, for Pertamina, and 0.306 kg/h and 0.226 kg/kWh, respectively, for Peralite. At 2,800 rpm, the corresponding values were 0.285 kg/h and 0.226 kg/kWh, respectively. The thermal efficiencies obtained using Pertamina and Peralite were 47.61% and 40.26%, respectively, at 2,000 rpm, and 37.35% and 37.93%, respectively, at 2,800 rpm.

Kata Kunci—variasi jenis busi, pemakaian bahan bakar, efisiensi mesin bensin 4 tak.

Abstract

Spark plugs function to spark sparks that are needed to burn the mixture of fuel with air that has been compressed in the cylinder. This study aims to analyze the effect of the use of three types of spark plugs on fuel consumption, and engine efficiency in 4-stroke gasoline engines with different rotation variations. This study uses variations of three types of spark plugs: platinum and iridium standard spark plugs, with rotations of 2000 rpm, 2200 rpm, 2400 rpm, 2600 rpm, and 2800 rpm. The results of the study show that there is a significant influence between engine rotation on fuel consumption. Examples are taken for 2000 rpm and 2800 rpm rotations, and Pertamina and Peralite fuels. The higher the engine revolution, the higher the fuel consumption. The fuel consumption (F_c) and Sfc in standard spark plugs with a rotation of 2000 rpm and 2800 rpm, respectively in Pertamina and Peralite, are: 0.196 kg/h, 0.156 kg/kW.hr and 0.306 kg/hr and 0.226 kg/kWhr (2000 rpm), 0.285 kg/h, 0.226 kg/kWhr (2800 rpm), and the thermal efficiency of Pertamina and Peralite fuels respectively are: 47.61 %, 40.26 % and 37.35 %, 37.93 %.

Keywords—spark plug type variation, fuel consumption, four-stroke gasoline engine efficiency.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi semakin berkembang pesat, salah satunya yaitu di bidang otomotif. Oleh karena itu, masyarakat dituntut untuk lebih produktif dan selektif baik dari segi kualitas maupun dari segi kuantitas. Perkembangan dunia otomotif secara kualitas dapat dilihat

dari banyaknya mesin-mesin canggih yang diterapkan pada kendaraan bermotor. Berdasarkan kuantitas, dapat dilihat dari berbagai tipe atau jenis kendaraan baru yang menawarkan beberapa fitur unggulan yang kini merambah pasar otomotif dunia maupun di Indonesia.

Jenis sepeda motor yang banyak diminati masyarakat Indonesia pada umumnya ialah sepeda motor 4 tak. Dibandingkan dengan sepeda motor 2 tak. Jenis sepeda motor 4 tak memiliki beberapa kelebihan yaitu hemat dalam penggunaan bahan bakar, putaran mesin yang rendah, halus serta lebih stabil. Sebagian masyarakat juga cenderung memilih sepeda motor dikarenakan harganya yang cukup terjangkau, untuk modifikasi serta meningkatkan performa yang relatif mudah dilakukan. Dengan melakukan modifikasi pada bagian sistemnya, peningkatan kinerja sepeda motor sudah dapat dirasakan hasilnya. Misalnya dengan penggunaan busi yang tepat atau menaikkan kompresi mesin. Busi merupakan sumber penyalan yang, sebagaimana hasil kerjanya, menghasilkan pembakaran besar dan tenaga yang dihasilkan sesuai yang diharapkan. Fungsi busi adalah sebagai sumber penyalan atau memercikkan bunga api sebagai proses pembakaran di dalam mesin.

Pembakaran di dalam motor adalah hal yang sangat menentukan besarnya tenaga yang dihasilkan sepeda motor dengan suplainya sejumlah bahan bakar ke dalam silinder motor tersebut. Dengan adanya sejumlah bahan bakar di dalam silinder yang sudah bercampur dengan udara yang kemudian dinyalakan oleh nyala api dari busi, pembakaran akan terjadi. Dengan adanya pembakaran ini maka temperatur ruang bakar akan naik yang mengakibatkan naiknya tekanan di dalam silinder dan memungkinkan terjadinya gerakan torak akibat tekanan tersebut dan selanjutnya motor bekerja [1].

Uji Eksperimental Kendaraan Roda Dua 110 CC dengan variasi busi terhadap performa dan konsumsi bahan bakar, Fakultas Teknik, Universitas Tidar [2]. Busi dipasang untuk membakar bensin yang telah dikompres oleh piston. Percikkan busi berupa percikkan elektrik. Busi dibagi menjadi dua sesuai dengan tingkat panasnya. Pertama, busi panas. Busi panas ialah busi yang proses pendinginannya perlahan-lahan karena harus melewati isolator yang panjang sehingga dapat mencapai dinding silinder. Sedangkan busi dingin berlawanan dengan busi panas. Apabila busi panas dalam 3 proses mentransfer panas perlahan-lahan karena memiliki isolator yang panjang. Pada busi dingin, proses perambatan panas berjalan dengan cepat karena isolator pendek, sehingga panas cepat sampai ke dinding silinder. Tentu, pabrik kendaraan tidak bisa memenuhi kedua hal tersebut. Salah satu faktor yang meningkatkan kinerja mesin adalah menaikkan tekanan kompresi. Besar-kecilnya tekanan kompresi memengaruhi tenaga yang dihasilkan oleh mesin.

Untuk jenis motor 4 langkah, cara ini sangat efisien, tetapi harus memperhitungkan pemampasan kepala silinder agar tidak terjadi tabrakan antara piston dan katup yang dapat mengakibatkan katup bengkok dan piston bolong. Jenis busi ada bermacam-macam, yakni busi standar, busi racing, busi resistor, busi platinum dan busi iridium. Busi standar adalah busi yang direkomendasikan oleh pabrikan motor, Busi standar kebanyakan memiliki tingkat panas sedang.

Untuk busi racing memiliki perbedaan pada tingkat panas, pada umumnya busi racing ini memiliki hidung isolator agak pendek dibandingkan dengan busi standar dengan begitu busi racing lebih cepat mengkonduksikan panas dan pre-ignition sulit tercapai karena busi lebih cepat dingin, adapun busi resistor ialah jenis busi yang berfungsi sebagai pelindung perangkat elektronik digital yang terpasang pada kendaraan dan ECU pada motor injeksi modern, selain itu ada pula busi jenis platinum yang sering disebut sebagai busi semi racing, perbedaan yang terletak pada jenis busi ini dibanding yang lain yaitu terletak pada ujung elektroda yang di desain agak lancip, selain itu busi ini memiliki kelebihan yaitu api yang dihasilkan akan lebih cepat membesar, lebih responsif sekaligus memiliki durabilitas yang cukup tinggi [3].

Busi iridium memiliki elektroda tengah yang terbuat dari bahan iridium dengan diameter elektroda 0,4 mm sehingga mempermudah loncatan bunga api. Penggunaan busi yang tidak tepat menyebabkan tenaga yang dihasilkan juga tidak bisa maksimal, sehingga peningkatan tekanan kompresi tidak bisa efektif. Tekanan kompresi yang tinggi tidak diikuti dengan jenis busi yang

sesuai, malah membuat mesin panas, tetapi tenaga tidak maksimal [1].

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah: bagaimana pengaruh variasi jenis busi terhadap pemakaian bahan bakar, bagaimana pengaruh variasi jenis busi terhadap efisiensi mesin bensin 4 tak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jenis busi terhadap pemakaian bahan bakar dan efisiensi mesin bensin 4 tak. Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain: busi yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah busi standar, busi iridium, dan busi platinum. Penelitian pada putaran 2000 rpm, 2400 rpm, 2600 rpm dan 2800 rpm. Pada beban konstan, yaitu 2,5 kg. Adapun manfaat dari penelitian sebagai berikut: Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengaruh variasi tiga jenis busi terhadap mesin bensin, yaitu busi standar, busi platinum, dan busi iridium pada berbagai tekanan kompresi terhadap daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar pada mesin bensin. Mengetahui karakteristik busi hybrid pada motor bensin TD 110.

1.1 Tinjauan Pustaka

Hasil penelitian dari Setyono, dkk. [4], meneliti tentang pengaruh penggunaan variasi busi terhadap performa motor bensin torak 4 langkah 1 silinder Honda Supra-X 125 cc. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan torsi, daya, Bmep, dan efisiensi termal. Untuk busi platinum sebesar 4,84%, 6,43%, 6,43%, dan 6,08%. Untuk busi iridium 8,42%, 12,02%, 12,02%, dan 13,10%. Penurunan Sfc, emisi gas buang CO dan HC. Untuk busi platinum sebesar 5,68%, 5,64%, dan 8,46%. Untuk busi iridium 11,43%, 7,48%, dan 11,15%.

Mumtazi [5] Dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Bentuk Elektroda Busi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 2 Langkah”, dapat diambil kesimpulan bahwa pada setiap jenis busi, daya motor mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan naiknya putaran mesin, sedangkan SFC-nya akan turun seiring dengan naiknya putaran mesin. Busi dengan elektroda melingkar mempunyai karakteristik yang paling baik. Semakin luas atau banyak elektroda massa pada busi, maka akan semakin besar kemampuannya untuk meningkatkan unjuk kerja motor bensin 2 langkah.

Kahfi, dkk. [6] dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Variasi Busi Terhadap Performa Mesin Pada Motor 4 Langkah 200 cc.” dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengujian performa motor 4 tak 200 cc dengan variasi busi standar, busi iridium, dan busi racing yang telah dilakukan uji, mendapat nilai torsi dan daya tertinggi yaitu pada busi iridium dengan nilai rata-rata (14,68 N.m) dan nilai rata-rata (15,7 Hp). Sedangkan untuk nilai konsumsi bahan bakar yang irit digunakan, yaitu terdapat nilai 1.40 Fuel Consumption pada busi racing. Penggunaan busi yang tidak tepat tenaga yang dihasilkan juga tidak bisa maksimal, sehingga peningkatan tekanan kompresi tidak bisa efektif.

Batutah, dkk. [7] dalam penelitiannya dengan judul “Variasi Busi terhadap Analisa Performa Mesin 4 Langkah” dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar terendah didapatkan pada busi iridium yang mencapai 0,078 kg/h.Hp pada putaran 6000 RPM. Sedangkan konsumsi bahan bakar tertinggi didapatkan pada busi standar mencapai 0,138 kg/h.Hp pada putaran 9000 RPM.

Menurut Tampubolon [8], motor bakar merupakan jenis motor yang banyak digunakan. Proses kerjanya memanfaatkan energi kalor dari pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan motor yang pembakarannya terjadi di dalam motor dan gas pembakaran sebagai fluida kerjanya. Motor bakar diklasifikasikan menjadi 2 yaitu motor bakar bensin dan motor bakar diesel. Motor bakar yaitu suatu jenis mesin panas yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi tenaga mekanik dan perubahan itu dilakukan di dalam mekanisme mesin itu sendiri. Menurut Pakpahan [9], motor bakar adalah alat yang berfungsi untuk mengonversi energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, di mana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis. Pada umumnya motor bakar terbagi menjadi dua golongan utama yaitu:

1. Motor pembakaran luar (*External Combustion Engine*) Motor pembakaran luar adalah suatu proses pembakaran di mana energi gerak dibangkitkan di luar ruang bakar. Dalam hal ini energi diubah menjadi energi panas yang terjadi di luar silinder motor. Salah satu contohnya adalah mesin uap, di mana energi panas yang diberikan mengubah air menjadi uap, kemudian uap dari ketel disalurkan ke silinder, di dalam silinder inilah uap menggerakkan torak atau piston, sehingga timbul tenaga gerak [10].
2. Motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) Motor pembakaran dalam adalah proses pembakaran energi gerak atau energi mekanis yang dibangkitkan di dalam ruang bakar. Proses ini terjadi di dalam silinder motor. Sebagai contoh, motor bensin dan motor diesel. Di dalam ruang bakar energi mekanis dibangkitkan oleh gerakan torak yang dihasilkan dari ledakan bahan bakar dalam ruang bakar (*combustion chamber*) [11].

Beberapa penelitian telah melakukan penelitian terkait analisis performa motor, seperti:

1. Analisis pengaruh penggunaan bahan bakar terhadap prestasi mesin,
2. Perhitungan efisiensi bahan bakar terhadap kinerja motor,
3. Analisis konsumsi bahan bakar terhadap performa motor 125cc [4].

Ketiga penelitian ini memiliki kesamaan yakni masing masing menggunakan mesin motor bakar sebagai media uji dalam proses pengujiannya dan untuk perbedaannya terletak pada metode penelitian masing-masing, misalnya pada penelitian "Analisa Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Terhadap Prestasi Mesin". Penelitian ini berfokus pada perbandingan antara bahan bakar Peralite dan Pertamina terhadap prestasi mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan konsumsi bahan bakar pada motor bensin 4 langkah yang dihasilkan dari busi standar, iridium, dan platinum.

Siklus mesin 4 langkah motor bensin mempunyai pengertian gas pembakarnya berasal dari campuran antara bensin dan udara dalam suatu perbandingan tertentu, sehingga gas tersebut terbakar dengan mudah di dalam ruang bakar apabila timbul loncatan bunga api listrik tegangan tinggi pada elektroda busi [11].

Mesin pembakaran dalam membakar bahan bakar hidrokarbon atau hidrogen yang menghasilkan tekanan pada torak, diteruskan oleh batang torak, diubah oleh poros engkol untuk menghasilkan usaha atau daya. Motor bensin 4 langkah ini dilaksanakan satu kali putaran poros engkol atau 4 kali langkah kerja piston. Prinsip kerja motor bensin yaitu suatu mesin yang bekerja memanfaatkan energi yang dihasilkan dari proses pembakaran, di mana proses pembakaran tersebut berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri [12].

Motor bensin 4 langkah atau motor 4 tak bekerja melalui satu siklus yang terdiri dari langkah hisap, kompresi, usaha, dan buang, yang memerlukan dua putaran poros engkol untuk menghasilkan tenaga sekali. Pada langkah hisap, piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) dengan katup masuk terbuka sehingga campuran udara dan bahan bakar masuk ke ruang bakar. Langkah kompresi terjadi ketika piston bergerak dari TMB ke TMA dengan semua katup tertutup, campuran udara-bahan bakar dikompresi hingga tekanan dan suhu naik, lalu busi memercikkan api sedikit sebelum piston mencapai TMA. Pada langkah usaha, pembakaran mendorong piston ke TMB sehingga menghasilkan tenaga, sedangkan langkah buang mengeluarkan sisa gas pembakaran saat piston bergerak kembali ke TMA dengan katup buang terbuka [13].

Proses pembakaran pada mesin ini dibedakan menjadi pembakaran sempurna, di mana seluruh bahan bakar terbakar menjadi CO_2 dan H_2O , serta pembakaran tidak sempurna atau detonasi yang disebabkan oleh pengapian sendiri sebelum busi memercikkan api yang dapat menurunkan performa mesin. Sistem pengapian berfungsi mengatur waktu pembakaran secara tepat pada akhir langkah kompresi, dengan syarat tekanan kompresi tinggi, percikan api kuat, dan perbandingan campuran udara-bahan bakar yang ideal. Kriteria pengapian optimal mencakup kekuatan percikan dan ketepatan waktu pengapian sesuai putaran mesin dan beban [14].

Busi adalah komponen yang memercikkan api untuk membakar campuran udara dan bahan bakar, yang dibedakan berdasarkan kemampuan melepas panas menjadi busi panas dan

busi dingin. Busi panas bekerja pada suhu tinggi dan melepas panas lebih lambat, tetapi berisiko mengalami pre-ignition jika terlalu panas, sedangkan busi dingin melepas panas lebih cepat, cocok untuk suhu rendah, namun dapat mengalami carbon fouling jika terlalu dingin. Berdasarkan performa, busi dibagi menjadi standar, iridium, platinum, dan racing dengan daya tahan dan karakteristik berbeda [12].

Kinerja motor bensin 4 langkah diukur melalui beberapa parameter, antara lain daya poros efektif (N_e), tekanan efektif rata-rata (P_u), pemakaian bahan bakar (F_c) dan pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) sebagai indikator efisiensi, debit aliran udara (Q_u), massa jenis udara (ρ_u), laju aliran udara aktual dan teoritis, rasio udara-bahan bakar (AFR), efisiensi volumetrik (η_{vol}), serta efisiensi termal (η_{th}) yang menunjukkan kemampuan mesin mengubah energi panas menjadi energi mekanik [3], [15].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilakukan di Laboratorium Pengujian Mesin-Mesin (Lab. Motor Bakar) Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia dan dimulai pada bulan Juni 2025 sampai dengan bulan Agustus 2025. Adapun alat-alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Stopwatch, digunakan untuk mengukur waktu

b. Spesifikasi Mesin Bensin

1. Jenis Mesin = Enduro XL Tipe TD TQ 110-115 10
2. Jumlah Silinder (z) = 1 Buah
3. Panjang Lengan (l) = 24,5 cm = 0,245 m
4. Jumlah Siklus (a) = 0,5
5. Perbandingan Kompresi (rv) = 9:1
6. Daya Maksimum (p) = 5,0 HP
7. Putaran Maksimum (n) = 3750 rpm
8. Diameter Silinder (ds) = 70,99 mm = 0,07099 m
9. Langkah Torak (L) = 49,23 mm = 0,04923 m
10. Volume Silinder (VS) = 195 cc
11. Efisiensi Thermal (η_{th})

Parameter ini menunjukkan kemampuan mesin dalam mengubah energi kalor menjadi energi mekanis, dihitung dengan persamaan.

$$\eta_{th} = \frac{3600 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan:

- η_{th} = Efisiensi thermal (%),
 N_e = Daya porosefektif (kW)
 F_c = Pemakaian bahan bakar (kg/jam),
 LHV = Nilai kalor bahan bakar (41000 kJ/kg K)

c. Barameter, digunakan untuk mengukur tekanan udara.

d. Termometer, digunakan untuk mengukur suhu.

e. Tachometer, digunakan untuk mengukur putaran mesin.

f. Manometer, digunakan untuk mengukur tekanan fluida.

g. Buret/gelas ukur untuk mengukur banyaknya bahan bakar digunakan.

Bahan bakar yang digunakan pada proses pengujian ini yaitu bahan bakar Pertamina dan Peralite masing-masing sebanyak 2 liter. Adapun prosedur penelitian prestasi mesin bensin terhadap variasi jenis busi dengan menggunakan mesin Enduro tipe TQ TD 110-115 adalah sebagai berikut:

1. Langkah Persiapan

- a. Mempersiapkan dan memeriksa kondisi mesin yang akan diuji.
- b. Mengukur suhu awal mesin.
- c. Menyiapkan 3 busi, yaitu busi standar pabrik, busi iridium, busi platinum dengan merk yang sama, yaitu (NGK).
- d. Menyiapkan bahan bakar Pertamina dan Pertalite yang akan digunakan.
- e. Menyiapkan alat *Dynamometer/ dynotest*.
2. Langkah Pengambilan Data
 - a. Memasukkan bahan bakar Pertamina dan Pertalite ke dalam tangki yang akan diuji.
 - b. Memasang busi standar merk NGK, busi iridium, busi platinum
 - c. Mengontrol suhu pada mesin.
 - d. Pengambilan data mesin dengan variasi putaran mesin yaitu 2.000, 2.200, 2.400, 2.600 dan 2.800 rpm pada alat *Dynamometer*. Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali.
 - e. Setelah diperoleh data untuk busi standar, dilakukan pengujian lagi untuk busi iridium, dan busi platinum dengan variasi putaran yang sama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data Perhitungan Busi

Data penelitian yang diperoleh pada pengujian motor bakar bensin ENDURO XL TD 110-115 diperoleh data sebagai berikut:

3.1.1 Data Motor Bensin

Daya maksimum (P)	= 5,0 HP
Putaran maksimum (n)	= 3750 Rpm
Volume langkah (V_L)	= $1,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
Perbandingan kompresi (rv)	= 9:1
Perbandingan siklus (a)	= 0,5

3.1.2 Data Penelitian Mesin Bensin

Putaran mesin (n)	= 2.000 Rpm
Jumlah Silinder (z)	= 1 Buah
Jumlah Siklus (a)	= 0,5
Pembebanan (m)	= 2,5 kg
Diameter Orifice (D_o)	= 12 mm
Panjang lengan	= 24,5 cm
Waktu pemakaian bahan bakar (t)	= 69,13 s
Temperatur udara (T)	= $28^\circ\text{C} = 301 \text{ K}$
Volume bahan bakar (V_{bb})	= 8 ml = $0,00000 \text{ m}^3$
Massa jenis bahan bakar (ρ_{bb}) Pertamina	= 750 kg/m^3
Nilai kalor bahan bakar (LHV) Pertamina	= 48.529 kJ/Kg
Tekanan udara ruang (Pa)	= $758,31 \text{ mmHg} = 101.126,36 \text{ Pa}$

3.2 Daya Poros Efektif (N_e)

Untuk menghitung daya poros efektif suatu mesin, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_e = \tau \cdot \omega \quad (2)$$

Dengan:

$$N_e = \text{Daya poros efektif (kW)}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \text{Torsi} = m \cdot g \cdot l = 2,5 \cdot 9,81 \cdot 0,24 = 6,009 \text{ Nm} \\ \omega &= \text{Kecepatan sudut} = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2000}{60} = 209,3 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Maka:

$$N_e = 6,009 \cdot 209,3 = 1257,80 \text{ watt} = 1,258 \text{ kW}$$

3.3 Tekanan efektif udara rata-rata (P_u)

Pu suatu mesin dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P_u = \frac{60 \cdot N_e}{V_L \cdot z \cdot n \cdot a} \text{ (kPa)} \quad (3)$$

Dengan:

$$\begin{aligned} N_e &= \text{Daya poros efektif} = 1,258 \text{ kW} \\ V_L &= \text{Volume langkah piston} = 1,94 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \\ z &= \text{Jumlah silinder} = 1 \text{ buah} \\ n &= \text{Putaran mesin} = 2000 \text{ Rpm} \\ a &= \text{Jumlah siklus} = 0,5 \end{aligned}$$

Maka:

$$P_u = \frac{60 \cdot 1,258}{0,000194 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 0,5} = 389,072 \text{ kPa}$$

3.4 Pemakaian Bahan Bakar (F_c)

$$F_c = \frac{3600 \cdot \rho_{bb} \cdot v_{bb}}{t} \text{ (kg/jam)} \quad (4)$$

Dengan:

$$\begin{aligned} \rho_{bb} &= \text{Massa jenis bahan bakar} = 750 \text{ kg/m}^3 \\ v_{bb} &= \text{Volume bahan bakar} = 0,000008 \text{ m}^3 \\ t &= \text{Waktu pemakaian bahan bakar} = 110 \text{ s} \end{aligned}$$

Maka:

$$F_c = \frac{3600 \cdot 750 \cdot 0,000008}{110} = \frac{21,6}{110} = 0,196 \text{ kg/jam}$$

3.5 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SF_c)

$$SF_c = \frac{F_c}{N_e} \text{ (kg/kW.Jam)} \quad (5)$$

Dengan:

$$\begin{aligned} F_c &= \text{Pemakaian bahan bakar (kg/jam)} = 0,196 \text{ kg/jam} \\ N_e &= \text{Daya poros efektif (kW)} = 1,258 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka:

$$SF_c = \frac{0,196}{1,258} = 0,156 \text{ kg/kW. Jam}$$

3.6 Debit aliran udara (Q_u)

$$Q_u = \frac{\pi}{4} \cdot d_o^2 \cdot C_d \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \rho_{oil} \cdot h_o \cdot R_u \cdot T_u}{P_a}} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (6)$$

Dengan:

$$\begin{aligned} Q_u &= \text{Debit aliran udara (m}^3\text{/s)} \\ d_o &= \text{Diameter orifice} = 0,012 \text{ m} \\ A_o &= \frac{3,14}{4} \cdot 0,012^2 = 1,130 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ C_d &= \text{Koefisien Discharge} = 0,65 \\ g &= \text{Percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ \rho_{oil} &= \text{Massa jenis cairan manometer} = 1100 \text{ kg/m}^3 \\ R_u &= \text{Konstanta gas ideal} = 287 \text{ J/kg K} \\ T_u &= \text{Temperatur udara ruang} = 28^\circ\text{C} = 301 \text{ K} \\ P_u &= \text{Tekanan udara ruang} = 101.126,36 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$H_o = \text{Beda tinggi cairan manometer} = \frac{\Delta h \sin 30}{1000} = \frac{2,3 \cdot 0,5}{1000} = 0,00156 \text{ m}$$

Maka:

$$Q_u = 1,130 \cdot 10^{-4} \cdot 0,65 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1100 \cdot 0,0015 \cdot 287 \cdot 300}{98658,55}} = 0,00156 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.7 Massa Jenis Udara (ρ_u)

$$\rho_u = \frac{P_u}{R_u \cdot T_u} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (7)$$

Dengan:

$$P_u = \text{Tekanan udara ruang} = 101.126,36 \text{ Pa}$$

$$R_u = \text{Konstanta gas ideal} = 287 \text{ J/kg.K}$$

$$T_u = \text{Temperatur udara ruang (K)} = 301 \text{ K}$$

Maka:

$$\rho_u = \frac{101.126,36}{287 \cdot 301} = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

Dengan:

$$\dot{m}_{\text{aktual}} = \text{Laju aliran udara aktual} = 6,57 \text{ kg/jam}$$

$$F_c = \text{Pemakaian bahan bakar} = 0,196 \text{ kg/jam}$$

Maka:

$$\text{AFR} = \frac{6,57}{0,196} = 33,52 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{bb}}$$

3.8 Laju Aliran Udara Aktual ($\dot{m}_{\text{aktual}}$)

$$\dot{m}_{\text{aktual}} = \rho_u \cdot Q_u \cdot 3600 \text{ (kg/jam)} \quad (8)$$

Dengan:

$$\dot{m}_{\text{aktual}} = \text{Laju aliran udara aktual (kg/jam)}$$

$$\rho_u = \text{Massa jenis udara} = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_u = \text{Debit aliran udara} = 0,00156 \text{ m}^3/\text{s}$$

Maka:

$$\dot{m}_{\text{aktual}} = 1,17 \cdot 0,00156 \cdot 360 = 6,57 \text{ kg/jam}$$

3.9 Laju aliran udara teoritis ($\dot{m}_{\text{ideal}}$)

$$\dot{m}_{\text{ideal}} = \frac{n}{2} \cdot 60 \cdot \rho_u \cdot V_L \text{ (kg/jam)} \quad (9)$$

Dengan:

$$\dot{m}_{\text{ideal}} = \text{Laju aliran udara aktual (kg/jam)}$$

$$n = \text{Putaran mesin} = 2.000 \text{ Rpm}$$

$$\rho_u = \text{Massa jenis udara} = 1,146 \text{ kg/m}^3$$

$$V_L = \text{Volume langkah} = 1,94 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Maka:

$$\dot{m}_{\text{ideal}} = \frac{2000}{2} \cdot 60 \cdot 1,17 \cdot 1,94 \cdot 10^{-4} = 13,618 \text{ kg/jam}$$

3.10 Perbandingan udara dan bahan bakar (AFR)

$$\text{AFR} = \frac{\dot{m}_{\text{aktual}}}{F_c} \text{ (kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{bb}}\text{)} \quad (10)$$

Dengan:

$$\dot{m}_{\text{aktual}} = \text{Laju aliran udara aktual} = 6,57 \text{ kg/jam}$$

$$F_c = \text{Pemakaian bahan bakar} = 0,196 \text{ kg/jam}$$

Maka:

$$\text{AFR} = \frac{6,57}{0,196} = 33,52 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{bb}}$$

3.11 Efisiensi Volumetrik (η_{vol})

$$\eta_{vol} = \frac{\dot{m}_{aktual}}{\dot{m}_{ideal}} \times 100 \quad (\%) \quad (11)$$

Dengan:

$\dot{m}_{aktual}$ = Laju aliran udara aktual = 6,57 kg/jam

$\dot{m}_{ideal}$ = Laju aliran udara ideal = 13,618 kg/jam

Maka:

$$\eta_{vol} = \frac{6,57}{13,618} \times 100\% = 48,24 \%$$

3.12 Efisiensi Thermal (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{3600 \cdot Ne}{F_c \cdot LHV} \times 100 \quad (\%) \quad (12)$$

Dengan,

Ne = Daya poros efektif (kW)

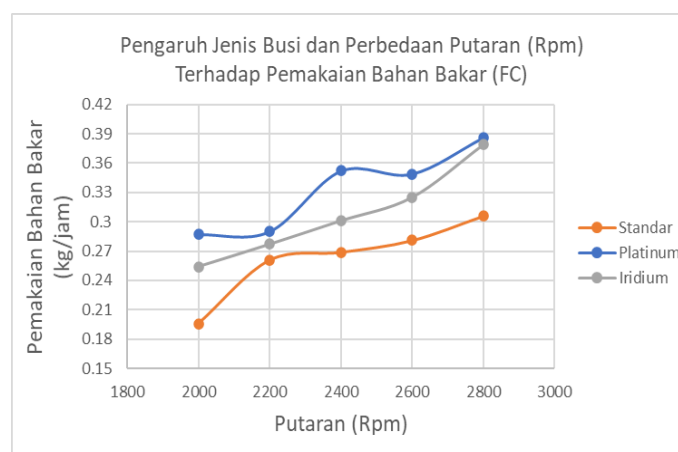
Fc = Pemakaian bahan bakar (kg/jam)

LHV = Nilai kalor bahan bakar (48.529 kJ/kg K)

Maka:

$$\eta_{th} = \frac{3600 \cdot Ne}{F_c \cdot LHV} \times 100 \% = \frac{3600 \cdot 1,258}{0,196 \cdot 48.529} \times 100 \% = 41,61\%$$

3.13 Analisis Grafik Perhitungan (bahan bakar Pertamina)

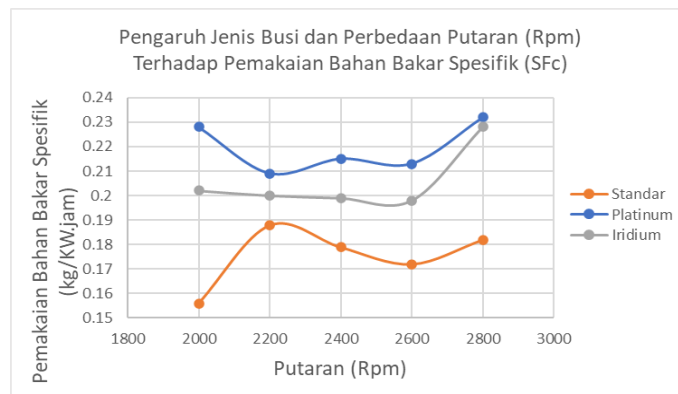


Gambar 1. Grafik Pengaruh Putaran (Rpm) Terhadap Pemakaian Bahan Bakar

Gambar 1 merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh putaran (rpm) terhadap pemakaian bahan bakar (Fc). Pada putaran awal, yaitu 2.000 rpm, busi standar, platinum, dan iridium menggunakan bahan bakar Pertamina menunjukkan pemakaian bahan bakar yang lebih rendah, yaitu pada busi standar dengan tingkat pemakaian sebesar 0,196 kg/jam, kemudian pemakaian bahan bakar yang paling tinggi, yaitu pada busi platinum dan iridium dengan tingkat pemakaian sebesar 0,386 kg/jam, sedangkan untuk iridium sebesar 0,379 kg/jam. Busi iridium dan platinum memiliki konduktivitas listrik yang baik, dibandingkan busi standar, hal tersebut memungkinkan busi menciptakan nyala api yang lebih kuat dan stabil saat proses pembakaran, yang pada akhirnya menghasilkan pembakaran yang lebih efisien. Pada putaran 2200 sampai dengan 2600 rpm, ketiga busi tersebut mengalami kenaikan bahan bakar secara bertahap.

Meningkat dan menurunnya nilai bahan bakar pada putaran 2.000 – 2.800 rpm disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pembakaran yang tidak optimal pada putaran tinggi, yang menyebabkan nilai pemakaian bahan bakar lebih tinggi sehingga boros dalam pemakaian bahan bakar. Pemakaian bahan bakar yang digunakan, selain itu, jenis busi juga berpengaruh terhadap

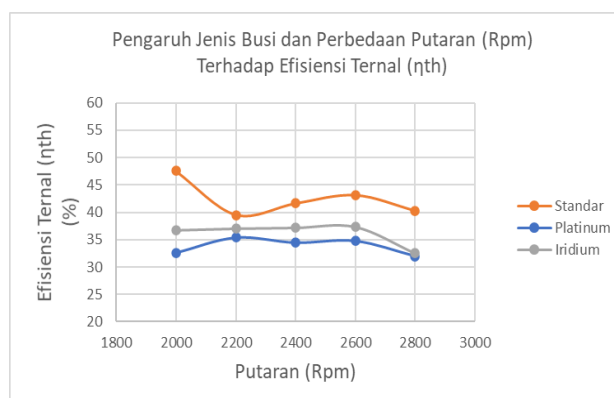
pemakaian bahan bakar (F_c). Pada putaran rendah, busi lebih efisien dalam pemakaian bahan bakar, sedangkan pada putaran yang lebih tinggi, busi platinum dan iridium lebih boros dalam pemakaian bahan bakar.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Putaran (Rpm) Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Gambar 2 merupakan grafik yang memperlihatkan hubungan antara putaran (rpm) dan pemakaian bahan bakar spesifik (SFC). Grafik tersebut menunjukkan bahwa pemakaian bahan bakar spesifik umumnya mengalami penurunan seiring meningkatnya putaran mesin. Pada putaran yang paling rendah, yaitu 2000 rpm, busi iridium dan platinum menunjukkan nilai pemakaian bahan bakar spesifik yang lebih rendah dibandingkan dengan busi standar, yaitu 0,2187 kg/kW.jam dan 0,2227 kg/kW.Jam, sedangkan busi standar memiliki nilai sebesar 0,2262 kg/kW.jam. Kinerja busi iridium dan platinum yang lebih baik pada putaran yang rendah membantu memastikan pengapian mesin lebih halus dan stabil. Tidak hanya itu hal serupa juga terjadi pada penelitian Mumtazi [5] dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Bentuk Elektroda Busi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 2 Langkah” yang menyatakan bahwa nilai pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) akan mengalami penurunan seiring meningkatnya putaran pada mesin.

Sedangkan pada putaran 2800 rpm busi standar menunjukkan nilai pemakaian bahan bakar spesifik yang lebih tinggi yaitu 0,2227 kg/kW.jam, dibandingkan dengan busi iridium dengan nilai 0,1959 kg/kW.jam, dan busi platinum sebesar 0,1949 kg/kW.jam. Kemungkinan busi standar mengalami kenaikan sendiri pada putaran 2800 rpm dibandingkan dengan 2 busi tersebut karena perbedaan karakteristik dari masing-masing jenis busi. Dari segi performa, busi standar cenderung lebih rendah dibanding iridium dan platinum. Meskipun harga terjangkau, busi standar kurang efisien dalam pembakaran bahan bakar. Kualitas material juga tentunya berpengaruh. Busi standar pada umumnya terbuat dari material yang lebih sederhana dan kurang tahan lama.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Putaran (Rpm) Terhadap Efisiensi Termal (η_{th})

Pada Gambar 3, grafik memperlihatkan hubungan antara putaran (rpm) dan efisiensi termal (η_{th}). Pada putaran yang paling rendah, yaitu 2000 rpm, busi iridium menunjukkan efisiensi termal yang lebih tinggi, yaitu 38,639 %, diikuti oleh busi platinum, yakni 37,931%, dan kemudian busi standar sebesar 37,348 %. Pada putaran 2.200 sampai 2.600, kita bisa melihat beberapa hal, seperti efisiensi termal meningkat pada semua jenis busi, menunjukkan peningkatan efisiensi termal. Perbedaan Efisiensi, Busi iridium memiliki efisiensi termal yang paling tinggi, diikuti oleh platinum, dan kemudian standar. Busi iridium menunjukkan peningkatan efisiensi termal yang paling signifikan di rentang ini. Ini menunjukkan bahwa busi iridium lebih optimal dalam menghasilkan percikan api yang kuat dan stabil pada putaran menengah, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran. Pada putaran 2.600, busi iridium mengalami sedikit penurunan efisiensi termal.

Ada beberapa kemungkinan penyebabnya, yaitu, peningkatan putaran mesin tidak lagi menghasilkan peningkatan signifikan dalam efisiensi pembakaran. Penurunan kecil ini tidak berarti busi iridium menjadi kurang efisien. Busi iridium masih memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan busi standar dan platinum pada putaran 2.600. dan penurunan nilai efisiensi bisa disebabkan juga oleh kombinasi faktor, dan tidak menunjukkan penurunan signifikan dalam performanya.

Pada putaran 2.800, busi standar mengalami penurunan efisiensi termal yang lebih signifikan dibandingkan dengan busi iridium dan platinum. Hal ini dapat menyebabkan busi standar lebih mudah aus dan kehilangan kemampuannya untuk menghasilkan percikan api yang optimal pada putaran tinggi. Selain itu, performa pembakaran busi iridium dan platinum dirancang untuk menghasilkan percikan api yang lebih kuat dan stabil pada putaran tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, analisis data dari percobaan, bahwa:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan antara putaran mesin terhadap pemakaian bahan bakar. Di mana, nilai pemakaian bahan bakar (F_c) pada busi standar dengan putaran 2000 rpm - 2800 rpm sebesar 0,2845 kg/jam, 0,2973 kg/jam (2200 rpm), 0,3112 kg/jam, 0,3326 kg/jam, dan 0,3922 kg/jam. Hubungan antara putaran mesin (rpm) dan pemakaian bahan bakar (F_c) bersifat linear positif, di mana peningkatan putaran berbanding lurus dengan peningkatan pemakaian bahan bakar.
2. Pemilihan serta penggunaan variasi jenis busi, baik itu busi standar, busi iridium, maupun busi platinum, dapat memengaruhi prestasi mesin, baik dari segi performa maupun efisiensi pembakaran bahan bakar. Busi iridium dan busi platinum umumnya dianggap memberikan performa yang lebih baik dan efisiensi pembakaran yang optimal dibandingkan dengan busi standar.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan pendekatan numerik atau simulasi, misalnya menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) atau software analisis termodinamika mesin, untuk memperoleh gambaran yang lebih detail mengenai proses pembakaran, distribusi temperatur, tekanan, dan aliran campuran udara–bahan bakar di dalam silinder. Selain itu, penelitian dapat diperluas dengan memvariasikan parameter lain seperti jenis bahan bakar, rasio kompresi, dan desain elektroda busi. Dengan kombinasi metode eksperimen dan simulasi, hasil penelitian diharapkan lebih komprehensif sehingga dapat memberikan

rekomendasi teknis yang lebih tepat dalam pemilihan busi guna meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin bensin 4-tak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, H., 2016, Pengaruh Penggunaan Busi Standar, Busi Racing, Dan Busi Iridium Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor 4 Langkah 110CC pada Berbagai Tekanan Kompresi, Universitas Negeri Semarang. <https://lib.unnes.ac.id/27547/1/5201411067.pdf>
- [2] Indarto, A. S., 2022, Uji Eksperimental Kendaraan Roda Dua 110 CC dengan Variasi Busi Terhadap Performa dan Konsumsi Bahan Bakar, Universitas Tidar. <https://repositori.untidar.ac.id/index.php?p=fstream&fid=33686&bid=12780>
- [3] Murdianto, I., 2016, Perbedaan Performa (Daya, Torsi ,Konsumsi Bahan Bakar) Menggunakan Injektor Standart Dan Injektor Racing Dengan Bahan Bakar Pertamina Dan Pertamina Plus Pada Sepeda Motor V-Xion, Universitas Negeri Semarang. <https://lib.unnes.ac.id/27538/1/5201411041.pdf>
- [4] Setyono, G. and Kawano, D. S., 2014, Pengaruh Penggunaan Variasi Elektroda Busi terhadap Performa Motor Bensin Torak 4 Langkah, *Jurnal Saintek*, No. 2, Vol. 11, 69–73, https://dev2.kopertis7.go.id/uploadjurnal/Saintek_Vol_11_No_2_Des_2014_siap_cetak.pdf#page=25
- [5] Mumtazi, T. F., 1997, Pengaruh Bentuk Elektroda Busi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Dua Langkah, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Kahfi, M. S., Mufarida, N., and Kosjoko, 2021, Pengaruh Variasi Busi Terhadap Performa Mesin pada Motor 4 Langkah 200CC The Effect of Spark Plug Variations on Engine Performance on a 200CC 4-Stroke Motor, *Jurnal Smart Teknologi*, No. 2, Vol. 2, 116–121, <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- [7] Batutah, M. A., Ariani, B., Kusnanto, H., Sofana, I., and Syahrir, I., 2024, Variasi Busi Terhadap Analisa Performa Mesin 4 Langkah, *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, No. 2, Vol. 8, 123–127, doi: 10.32528/jp.v8i2.1529.
- [8] Tampubolon, A. P. P., Sitorus, T. B., Sabri, M., Ginting, T. U. H. S., and Siregar, A. H., 2015, Simulasi Perhitungan Performansi Motor Bakar dengan Menggunakan Program Visual Basic, *Dinamis*, No. 4, Vol. 3, 15, doi: 10.32734/dinamis.v3i4.7009.
- [9] Pakpahan, B. *et al.*, 2021, Analisis Performansi Motor Bakar pada Generator-Set dengan Kapasitas Daya 440 kW, *SINERGI: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Polmed*, No. 2, Vol. 2, [http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2923074&val=25757&title=analisis performansi motor bakar pada generator-set dengan kapasitas daya 440kw ii](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2923074&val=25757&title=analisis%20performansi%20motor%20bakar%20pada%20generator-set%20dengan%20kapasitas%20daya%20440kw%20ii)
- [10] Pratowo, B., 2019, Analisis Pengaruh Putaran Mesin dan Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang pada Motor Bensin Empat Langkah, *Jurnal Teknik Mesin UBL*, No. 2, Vol. 6, 29–34, <https://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM/article/viewFile/1241/1410>
- [11] Wiratno, T., Rahardjo, S., and Suwignyo, J., 2012, Perhitungan Daya Dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yamaha LS 100 cc, *Jurnal Traksi*, No. 2, Vol. 12, 58–75, <https://doi.org/10.26714/traksi.12.2.2012.%25p>
- [12] Hidayat, W., 2012, *Motor Bensin Modern*, Ed. 1. Rineka Cipta, Jakarta. https://lib.ummetro.ac.id/index.php?p=show_detail&id=5730
- [13] Jama, J. and Wagino, W., 2008, *Teknik sepeda motor*, No. 3. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta. https://www.researchgate.net/publication/372935305_TEKNIK_SEPEDA_MOTOR
- [14] Wiratmaja, I. G., 2010, Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, No. 1, Vol. 4, 16–25, [http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1357416&val=982&title=A nalisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1357416&val=982&title=A%20nalisa%20Unjuk%20Kerja%20Motor%20Bensin%20Akibat%20Pemakaian%20Biogasoline)
- [15] Mangesa, D. P., 2009, Pengaruh Penggunaan Busi NGK Platinum C 7hvx Terhadap Unjuk

Kerja Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Langkah 110 CC, *Jurnal Teknik Mesin Cakra*, No. 1, Vol. 3,
[http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1357847&val=982&title=Influence Use of NGK Platinum C 7hvx Sparkplug toward Performance and Emission Gas of Four Stroke Motorcycle 110 Cc](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1357847&val=982&title=Influence%20Use%20of%20NGK%20Platinum%20C%207hvx%20Sparkplug%20toward%20Performance%20and%20Emission%20Gas%20of%20Four%20Stroke%20Motorcycle%20110%20Cc)