

OPTIMALISASI PERFORMA MESIN MOTOR 160CC MANUAL MELALUI KOMBINASI JENIS BUSI DAN BAHAN BAKAR RON 92

¹⁾ Anwaar Mubarak, ²⁾ Muhamad Safi'i, ³⁾ Althesa Androva

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang.

Jl. Sidodadi Timur, Jalan Dokter Cipto No.24, Karangtempel, Kec. Semarang Timur., Kota Semarang, Jawa Tengah 50232.

*Email: muhamadsafii@upgris.ac.id.

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 10 Juli 2026

Disetujui : 4 Agustus 2026

Kata Kunci :

Busi Iridium, Busi Platinum, Busi Standar, RON 92, Flame Front Propagation, Knocking, Mesin 160cc

ABSTRAK

Dominasi sepeda motor pada sektor transportasi darat Indonesia, yang mencapai lebih dari 80% populasi kendaraan bermotor, menjadikannya kontributor utama konsumsi energi fosil dan polusi udara perkotaan, sehingga diperlukan optimalisasi komponen pembakaran seperti busi guna meningkatkan efisiensi mesin. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh tiga jenis busi (standar, platinum, dan iridium) pada mesin sepeda motor manual 160cc berkompresi tinggi (10,0–11,5:1). Bahan bakar Research Octane Number (RON) 92 digunakan sebagai variabel kontrol untuk memastikan perbedaan performa yang teramati semata-mata disebabkan oleh variasi geometri dan material elektroda busi, bukan oleh perbedaan kualitas bahan bakar. Pengujian dilakukan menggunakan chassis dynamometer pada kondisi Full Throttle Valve Opening (FTVO) di seluruh rentang RPM operasional, dengan tiga kali pengulangan (replikasi) untuk setiap pengujian daya dan torsi, serta pengujian konsumsi bahan bakar pada enam variasi putaran mesin tetap (3000–8000 RPM). Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil diameter elektroda busi—dari standar (2,0–2,5 mm), platinum (0,5–0,8 mm), hingga iridium (0,4–0,6 mm)—semakin cepat pembentukan inti nyala (flame kernel) dan front api yang merambat ke seluruh ruang bakar. Pada RPM menengah (5500–6000 RPM), efek ini terbukti signifikan secara statistik pada torsi: busi iridium mencapai rata-rata 13,84 Nm, lebih tinggi dibandingkan platinum (13,60 Nm) dan standar (13,41 Nm) (One-Way ANOVA: $F(2,6)=45,56$; $p=0,0002<0,05$; Tukey HSD seluruh pasangan $p<0,05$). Namun pada RPM tinggi (7250–7750 RPM), keunggulan geometri elektroda tidak lagi signifikan terhadap daya maksimum (iridium 12,17 HP; platinum 11,97 HP; standar 11,77 HP; $F(2,6)=0,439$; $p=0,664>0,05$), karena faktor mekanikal mesin seperti efisiensi volumetrik dan singkatnya siklus pembakaran mulai mendominasi dibandingkan pengaruh pengapian. Pola serupa tercermin pada konsumsi bahan bakar, di mana busi iridium paling efisien pada RPM rendah–menengah (0,57–1,26 L/jam) namun selisihnya menyempit tajam pada RPM tinggi. Secara konseptual, apabila dibandingkan dengan RON 90 yang memiliki ketahanan autoignition lebih rendah, risiko knocking meningkat—terutama pada busi standar yang pembentukan front apinya paling lambat—sementara busi iridium tetap menjadi pilihan paling aman berkat kecepatan rambat apinya yang tinggi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa

kombinasi busi iridium dan RON 92 merupakan pasangan paling optimal untuk mesin manual 160cc berkompresi tinggi, khususnya pada torsi dan efisiensi bahan bakar di putaran rendah–menengah, meskipun keunggulan daya maksimum belum terbukti signifikan secara statistik pada kondisi pengujian ini.

ARTICLE INFO

Article History :

Received : Jul 10, 2026

Accepted : Aug 4, 2026

Keywords:

Iridium Spark Plug, Platinum Spark Plug, Standard Spark Plug, RON 92, Flame Front Propagation, Knocking, 160cc Engine

ABSTRACT

The dominance of motorcycles in Indonesia's land transportation sector, which reaches more than 80% of the motorized vehicle population, makes them a major contributor to fossil energy consumption and urban air pollution, so that optimization of combustion components such as spark plugs is needed to improve engine efficiency. This study aims to compare the power, torque, and fuel consumption performance produced by three types of spark plugs (standard, platinum, and iridium) in a 160cc high-compression (10.0–11.5:1) manual motorcycle engine. Research Octane Number (RON) 92 fuel is used as a control variable to ensure that the observed performance differences are solely caused by variations in spark plug geometry and electrode material, rather than by differences in fuel quality. Testing was conducted using a chassis dynamometer at Full Throttle Valve Opening (FTVO) conditions across the entire operational RPM range, with three repetitions (replications) for each power and torque test, as well as fuel consumption testing at six fixed engine speed variations (3000–8000 RPM). The test results showed that the smaller the spark plug electrode diameter—from standard (2.0–2.5 mm), platinum (0.5–0.8 mm), to iridium (0.4–0.6 mm)—the faster the flame kernel formation and flame front propagation throughout the combustion chamber. At medium RPM (5500–6000 RPM), this effect was statistically significant on torque: iridium spark plugs achieved an average of 13.84 Nm, higher than platinum (13.60 Nm) and standard (13.41 Nm) (One-Way ANOVA: $F(2,6)=45.56$; $p=0.0002<0.05$; Tukey HSD all pairs $p<0.05$). However, at high RPM (7250–7750 RPM), the advantage of electrode geometry is no longer significant for maximum power (iridium 12.17 HP; platinum 11.97 HP; standard 11.77 HP; $F(2,6)=0.439$; $p=0.664>0.05$), because engine mechanical factors such as volumetric efficiency and short combustion cycle begin to dominate over ignition effects. A similar pattern is reflected in fuel consumption, where iridium spark plugs are most efficient at low–mid RPM (0.57–1.26 L/h) but the difference narrows sharply at high RPM. Conceptually, when compared to RON 90 which has lower autoignition resistance, the risk of knocking increases—especially with standard spark plugs which have the slowest flame front formation—while iridium spark plugs remain the safest choice due to their high flame propagation speed. This study concludes that the combination of iridium and RON 92 spark plugs is the most optimal pairing for a high-compression 160cc manual engine, especially in terms of torque and fuel efficiency at low–mid revs, although the maximum power advantage has not been proven to be statistically significant under these test conditions.

1. PENDAHULUAN

Krisis iklim global yang disebabkan oleh penumpukan emisi gas rumah kaca memerlukan reformasi mendasar pada sektor transportasi (Musa et al., 2023); (A. Miti., 2025). Di Indonesia, kebutuhan ini sangat terlihat karena sektor transportasi darat didominasi oleh sepeda motor yang memiliki proporsi lebih dari 80% dari total populasi kendaraan bermotor, sehingga menjadikannya sebagai pengguna energi fosil terbesar sekaligus penyebab utama polusi udara di kawasan perkotaan (Putra et al., 2021). Menghadapi perubahan lingkungan tersebut, kebijakan energi nasional mulai mengarahkan peralihan pemakaian bahan bakar ke varian dengan angka oktan yang lebih tinggi, salah satunya adalah *Research Octane Number* (RON) 92 (Sudrajat., 2022). Dari segi termodinamika, bensin dengan RON 92 memiliki kestabilan kimia yang relatif lebih baik serta ketahanan terhadap fenomena ketukan (*knocking*) dibandingkan bahan bakar dengan RON lebih rendah. Karakteristik ini berpotensi berkontribusi terhadap penurunan emisi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), namun tingkat emisi yang dihasilkan tidak ditentukan oleh nilai oktan bahan bakar saja, melainkan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti Hubungan antara rasio kompresi, angka oktan bahan bakar, dan strategi pengapian juga ditegaskan oleh kajian pada mesin penelitian bersilinder tunggal dengan konfigurasi multi-busi, yang menunjukkan bahwa efek peredaman knocking dari penambahan titik pengapian semakin kuat ketika angka oktan bahan bakar lebih tinggi dan rasio kompresi lebih rendah, sementara pengapian ganda/multipel secara konsisten menghasilkan daya lebih tinggi dan variasi siklus-ke-siklus yang lebih rendah dibandingkan pengapian tunggal (SHI et al 2022) Namun demikian, tingkat emisi yang dihasilkan tidak ditentukan oleh nilai oktan semata, melainkan juga oleh rasio udara–bahan bakar, waktu pengapian, kondisi dan beban mesin, serta jenis sistem penyuplai bahan bakar (Winoko et al., 2024). Oleh karena itu, penggunaan bahan bakar RON 92 perlu dipadukan dengan pengaturan sistem pengapian dan parameter operasional mesin yang tepat agar potensi penurunan emisi tersebut dapat tercapai secara optimal.

Namun, peningkatan mutu bahan bakar tidak akan memberikan efisiensi konversi energi mekanis yang optimal tanpa dukungan dari kinerja sistem pemantik api yang andal, karena busi memiliki peran krusial dalam menentukan kecepatan penyebaran api serta kualitas fase pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang telah terkompresi di ruang bakar (B Wilantara, I Kholid, Nasrullah, 2024). Kajian pada mesin silinder tunggal berbahan bakar bensin menunjukkan bahwa celah elektroda busi sekitar 0,9–1,0 mm memberikan keseimbangan terbaik antara pembakaran sempurna (CO/HC rendah) dan efisiensi termal, sementara studi lain pada mesin injeksi langsung optik menunjukkan bahwa desain elektroda dan besar celah percikan sama-sama memengaruhi perambatan nyala api dan profil emisi (Xu et al., 2024). Variasi celah elektroda busi terbukti memengaruhi keseimbangan antara tingkat kesempurnaan pembakaran (tercermin dari rendahnya emisi CO/HC) dan efisiensi termal mesin, dengan celah optimal berada pada kisaran tertentu sebelum risiko misfire meningkat pada celah yang terlalu lebar (Yılmaz & Erdem, 2025) Selain itu, konfigurasi jumlah elektroda busi turut memengaruhi karakteristik emisi, di mana desain multi-elektroda dilaporkan mampu menurunkan emisi HC dan CO dibandingkan desain elektroda tunggal, yang mengindikasikan proses pembakaran yang lebih sempurna (Moustafa & Hussein, 2025). Energi pengapian yang lemah atau berfluktuasi akan meningkatkan kerugian energi termal dari bahan bakar RON 92, mendorong terjadinya pembakaran tidak lengkap (*incomplete combustion*) yang secara langsung mengurangi *output* daya mesin serta meningkatkan akumulasi polutan hasil pembakaran (B Wilantara, I Kholid, Nasrullah, 2024); (Hutomo, 2024). Oleh karena itu, fokus riset terkini diarahkan pada pengujian material elektroda busi untuk meningkatkan efisiensi termal pada tingkat optimal.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan busi berbahan logam mulia dapat mengurangi konsumsi bensin secara signifikan dibandingkan busi tipe nikel standar (B Wilantara, I Kholid, Nasrullah, 2024). Pada unit penggerak berkapasitas 150cc berbahan bakar RON 92, busi iridium mampu memfokuskan titik percikan api sehingga menghasilkan daya

maksimum sebesar 14,3 HP pada 8000 RPM (M. Al Aziz R, 2023). Pengembangan rekayasa performa ini terus dilakukan melalui berbagai pendekatan, termasuk modifikasi geometri jumlah kaki elektroda *ground* (Winoko et al., 2024), pemasangan *ground strap* untuk menstabilkan induksi arus koil (To et al., 2025), serta penerapan sistem busi ganda untuk mempercepat pelepasan panas pada campuran udara-bahan bakar (Shang et al., 2022). Serta pendekatan serupa pada mesin bensin berkapasitas kecil yang menguji konfigurasi busi ganda (*twin spark plug*) dan menemukan penurunan tunda pengapian dan durasi pembakaran, penghematan bahan bakar, serta penurunan emisi CO dan HC dibandingkan busi tunggal, meski disertai kenaikan emisi Nox (Xu et al., 2024). Studi lain turut menekankan variasi geometri elektroda dan konfigurasi multi-elektroda yang memengaruhi keseimbangan emisi CO/HC dan efisiensi termal (Yılmaz & Erdem, 2025);(Moustafa & Hussein, 2025). Studi lain turut menekankan variasi geometri elektroda dan konfigurasi multi-elektroda yang memengaruhi keseimbangan emisi CO/HC dan efisiensi termal (Shi et al., 2022);(Xu et al., 2024), serta hanya diuji pada satu kondisi RPM atau beban statis (Putra et al., 2021);(Hutomo, 2024);(M. Al Aziz R, 2023). Belum ada investigasi menyeluruh yang menilai perbandingan karakteristik ketiga jenis busi pada sepeda motor manual berkapasitas 160cc dengan rasio kompresi tinggi ($\geq 11-12:1$), padahal mesin jenis ini banyak digunakan di Indonesia dan mengalami variasi beban mekanis dinamis yang lebih kompleks saat beroperasi dengan bahan bakar RON 92.

Berdasarkan literatur yang ditelaah (Putra et al., 2021);(Hutomo, 2024), penelitian mengenai perbandingan tiga jenis busi (standar, platinum, iridium) pada motor manual 160cc dengan rasio kompresi tinggi ($\geq 11-12:1$) masih terbatas, karena studi-studi sebelumnya umumnya berfokus pada motor matic (CVT) berkapasitas kecil (110–150cc) dengan rasio kompresi normal ($\pm 9,5-10,5:1$) dan hanya diuji pada satu kondisi RPM atau beban statis. Penelitian ini menguji ketiga jenis busi tersebut secara langsung pada satu unit mesin manual 160cc berbahan bakar RON 92, pada kondisi *Full Throttle Valve Opening* (FTVO) di seluruh rentang RPM

operasional (*idle* hingga maksimum), sehingga diperoleh kurva kinerja (BHP, torsi, SFC) secara menyeluruh yang dapat dibandingkan dengan *baseline* penelitian sebelumnya, misalnya daya 14,3 HP pada 8000 RPM oleh busi *iridium* pada mesin 150cc (M. Al Aziz R, 2023), untuk melihat apakah peningkatan kapasitas silinder dan rasio kompresi memengaruhi titik optimum performa busi iridium tersebut.

2. METODE

Model Fisik

Gambar 1 menampilkan unit pengujian *chassis dynamometer* bersama sepeda motor yang menjadi subjek penelitian dalam studi ini. Pengujian *dynamometer* dalam studi ini berfungsi dengan mengubah energi rotasi roda belakang sepeda motor menjadi data putaran (RPM) melalui *roller dynamometer*, yang selanjutnya dikonversi oleh sistem akuisisi data menjadi angka kecepatan, daya, dan torsi mesin. *Dynamometer* berfungsi dengan menggunakan prinsip beban pada roller akibat putaran roda, sehingga kekuatan yang dihasilkan mesin dapat dihitung berdasarkan laju perubahan putaran *roller* seiring waktu. Dalam studi ini, sepeda motor yang diuji memiliki spesifikasi yang tertera dalam Tabel 1.



Gambar 1. Chassis Dynamometer dan Unit Sepeda Motor 160cc.

Tabel 1. Spesifikasi Unit Sepeda Motor Manual 160cc.

Model/Tipe	Honda Megapro/Primus 2007
Jenis Mesin	4 langkah, silinder tunggal (single cylinder), SOHC
Power (kW)	9,8 kW pada 8.500 RPM (setara 13,3 PS)
Kapasitas Silinder	160 cc

Sistem Pendinginan	Pendingin udara (air-cooled)
Transmisi	5 percepatan, manual
Voltage	12 Volt
Sistem Pengikatan Uji	Tie-down strap pada bagian belakang rangka untuk menjaga kestabilan posisi motor selama pengujian

Skema Eksperimen

Pengaturan eksperimen untuk pengujian *chassis dynamometer* pada unit sepeda motor dengan kapasitas mesin 160 cc diilustrasikan pada Gambar 2. Sepeda motor percobaan diangkat dan diletakkan di atas *roller dynamometer*, lalu roda belakang diikat menggunakan *strap* pengikat agar posisi motor tetap terjaga stabil selama proses pengujian. Motor memiliki spesifikasi mesin 4 langkah, silinder tunggal (*single cylinder*), SOHC, berpendingin udara, dan dilengkapi sistem transmisi manual 5 percepatan. Sensor RPM dipasang pada sistem pengapian kendaraan untuk mendeteksi putaran mesin secara langsung, sedangkan *roller dynamometer* berfungsi untuk membaca putaran roda belakang yang kemudian diubah oleh perangkat lunak akuisisi data menjadi nilai kecepatan (km/jam), daya (*horsepower*), dan torsi (*Newton-meter*). Uji coba dilaksanakan dalam dua fase, yakni pengujian tenaga dan torsi serta pengujian penggunaan bahan bakar.

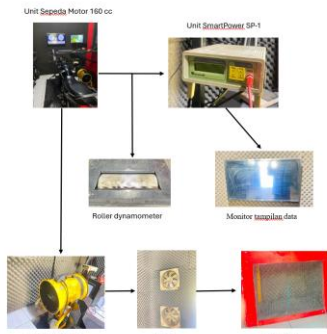
1. Pengujian Daya dan Torsi

Mesin sepeda motor dinyalakan dan dipanaskan selama ± 5 menit sampai mencapai suhu kerja yang ideal. Kemudian, transmisi dipasang pada gigi tertinggi dan tuas gas diperluas sepenuhnya (*full throttle*) dari posisi *idle* sampai mencapai RPM maksimum (*redline*). Selama proses percepatan tersebut, *roller dynamometer* berputar seiring dengan putaran roda belakang, sehingga terjadi pembebanan yang menghasilkan data laju perubahan putaran seiring waktu. Data ini selanjutnya diproses oleh perangkat lunak menjadi grafik daya dan torsi

sebagai fungsi dari RPM mesin. Uji coba dilaksanakan sebanyak 3 kali untuk setiap sampel agar mendapatkan data yang konsisten, dengan variasi kondisi mesin standar dan mesin setelah modifikasi/*tuning* (jika ada), sehingga diperoleh nilai daya maksimum dan torsi maksimum serta RPM ketika kedua nilai tersebut tercapai.

2. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menempatkan gelas ukur berisi bahan bakar dengan volume 100 ml yang terhubung langsung ke saluran bahan bakar menuju karburator atau *injector* sebagai pengganti aliran dari tangki utama. Mesin kemudian dioperasikan pada *roller dynamometer* dengan variasi kecepatan mesin yang tetap, yaitu 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, dan 8000 rpm yang dimodelkan melalui pemberian beban pada *roller* untuk menggambarkan kondisi berkendara yang sesungguhnya. Durasi yang diperlukan untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar pada setiap variasi putaran dicatat dengan menggunakan *stopwatch*, sehingga tingkat konsumsi bahan bakar (ml/menit atau gram/jam) pada setiap level RPM dapat dihitung. Selama pengujian dilakukan, suhu kerja mesin dipertahankan stabil dengan bantuan blower aksial berkapasitas besar yang diarahkan ke bagian depan mesin, sementara gas buang hasil pembakaran dikeluarkan dari ruangan melalui sistem *ducting* ekstraksi yang terpasang di dinding ruang uji, sehingga keadaan pengujian tetap aman dan terkontrol.



Gambar 2. Skema Eksperimen.

Metode Pengukuran

Secara umum, metode pengukuran berbagai besaran penting seperti putaran mesin (RPM), kecepatan roda, daya, dan torsi terhubung secara langsung oleh sistem akuisisi data pada komputer menggunakan perangkat lunak *dynamometer*. Kecepatan roda dan putaran *roller* (RPM) dapat dilihat secara langsung pada tampilan monitor utama dalam bentuk indikator digital serta grafik *real-time*. Sensor RPM (*inductive pickup*) yang dipasang pada sistem pengapian berfungsi untuk mengukur laju putaran mesin, sedangkan *roller dynamometer* dengan *encoder* digunakan untuk mengukur kecepatan roda belakang yang kemudian diubah menjadi nilai daya dan torsi, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Di samping itu, untuk menentukan laju penggunaan bahan bakar, pengukuran dilakukan secara manual dengan gelas ukur berskala yang dipasang sebagai pengganti aliran bahan bakar dari tangki utama, digabungkan dengan *stopwatch* untuk mencatat waktu yang diperlukan dalam menghabiskan volume bahan bakar tertentu pada setiap variasi putaran mesin yang telah ditetapkan. Temperatur mesin selama pengujian diamati secara visual melalui indikator suhu pada panel instrumen sepeda motor, untuk memastikan mesin tetap berada dalam batas suhu kerja normal (*normal operating temperature*) sepanjang proses pengambilan data.

Reduksi Data Eksperimen

Pengujian ini mengukur konsumsi bahan bakar berdasarkan volume bahan bakar yang digunakan saat mesin beroperasi dalam rentang putaran 3000–8000 RPM dengan gelas ukur 100 ml. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan volume bahan bakar pada awal

dan akhir selama periode pengujian 4 menit. Laju konsumsi bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan 1:

$$FC = V_{awal} - V_{akhir} \quad (1)$$

Dimana FC merupakan konsumsi bahan bakar (ml), V_{awal} merupakan volume dari volume awal bahan bakar (ml), dan V_{akhir} adalah volume akhir bahan bakar (ml). Selanjutnya, untuk mendapatkan laju konsumsi bahan bakar terhadap waktu pengujian, digunakan persamaan 2:

$$FCR = \frac{V_{awal} - V_{Akhir}}{t} \quad (2)$$

BSFC yang dihasilkan bergantung pada kapasitas kerja, tinggi tekanan efektif, dan kecepatan putaran mesin, yang dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$BSFC = \frac{15 \times FC \times \rho}{P_b} \text{ (kg/kWh)} \quad (3)$$

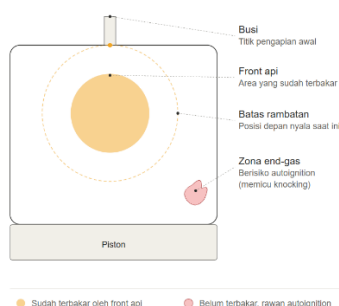
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Pembakaran RON 92 Pada Mesin 160cc

Dalam penelitian ini, RON 92 digunakan sebagai kondisi tetap pada mesin manual 160cc dengan kompresi tinggi (10,0:1–11,5:1). RON 92 digunakan sebagai variabel kontrol untuk memastikan bahwa karakteristik ketahanan knocking dan pola pembakaran serupa dalam setiap pengujian, sehingga perbedaan performa (BHP, torsi, SFC) yang terlihat dapat dihubungkan secara langsung dengan variasi material elektroda busi (standar, platinum, iridium), bukan perbedaan kualitas bahan bakar. Pembakaran RON 92 meliputi penyebaran front api yang dimulai oleh percikan busi setelah campuran udara-bahan bakar terkompresi, seperti yang digambarkan dalam diagram di atas: percikan muncul di titik tengah ruang bakar, kemudian front api menyebar secara radial ke arah dinding silinder. Zona *end-gas* area campuran yang belum terbakar paling jauh dari sumber pengapian mengalami peningkatan tekanan dan suhu akibat kompresi gas hasil pembakaran di sekelilingnya, serta berisiko untuk menyala secara spontan (*autoignition*) jika

front api belum menjangkaunya, yang dapat menghasilkan *knocking* yang berpotensi merusak mesin.

Dibandingkan dengan RON 90, RON 92 mempunyai struktur hidrokarbon yang lebih stabil dan jumlah aditif (deterjen, antioksidan) yang lebih banyak, sehingga *zona end-gas* lebih tahan terhadap *autoignition* pada tekanan dan suhu yang sama. Ini memberikan "periode waktu" lebih lama bagi front api untuk berkembang sepenuhnya sebelum risiko *knocking* muncul, menjadikan RON 92 lebih cocok untuk mesin berkompresi tinggi seperti unit uji ini, dibandingkan RON 90 yang lebih sesuai untuk kompresi rendah menengah (9:1–10:1). Mesin berkompresi tinggi yang menggunakan RON 90 cenderung mengalami knocking lebih cepat, ditandai dengan gejala mesin berat, cepat panas, dan konsumsi bahan bakar yang tinggi seperti yang dijelaskan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Fenomena Fisik Pembakaran.

Tabel 2. Perbandingan Bahan Bakar RON 92 Dengan RON 90.

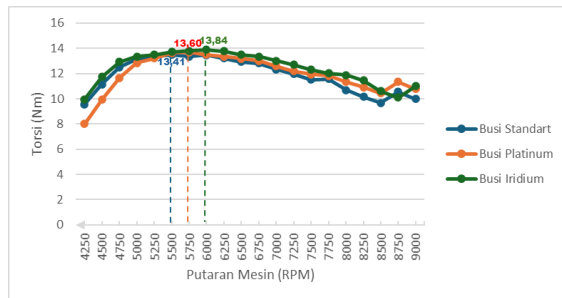
Parameter	RON 90	RON 92	Keterangan/Sumber	Satuan
Research Octane Number (RON)	90	92	Nilai oktan pengujian standar (ASTM D2699)	-
Rasio kompresi mesin yang disarankan	9:1 - 10:1	10:1 - 12:1	Kesesuaian dengan rasio kompresi mesin uji (10,0:1-11,5:1)	-
Ketahanan terhadap knocking	Sedang	Tinggi	RON lebih tinggi = lebih tahan detonasi dini	Kualitatif
Kestabilan kimia bahan bakar	Cukup stabil	Lebih stabil	Kandungan hidrokarbon RON 92 lebih kompleks + aditif antioksidan	Kualitatif

Kandungan aditif (deterjen/antioksidan)	Sedikit	Lebih banyak	Membantu membersihkan ruang bakar & menjaga injektor	Kualitatif
Kecepatan rambat api (flame propagation)	Lebih lambat	Lebih cepat & merata	Pembakaran lebih sempurna pada kompresi tinggi	Kualitatif
Risiko late burning pada RPM tinggi	Lebih tinggi	Lebih rendah	RON tinggi menjaga fase pembakaran tetap optimal	Kualitatif
Estimasi emisi HC & CO	Lebih tinggi	Lebih rendah	Perbedaan emisi rata-rata dilaporkan ~15 ppm	ppm
Estimasi harga bahan bakar	Lebih murah	Lebih mahal	Proses produksi RON 92 lebih rumit	Rp/liter
Contoh produk di Indonesia	Pertalite	Pertamax/Shell Super/ BP 92/Revvo 92	Nama dagang di pasar Indonesia	-

3.2 Karakteristik Pembakaran Variasi Busi dengan RON 92

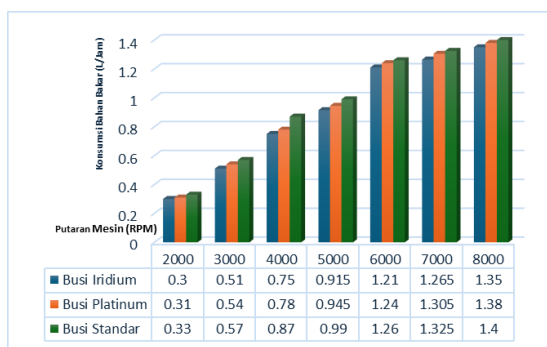
Karakteristik pembakaran pada mesin uji 160cc berkompresi tinggi (10,0–11,5:1) ditentukan oleh interaksi antara stabilitas bahan bakar (RON) dan geometri elektroda busi. Menggunakan RON 92 sebagai variabel kontrol, pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil diameter elektroda busi, semakin cepat dan fokus pembentukan inti nyala (*flame kernel*). Busi standar (2,0–2,5 mm) menghasilkan inti nyala besar namun lambat akibat efek *quenching*, platinum (0,5–0,8 mm) menghasilkan inti nyala sedang yang stabil, sementara iridium (0,4–0,6 mm) menghasilkan inti nyala terkecil dan tercepat. Kecepatan rambat front api busi iridium ini mempersingkat durasi pembakaran, sehingga tekanan puncak silinder tercapai pada waktu yang paling optimal. Hal ini terbukti pada RPM menengah (5500–6000 RPM), di mana busi iridium menghasilkan torsi rata-rata tertinggi sebesar 13,84 Nm, mengungguli platinum (13,60 Nm) dan standar (13,41 Nm) secara signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Peningkatan torsi yang progresif ini sejalan dengan semakin mengecilnya diameter elektroda. Namun, keunggulan geometri ini tidak signifikan pada RPM tinggi (7250 – 7750 RPM) untuk variabel daya maksimum ($p > 0,05$). Hal tersebut terjadi karena faktor mekanikal mesin, seperti efisiensi

volumetrik dan singkatnya siklus pembakaran, mulai mendominasi kerja mesin dibandingkan pengaruh pengapian seperti yang dijelaskan oleh Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Torsi pada 3 Jenis Busi.

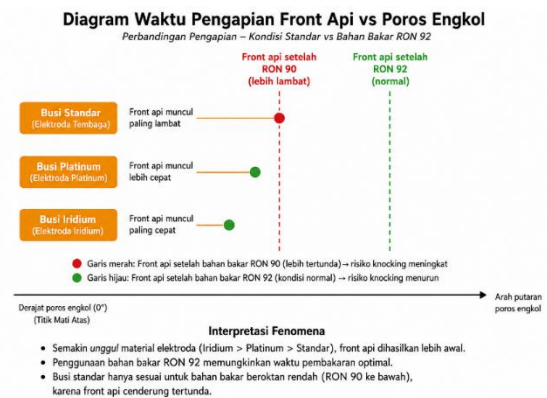
Pola ini juga tercermin pada konsumsi bahan bakar, di mana busi iridium terbukti paling efisien pada RPM rendah hingga menengah (3000–6000 RPM) karena tersedianya waktu pembakaran yang cukup. Memasuki RPM tinggi (7000–8000 RPM), selisih konsumsi bahan bakar menyempit tajam hingga hanya 0,05 L/jam karena semua jenis busi menghadapi keterbatasan fisik dari durasi siklus yang sangat singkat.



Gambar 5. Konsumsi Bahan Bakar 3 Jenis Busi.

Secara konseptual, jika dipasangkan dengan RON 90 yang memiliki ketahanan *autoignition* lebih rendah, risiko terjadinya detonasi (*knocking*) akan meningkat. Busi standar menjadi yang paling rentan memicu *knocking* karena pembakaran yang lambat memberi waktu bagi zona *end-gas* untuk mencapai titik bakar spontan. Sebaliknya, busi iridium tetap menjadi pilihan paling aman karena kecepatan rambat apinya yang tinggi, meskipun margin keamanannya lebih tipis dibandingkan saat menggunakan RON 92. Dengan demikian,

kombinasi RON 92 dan busi iridium merupakan pasangan paling optimal untuk menghasilkan torsi maksimal, efisiensi bahan bakar, serta ketahanan terbaik terhadap *knocking*.



Gambar 6. Garis Waktu Pembentukan Front Api vs Ambang Autoignition.

Diagram di atas (Gambar 6) memvisualisasikan fenomena inti dari bagian ini: garis waktu pembentukan front api ketiga jenis busi dibandingkan dengan titik ambang *autoignition* pada RON 90 (garis merah) dan RON 92 (garis hijau). Ketika busi memercik pada $t = 0$, front api mulai merambat dari titik pusat ruang bakar menuju dinding silinder. Kecepatan perambatan ini berbeda pada tiap jenis busi paling lambat pada busi standar (elektroda tebal, efek quenching besar), sedang pada platinum, dan paling cepat pada iridium (elektroda tipis, inti nyala fokus). Di sisi lain, zona *end-gas* (campuran yang belum terbakar di ujung ruang bakar) memiliki "ambang waktu" tersendiri sebelum ia menyala sendiri (*autoignition*) ambang ini datang lebih cepat pada RON 90 (garis merah, karena ketahanan knock lebih rendah) dan lebih lambat pada RON 92 (garis hijau, karena kestabilan kimia lebih tinggi).

Fenomena *knocking* hanya muncul jika front api belum menjangkau seluruh ruang bakar sebelum ambang *autoignition* pada zona *end-gas* terlampaui. Berdasarkan diagram, busi standar yang dipasangkan dengan RON 90 memiliki risiko tinggi mengalami *knocking* karena front api baru tiba setelah ambang batas bahan bakar tersebut terlewati. Ketika busi standar menggunakan RON 92, kondisinya masih relatif aman karena front api tiba tepat mendekati ambang RON 92 yang memiliki batas lebih

longgar. Sementara itu, penggunaan busi platinum dan iridium terbukti aman pada kedua jenis bahan bakar karena front api mampu tiba jauh sebelum kedua ambang RON terlampaui, dengan busi iridium yang memberikan margin keamanan paling besar. Pola inilah yang menjelaskan mengapa pada hasil pengujian torsi, urutan performa iridium, platinum, standar terbukti signifikan secara statistik ($\rho < 0,05$) karena kecepatan pembentukan front api yang lebih baik memaksimalkan pemanfaatan tekanan pembakaran sebelum piston bergerak menjauh, sekaligus menjaga margin keamanan terhadap knocking pada bahan bakar RON 92 yang digunakan sebagai variabel kontrol dalam penelitian ini.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini menguji pengaruh tiga jenis busi (standar, platinum, dan iridium) terhadap performa daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar pada mesin sepeda motor manual 160cc berkompresi tinggi (10,0–11,5:1) menggunakan bahan bakar RON 92 sebagai variabel kontrol, dan hasilnya menunjukkan bahwa semakin kecil diameter elektroda busi dari standar (2,0 – 2,5 mm), platinum (0,5 – 0,8 mm), hingga iridium (0,4 – 0,6 mm) semakin cepat dan fokus pembentukan inti nyala (*flame kernel*) yang dihasilkan, sehingga mempersingkat durasi pembakaran dan memaksimalkan pemanfaatan tekanan puncak silinder; hal ini terbukti signifikan secara statistik pada variabel torsi, di mana busi iridium menghasilkan torsi rata-rata tertinggi (13,84 Nm) secara signifikan mengungguli platinum (13,60 Nm) dan standar (13,41 Nm) pada RPM menengah ($\rho < 0,05$), namun tidak signifikan pada variabel daya maksimum di RPM tinggi (7250–7750 RPM, $\rho > 0,05$) karena faktor mekanikal mesin seperti efisiensi volumetrik dan singkatnya siklus pembakaran mulai mendominasi dibandingkan pengaruh geometri elektroda busi; pola serupa juga tercermin pada konsumsi bahan bakar, di mana busi iridium paling efisien pada RPM rendah–menengah namun selisihnya menyempit tajam pada RPM tinggi. Secara konseptual, jika dibandingkan dengan RON 90 yang memiliki ketahanan *autoignition* lebih rendah, risiko *knocking* akan meningkat terutama pada busi

standar yang pembentukan front apinya paling lambat, sementara busi iridium tetap menjadi pilihan paling aman berkat kecepatan rambat apinya yang tinggi meski dengan margin keamanan yang lebih tipis dibandingkan saat menggunakan RON 92. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi busi iridium dan bahan bakar RON 92 merupakan pasangan paling optimal untuk mesin sepeda motor manual 160cc berkompresi tinggi, baik dari sisi torsi maksimal, efisiensi bahan bakar pada putaran rendah menengah, maupun ketahanan terhadap fenomena *knocking*, sehingga direkomendasikan sebagai konfigurasi pengapian dan bahan bakar yang paling sesuai untuk aplikasi tersebut, dengan catatan bahwa penelitian lanjutan tetap diperlukan khususnya pengujian langsung RON 90 secara eksperimental serta penambahan jumlah replikasi pada variabel daya untuk memperkuat validitas temuan ini secara lebih menyeluruh.

5. DAFTAR PUSTAKA

- A. Miti., at. E. (2025). Analisa Performa Mesin Motor 4 Langkah 150 CC Injeksi Terhadap Agung Dwi Nugroho. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 6(1), 15–20.
- B Wilantara, I Kholid, Nasrullah, U. N. F. K. (2024). Jurnal E-Komtek Analisis Perbedaan Busi Tembaga , Platinum , dan Iridium terhadap Konsumsi. *Jurnal E-Komtek*, 8(1), 185–190.
- Hutomo, J. W. P. (2024). Pengaruh Variasi Koil dan Busi terhadap Emisi,. *Jurnal Teknik Rekayasa*, 7(2), 60–68.
- M. Al Aziz R, et al. (2023). Kinerja Penggunaan Busi dan Variasi Bahan Bakar pada Mesin Sepeda Motor 4-Tak. *Jurnal International Ilmu Pengetahuan, Teknik, Dan Teknologi Informasi*, 08, 6–10.
- Moustafa, E. B., & Hussein, H. (2025). Enhancing Automotive Performance: A Comparative Study of Spark Plug Electrode Configurations on Engine Behaviour and Emission Characteristics. *Vehicles*, 7(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/vehicles7020055>
- Musa, M. I., Zulhaji, & Darmawang. (2023). Analisis of Spark Plug Usage On Motorcycle Power. *Jurnal Media Elektrik*, 20(2), 98–104.
- Putra, R. C., Mahendra, S., & Yulanto, D. M. (2021). Pengaruh Variasi Busi Dan Bahan Bakar Terhadap Performa Sepeda Motor 4 Tak 110Cc. *Journal of Automotive ...*, 02(2), 10–20.
- Shang, H., Zhang, L., Duan, J., Chen, X., & Chen, B.

- (2022). Experimental Investigation about the Effect of Double-Spark Plug Ignition on Combustion Characteristics for Motorcycle Gasoline Engines with a Mild Lean Mixture. *ACS Omega*, 7(5), 4342–4351. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06130>
- Shi, H., Tang, Q., Uddeen, K., Johansson, B., Turner, J., & Magnotti, G. (2022). Effects of multiple spark ignition on engine knock under different compression ratio and fuel octane number conditions. *Fuel*, 310. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122471>
- Sudrajad., A. et. al. (2022). Jurnal Polimesin performance. *Jurnal Polimesin*, 16(2), 87–92.
- To, Y., Priyono, P., Bianome, W. E., & Manesi, D. (2025). Analisis Eksperimental Pengaruh Groundstrap terhadap Torsi dan Daya Mesin Sepeda Motor 4-Langkah. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 4(2), 91–98. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i2.222>
- Winoko, Y. A., Sudarmanto, J. H., Mesin, T., & Malang, N. (2024). Pengaruh Jumlah Elektroda Ground Busi dan Nilai Oktan pada Performa Mesin Silinder Tunggal. *IJMICE International Journal*, 1(3), 1–13.
- Xu, C., Liu, L., Yang, Y., Kang, Y., & You, Z. (2024). An innovative fracture plugging evaluation method for drill-in fluid loss control and formation damage prevention in deep fractured tight reservoirs. *Fuel*, 358(PA), 130123. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130123>
- Yilmaz, A. C., & Erdem, O. (2025). Correlation between spark plug electrode gap and engine performance-emission characteristics in a single-cylinder petrol engine. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 14(2), 110–122. <https://doi.org/10.18245/ijaet.1671992>