

Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Material Elektroda Busi Terhadap Performa Mesin dan Bentuk Nyala Api Pada Mesin Bensin 113 Sentimeter Kubik (CC)

Muhammad Arsad Al Banjari¹, Feddy Wanditya Setiawan², Danang Yugo Pratomo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Otomotif, Politeknik Hasnur, Indonesia

e-mail: ^{*1}arsyad.polihasnur@gmail.com, ^{*2}feddyws11@gmail.com, ^{*3}d.yugo.pr@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh performa mesin dan bentuk nyala api dengan berbagai jenis material busi pada motor injeksi 113 cc. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimen. Material elektroda busi yang digunakan pada penelitian ini yaitu berjenis nikel, iridium, dan tembaga. Penelitian ini membandingkan hasil performa mesin dari ketiga busi tersebut menggunakan dynotest. Putaran mesin yang diamati yaitu pada 3000 RPM - 5000 RPM. Untuk melihat bagaimana bentuk nyala api serta warna yang dipercikan oleh busi digunakan alat yaitu spark plug tester pada kondisi 3000 RPM dan 5000 RPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk nyala api berpengaruh terhadap performa mesin daya dan torsi. Hasil pada putaran 3000 RPM menunjukkan ukuran luas percikan api pada busi tembaga yaitu 0,542 mm sedangkan pada busi nikel sebesar 0,762 dan busi iridium 1,137 mm. Sedangkan hasil pada putaran 5000 RPM menunjukkan ukuran luas percikan api terhadap busi tembaga yaitu 0,6 mm, pada busi nikel sebesar 0,973 dan busi iridium 1,239 mm. Luasan api tersebut berpengaruh pada performa mesin. Pada 3000 RPM performa busi tembaga tidak jauh dengan busi nikel dan busi iridium. Pada 5000 RPM performa mesin menggunakan busi iridium paling baik sesuai dengan percikan api yang paling luas, selanjutnya busi nikel lalu busi tembaga pada urutan terbawah.

Kata kunci: Performa mesin, Bentuk nyala api, Busi

Abstract: This study aims to determine the effect of engine performance and flame shape with various types of spark plug materials on 113 cc injection motorcycles. The method used is an experiment. The types of spark plug electrode materials used in this study are nickel, iridium, and copper. This study compares the engine performance results of the three spark plug using a dynotest with engine speed at 3000 RPM - 5000 RPM. To see how the shape of the flame and the color sparked by the spark plugs. A tool was used the spark plug tester at 3000 RPM and 5000 RPM. The results showed that the shape of the flame affected the engine power and torque performance. At 3000 RPM, the size of the spark area on the copper spark plug was 0.542 mm while on the nickel spark plug it was 0.762 and the iridium spark plug was 1.137 mm. At 5000 RPM, the size of the spark area for copper spark plugs is 0.6 mm while for nickel spark plugs it is 0.973 and 1.239 mm for iridium spark plugs. The extent of the fire affects the performance of the engine. At 3000 RPM the performance of copper spark plugs is not far from nickel and iridium spark plugs. At 5000 RPM engine performance using iridium spark plugs is best suited to the widest range of sparks, then nickel spark plugs then copper spark plugs at the bottom.

Keywords—Engine Performance, Flame Shape, Spark Plug

Semakin tahun jumlah total kendaraan di jalan mencapai lebih dari satu miliar di seluruh dunia, dan ini jumlahnya terus meningkat setiap harinya. Fakta ini menimbulkan tantangan mobilitas yang penting, dan mendorong ke arah pengurangan konsumsi energi dan emisi CO₂[1]. Padahal penggunaan mesin pembakaran dalam untuk propulsi kendaraan jalan akan berlanjut selama beberapa tahun, karena sangat kecil kemungkinannya seluruh pabrikan akan mengganti

se penuhnya. Dalam jangka pendek dan menengah, kendaraan/motor listrik menjadi solusi ditengah kelangkaan dan cadangan minyak bumi akan habis dan diganti dengan energi yang dapat diperbaharui seperti motor listrik. Oleh karena itu, penelitian tentang mesin pembakaran dalam saat ini semakin banyak, untuk mengurangi dampak lingkungan dan konsumsi energi fosil.

Mesin Pembakaran dalam adalah yang paling umum digunakan untuk motor dan mobil penumpang dan perkembangannya sangat pesat. Saat ini kapasitas mesin bensin diperkecil dan ditambah sistem turbocharging untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan merawat mesin karena menggunakan bahan bakar RON yang tinggi, menggunakan turbocharged mesin gas alam untuk menentukan penambahan hidrogen yang paling sesuai dalam kondisi ramping, dan 20% volume kandungan hidrogen ditemukan memberikan manfaat yang diinginkan[2], [3]. Sistem injeksi GDI (Gasoline Direct Injection) untuk mendapatkan muatan stratifikasi atau homogen di ruang bakar dan sistem VVA (Variable Valve Actuation) yang mengoptimalkan bahan bakar baik saat putaran mesin rendah atau tinggi, serta untuk memungkinkan kerja pemompaan pengurangan pada beban EGR (Exhaust Gas Recirculation)[4].

Sistem pengapian (Ignition System) pada kendaraan berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai dari 12 V menjadi 20 KV atau dengan bantuan ignition coil dan tegangan tinggi tersebut diteruskan ke busi. Sistem pengapian terdiri dari baterai, kunci kontak, ignition coil, kabel tegangan tinggi dan busi. Untuk mencapai campuran bahan bakar yang sempurna, diperlukan suatu mekanisme sistem pengapian yang dapat menyesuaikan dengan kebutuhan mesin di setiap putaran secara berkelanjutan. Percik api busi yang kuat dan akurat akan membakar campuran bahan bakar dan udara secara sempurna dan sesuai dengan waktu yang telah diatur oleh ECU agar tenaga output mesin dapat optimal dan menghasilkan emisi yang rendah [5].

Salah satu komponen sistem pengapian yang dapat diubah yaitu busi. Banyak jenis busi yang beredar dipasaran yaitu jenis busi nikel, platinum, iridium, silver, bahkan busi racing. Berbagai ground pun dibuat untuk meningkatkan performa busi[6]. Selama beberapa dekade terakhir, sejumlah penelitian telah dilakukan untuk memahami efek dari desain busi dalam berbagai aspek. Jumlah elektroda, bentuk, ukuran, bahan, proyeksi celah, merupakan parameter utama pada busi konvensional, pelepasan energinya normal disimpan pada satu titik tetap, atau lebih besar area sementara di busi yang dimodifikasi di mana banyak elektroda digunakan, kemungkinan mendapatkan percikan api yang berputar berbeda elektroda dan poin membantu dalam meningkatkan busi daya tahan dan pembakaran yang lebih baik [7][8][9]. Variasi siklus dalam tekanan efektif rata-rata/IMEP dan tingkat emisi gas buang menjadi pertimbangan dalam penggunaan busi pada mesin bensin[10][11]. Busi harus dapat membakar campuran ramping / lean mixture dan bekerja pada kondisi kinerja yang tinggi[12][13].

Ahmed A. Abdel-Rehim (2012) meneliti tentang pengaruh 4 jenis ground pada busi. Bentuk Ground yang digunakan yaitu 1 ground, 2 ground, 3 ground, dan tidak ada ground. Hasil penelitian menunjukkan bahwa busi dengan ground yang banyak yaitu 2 dan 3 memperlambat rambatan api serta meningkatkan pelepasan panas dan nyala api tidak besar. Busi tidak ada ground menghasilkan performa terbaik dalam rambatan nyala api dan efisiensi termal[6].

Hasil penelitian lainnya tentang pengaruh derajat pengapian terhadap performa dan emisi gas buang pada motor bensin di putaran mesin 3400 RPM. Variasi derajat pengapian yaitu sebelum TMA 41o sampai 10o setelah TMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BMEP (Brake Mean Effective Pressure) dan efisiensi termal tertinggi pada derajat 31o sebelum TMA. BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) cenderung semakin naik saat derajat pengapian mendekati TMA. Emisi gas buang O₂, CO₂, dan CO hampir tidak ada berubah, tapi emisi HC meningkat dan emisi Nox terendah pada 10o TMB. Semakin cepat putaran mesin dan pembukaan throttle motor sangat berpengaruh terhadap performa dan emisi gas buang[14].

Penelitian tentang jenis elektroda busi yaitu nikel, platinum, dan iridium telah dilakukan terhadap performa mesin, yaitu torsi, daya motor, konsumsi bahan bakar spesifik/SFC, efisiensi termal, dan emisi gas buang. Hasil penelitian memperlihatkan pada putaran mesin tinggi sekitar 6000-9000 RPM, performa torsi dan daya tertinggi diperoleh dari busi iridium dan busi platinum. Saat putaran mesin rendah yaitu 4000 RPM, busi nikel menghasilkan nilai torsi tertinggi dibandingkan busi iridium dan busi platinum. Parameter konsumsi bahan bakar spesifik/SFC, pada putaran mesin tinggi 6000-9000 RPM, busi iridium dan platinum hemat dalam konsumsi bahan bakar busi nikel. Saat putaran mesin rendah 4000 RPM busi nikel yang paling hemat bahan bakar. Parameter emisi CO dan HC, pada putaran mesin tinggi yaitu 6000-9000 RPM busi iridium dan platinum memiliki nilai emisi terendah dibanding busi nikel. Pada putaran mesin rendah yaitu 4000 – 5000 RPM busi nikel menghasilkan emisi yang paling rendah dibanding kedua busi lainnya[15]. Dapat disimpulkan untuk motor keseharian yang berjalan di putaran mesin rendah 2000 – 5000 RPM busi nikel menghasilkan nilai torsi dan daya tertinggi, dan konsumsi bahan bakar terendah juga rendah emisi. Tetapi apabila pengemudi motor menginginkan motornya lebih cepat maka mesin harus beroperasi pada putaran mesin tinggi 6000 – 9000 RPM busi platinum dan busi iridium yang memiliki performa mesin terbaik secara keseluruhan.

Sebuah observasi dilakukan untuk mengamati efek elektroda busi konfigurasi pada pembentukan dan pengembangan kernel api, dan pada performa mesin. Ada tiga jenis busi dipilih untuk evaluasi, yaitu busi J-gap standar Elektroda tengah 2,5 mm, busi celah-J dengan elektroda tengah 0,6 mm, dan busi celah permukaan dengan elektroda tengah 0,4 mm. Hasil studi mengungkapkan bahwa busi dengan diameter 0,6 mm elektroda tengah, disebut sebagai busi kawat

halus, mampu untuk menyalakan campuran paling ramping dan merupakan satu-satunya busi yang menunjukkan prediksi MFB (Mass Fraction Burned) dengan fraksi massa 0–2% terendah yang terbakar dan untuk resirkulasi gas buang EGR (Exhaust Gas Recirculation) sebesar 0% dan 20%. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa busi berkawat halus memiliki pengaruh yang signifikan keuntungan dalam kinerja mesin dalam hal stabilitas mesin dan tingkat konsumsi bahan bakar [16].

METODE

Sebagai acuan atau referensi untuk mengerjakan penelitian ini. Metode dalam penelitian ini yaitu eksperimen, dengan menggunakan Dynamometer/Dyno-test sebagai alat untuk mengetahui daya mesin dan torsi yang dihasilkan dari putaran roda. Variabel putaran mesin yaitu dari 3000 RPM sampai 5000 RPM. Penelitian selanjutnya yaitu mengamati warna dari percikan api yang dihasilkan oleh busi, pengamatan dilakukan saat putaran mesin 3000 RPM dan 5000 RPM.



Gambar 1. Pengujian Dynamometer

Keterangan:

- 1: Blower Pendingin Mesin
- 2: Dynamometer/Dyno test
- 3: Roller Dynamometer
- 4: Sepeda Motor Bebek 4 Langkah 113 cc



Gambar 2. Busi Tester dengan knob RPM Mesin

Implementasi

Tahapan proses penelitian pertama yaitu pengujian daya (HP) dan torsi (N.m) Sepeda Motor Bebek 4 Langkah 113 cc. Motor ditaruh diatas alat dynamometer, kemudian menginput data spesifikasi mesin yaitu bore x stroke mesin yaitu 50,0

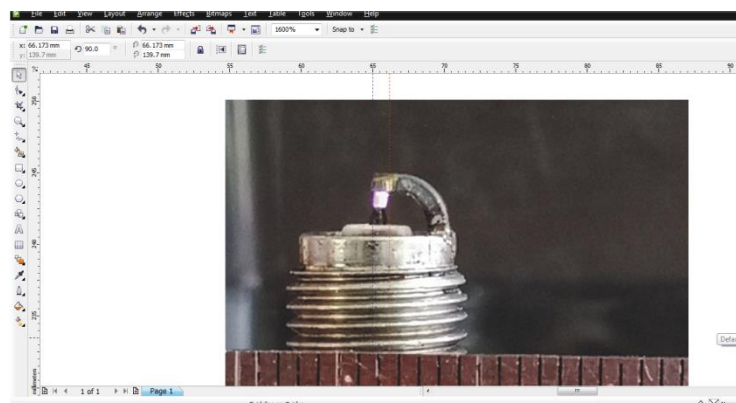
Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Material Elektroda Busi Terhadap Performa Mesin

mm x 57,9 mm dan pengambilan data maksimal pada putaran mesin 5000 RPM. Lalu mekanik melaksanakan kalibrasi alat dynamometer. Selanjutnya melaksanakan pengambilan data dengan busi ke-1 yaitu busi dengan elektroda nikel sampai 6000 RPM. Setelah itu putaran gas diturunkan sehingga data dynamometer menghasilkan grafik performa motor daya (warna pink) dan torsi (warna biru). Mesin dimatikan dan didinginkan dengan blower dalam waktu 5 menit. Lalu busi ke-2 dipasang dan lanjutkan pengambilan data dynamometer. Setelah data dynotest selesai dilanjutkan pengujian busi ke-3.



(a) (b) (c)
Gambar 3. a. Busi dengan elektroda nikel, b. Busi dengan elektroda iridium, c. Busi dengan elektroda tembaga

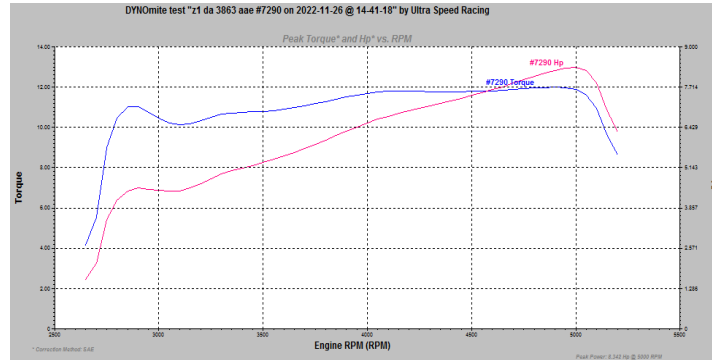
Tahapan proses penelitian kedua yaitu menaruh busi pada spark plug tester dengan knob arah ke 3000 RPM dan 5000 RPM lalu dilakukan pengambilan gambar pada percikan api yang stabil. Pengambilan gambar dilakukan pada tampak depan dan tampak samping agar melihat secara total ukuran dari percikan api pada ketiga busi tersebut. Setelah itu dilakukan pengukuran lebar api dengan menggunakan software Corel Draw x7.



Gambar 4. Contoh pengukuran lebar percikan api pada busi tampak samping dengan nilai 1,173 mm

HASIL

Hasil Dynotest Performa Mesin Menggunakan Busi Elektroda Nikel

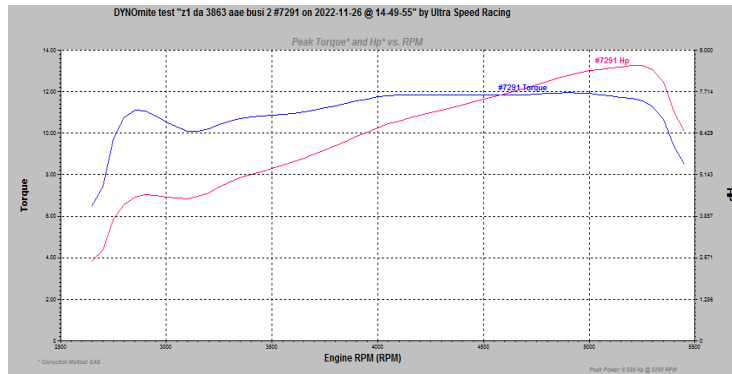


Gambar 5. Grafik Dyno Test Performa Mesin Menggunakan Busi Elektroda Nikel

Tabel 1. Nilai Perubahan Performa Mesin Pada Dyno Test Menggunakan Busi Elektroda Nikel

Putaran Mesin (RPM)	Daya Mesin (Hp)	Torsi (N.m)
2700	2.099	5.531
2800	4.107	10.44
2900	4.486	11.01
3000	4.409	10.46
3100	4.403	10.11
3200	4.639	10.32
3300	4.933	10.64
3400	5.134	10.75
3500	5.306	10.8
3600	5.515	10.91
3700	5.756	11.08
3800	6.025	11.29
3900	6.305	11.51
4000	6.568	11.69
4100	6.785	11.78
4200	6.953	11.79
4300	7.105	11.77
4400	7.267	11.76
4500	7.447	11.78
4600	7.632	11.81
4700	7.837	11.87
4800	8.052	11.94
4900	8.246	11.98
5000	8.342	11.88
5100	7.834	10.94
5200	6.28	8.624

Hasil Dynotest Performa Mesin Menggunakan Busi Elektroda Iridium

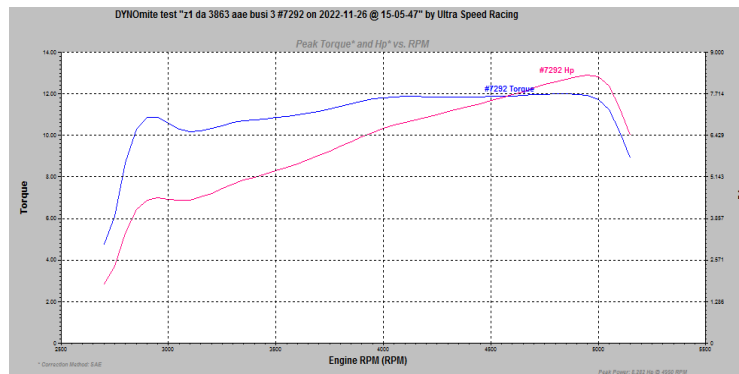


Gambar 6. Grafik Dyno Test Performa Mesin Menggunakan Busi Elektroda Iridium

Tabel 2. Nilai Perubahan Performa Mesin Pada Dyno Test Menggunakan Busi Elektroda Iridium

Putaran Mesin (RPM)	Daya Mesin (Hp)	Torque (N.m)
2700	1.82	4.74
2800	3.404	8.659
2900	4.426	10.87
3000	4.452	10.56
3100	4.431	10.18
3200	4.637	10.32
3300	4.917	10.61
3400	5.134	10.75
3500	5.332	10.85
3600	5.554	10.99
3700	5.799	11.16
3800	6.081	11.39
3900	6.377	11.64
4000	6.633	11.81
4100	6.83	11.86
4200	6.989	11.85
4300	7.154	11.85
4400	7.324	11.85
4500	7.497	11.86
4600	7.679	11.88
4700	7.887	11.95
4800	8.082	11.99
4900	8.238	11.97
5000	8.233	11.73
5100	7.282	10.17

Hasil Dynotest Performa Mesin Menggunakan Busi Elektroda Tembaga



Gambar 7. Grafik Dyno Test Performa Mesin Menggunakan Busi Elektroda Tembaga

Tabel 3. Nilai Perubahan Performa Mesin Pada Dyno Test Menggunakan Busi Elektroda Tembaga

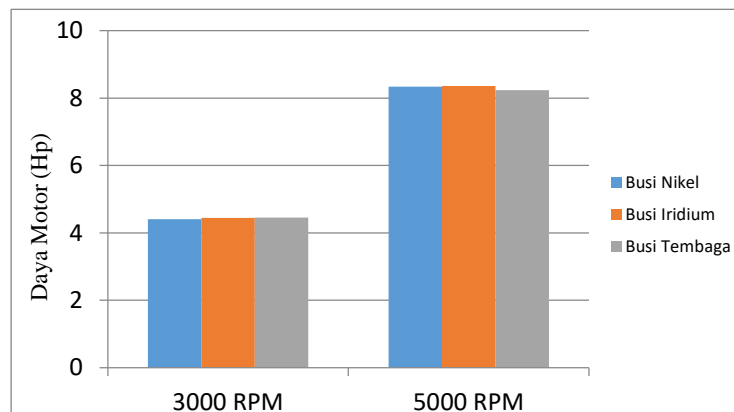
Putaran Mesin (RPM)	Daya Mesin (Hp)	Torque (N-m)
2700	1.82	4.74
2800	3.404	8.659
2900	4.426	10.87
3000	4.452	10.56
3100	4.431	10.18
3200	4.637	10.32
3300	4.917	10.61
3400	5.134	10.75
3500	5.332	10.85
3600	5.554	10.99
3700	5.799	11.16
3800	6.081	11.39
3900	6.377	11.64
4000	6.633	11.81
4100	6.83	11.86
4200	6.989	11.85
4300	7.154	11.85
4400	7.324	11.85
4500	7.497	11.86
4600	7.679	11.88
4700	7.887	11.95
4800	8.082	11.99
4900	8.238	11.97
5000	8.233	11.73
5100	7.282	10.17

Hasil Perbandingan Performa Daya dan Torsi

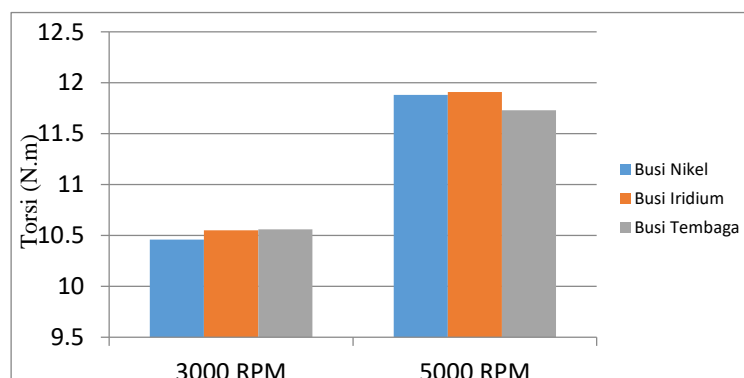
Tabel 4. Perbandingan Performa Daya Mesin Dan Torsi Tertinggi

No	Putaran Mesin (RPM)	Jenis Elektroda	Daya Mesin (Hp)	Torsi (N.m)
1.	3000	Nikel	4.409	10.46
		Iridium	4.445	10.55
		Tembaga	4.452	10.56
2.	5000	Nikel	8.342	11.88
		Iridium	8.362	11.91
		Tembaga	8.233	11.73

Pada Tabel 1, 2, dan 3 yaitu hasil dynotest yang menunjukkan performa daya dan torsi pada mesin injeksi 113 cc. Dilihat dari berbagai putaran mesin terutama saat 2700 RPM, performa paling rendah diperlihatkan pada busi dengan elektroda tembaga dengan daya 1.82 Hp, busi nikel sebesar 2.099 Hp dan busi iridium sebesar 2.822 HP. Performa Torsi pun demikian, busi tembaga memiliki torsi paling rendah yaitu 4.74 N.m, busi nikel mencapai torsi sebesar 5.531 N.m, dan busi iridium sebesar 7.452 N.m. Pada saat putaran mesin 3000 RPM, performa mesin menggunakan busi tembaga mulai meningkat dibandingkan busi nikel dan busi iridium yaitu daya 4.452 Hp dan torsi 10.56 N.m. Pada putaran mesin 4000 RPM, performa mesin menggunakan busi tembaga masih memiliki nilai tertinggi dibandingkan busi nikel dan busi iridium yaitu 6.633 Hp dan torsi 11.81 N.m. Pada putaran mesin 5000 RPM, performa mesin menggunakan busi tembaga sudah tidak sebesar putaran 3000-4000 RPM. Pada putaran mesin 5000 RPM, performa mesin menggunakan busi tembaga masih di bawah busi nikel dan busi iridium yaitu daya 8.233 Hp dan torsi 11.73 N.m.



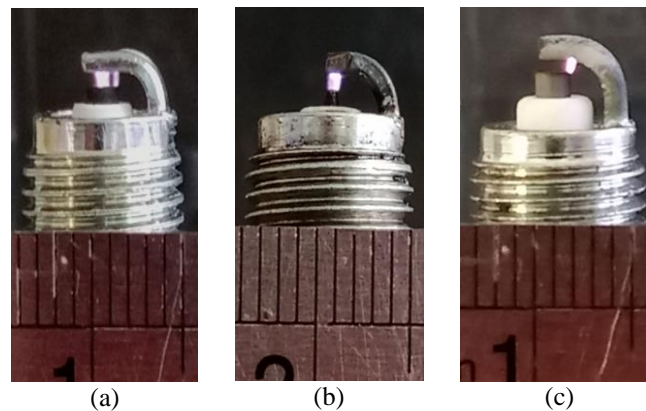
Gambar 8. Perbandingan nilai Daya (HP) pada ketiga jenis elektroda busi



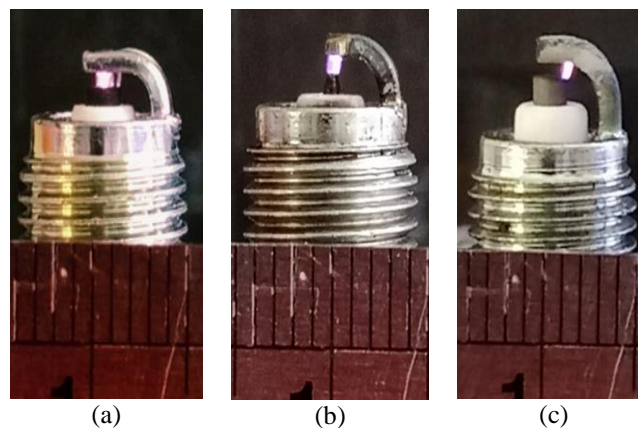
Gambar 9. Perbandingan nilai Torsi (N.m) pada ketiga jenis elektroda busi

Pada Gambar 8 memperlihatkan grafik perbandingan nilai daya pada putaran mesin 3000 RPM dan 5000 RPM. Putaran mesin 3000 RPM busi iridium dan busi tembaga memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding busi nikel. Pada 5000 RPM berkebalikan yaitu busi nikel memiliki nilai daya yang lebih tinggi dibanding busi tembaga dan busi iridium memiliki nilai tertinggi yaitu 8.362 Hp. Pada Gambar 9 memperlihatkan grafik perbandingan nilai torsi. Pada putaran mesin 3000 RPM busi tembaga memiliki nilai tertinggi yaitu 10.56 N.m, terpaut sedikit dengan busi iridium yaitu 10.55 N.m. Sedangkan busi nikel memiliki nilai torsi lebih rendah yaitu 10.46 N.m. sedangkan pada 5000 RPM performa tertinggi dihasilkan oleh busi iridium dengan nilai 11.91 N.m. Jadi pada putaran mesin 3000 – 4000 RPM busi tembaga memiliki performa yang baik. Sedangkan busi iridium memiliki performa yang tinggi pada putaran atas.

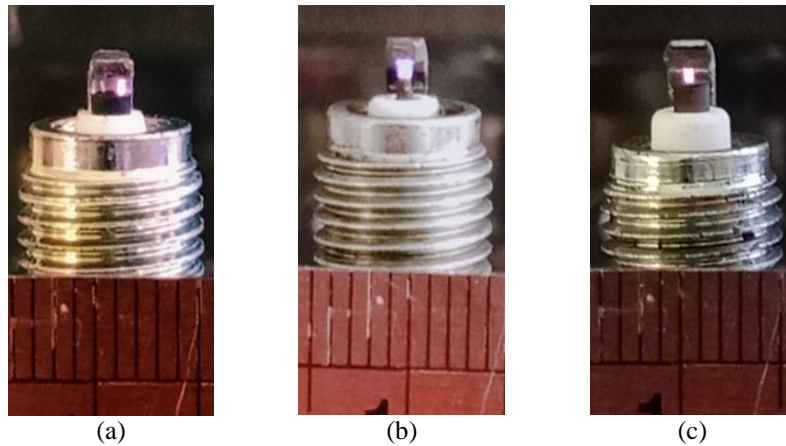
Hasil Pengujian Nyala Api



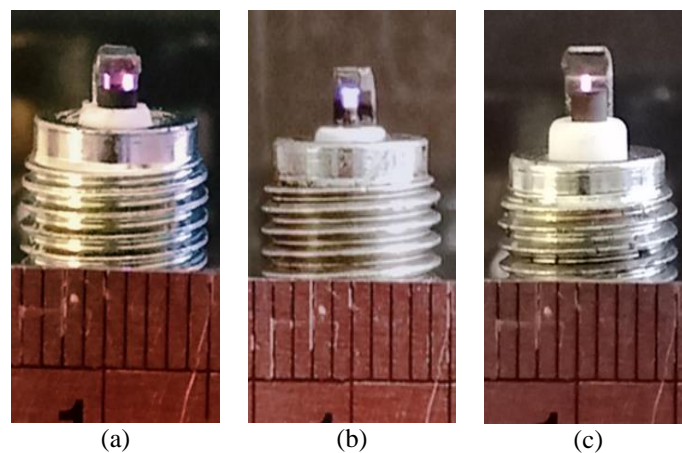
Gambar 10. Visualisasi percikan api tampak samping pada putaran mesin 3000 RPM
(a) elektroda nikel, (b) elektroda iridium, (c) elektroda tembaga



Gambar 11. Visualisasi percikan api tampak samping pada putaran mesin 5000 RPM
(a) elektroda nikel, (b) elektroda iridium, (c) elektroda tembaga



Gambar 12. Visualisasi percikan api tampak depan pada putaran mesin 3000 RPM
(a) elektroda nikel, (b) elektroda iridium, (c) elektroda tembaga



Gambar 13. Visualisasi percikan api tampak depan pada putaran mesin 5000 RPM
(a) elektroda nikel, (b) elektroda iridium, (c) elektroda tembaga

Tabel 5. Perbandingan Ukuran Api pada Putaran Mesin 3000 RPM dan 5000 RPM

No	Putaran Mesin (RPM)	Jenis Elektroda	Ukuran Api (mm)		Total Luas Ukuran Api (pxl)
			Tampak Samping	Tampak Depan	
1.	3000	Nikel	1.486	0.513	0.762
		Iridium	1.303	0.873	1.137
		Tembaga	0,875	0.62	0.542
2.	5000	Nikel	1.547	0.629	0.973
		Iridium	1.405	0.882	1.239
		Tembaga	0.896	0.67	0,600

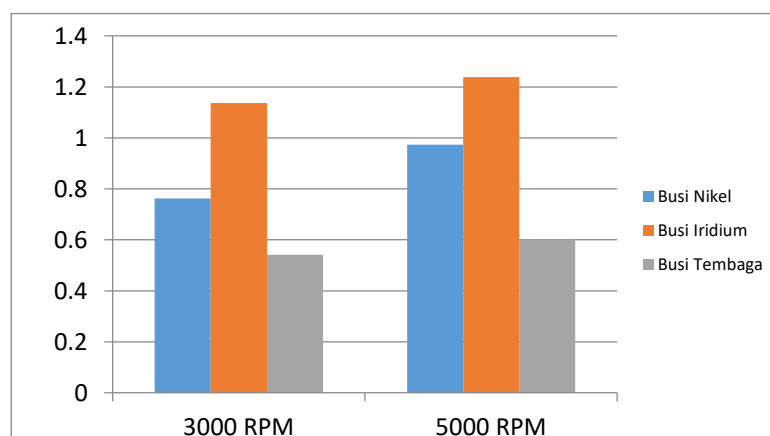
Pada putaran mesin 3000 RPM terlihat bahwa api yang dihasilkan lebih kecil dibanding pada putaran 5000 RPM. Perbedaan pun tidak terlalu jauh, ini dikarenakan ukuran elektroda busi yang hanya berkisar 1 mm sampai 2 mm. Akan tetapi visualisasi percikan api tampak depan dan samping sangat berbeda. Pada Gambar 8 dan Gambar 9 terlihat percikan api tampak samping pada putaran mesin 3000 RPM dan 5000 RPM. Semakin ditambah RPM mesin maka semakin lebar bentuk nyala api.

Pada busi dengan elektroda nikel, bentuk api terlihat lebar yaitu berukuran 1,486 mm, akan tetapi ada percikan muncul di ujung elektroda dan terpisah dari tumpukan nyala api lainnya. Bentuk seperti ini selalu muncul saat pengujian baik pada 3000 RPM dan 5000 RPM. Pada busi dengan elektroda iridium, ukuran api terlihat sedikit lebih kecil daripada nikel yaitu berukuran 1,303 mm akan tetapi nyala api menumpuk di satu tempat dan tidak terpisah serta memiliki warna yang lebih

biru dibanding kedua busi lainnya. Pada busi dengan elektroda tembaga memiliki ukuran api paling kecil dibanding lainnya yaitu berukuran 0,875 mm padahal memiliki ukuran elektroda besar.

Saat dilihat dari sudut depan, bentuk nyala api dari busi dengan elektroda nikel terlihat jauh lebih tipis dibanding busi iridium. Busi dengan elektroda tembaga juga terlihat tipis sama seperti tampak samping. Pada Gambar 12, terlihat bahwa luas ukuran nyala api busi elektroda iridium paling besar walaupun ukuran elektroda nya paling kecil. Hal ini dikarenakan nyala api tampak samping dan tampak depan pada elektroda iridium penuh dengan percikan api, tidak seperti busi nikel dan tembaga memiliki elektroda besar akan tetapi percikan api tidak merata dan tipis.

Perbedaan hasil percikan dari sudut depan dan sudut samping menghasilkan percikan api yang berbeda pula. Dari sudut samping percikan api terlihat besar, sedangkan dari depan rata-rata hasil percikan api kecil. Dari perbandingan hasil dynotest dan hasil pengukuran bentuk nyala api pada ketiga jenis busi tersebut terlihat bahwa ada korelasi antara putaran mesin dengan bentuk api yang dihasilkan. Dari pengujian ketiga busi, performa mesin yang paling rendah yaitu menggunakan busi tembaga. Terlihat korelasi saat performa mesin rendah, ukuran nyala api yang dihasilkan busi juga paling kecil. Sedangkan performa mesin yang paling tinggi yaitu menggunakan busi iridium dengan ukuran nyala api paling besar diantara ketiganya.



Gambar 14. Perbandingan ukuran nyala api pada ketiga jenis elektroda busi

PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil pengujian performa mesin bensin 113 cc dengan perbedaan jenis elektroda busi yaitu nikel, iridium, dan tembaga terlihat performa mesin terbaik dihasilkan oleh busi iridium dengan nilai torsi 11.91 N.m dan daya mesin 8.362 HP pada 5000 RPM. Sedangkan performa mesin terendah dihasilkan oleh busi iridium dengan nilai torsi 11.73 N.m dan daya mesin 8.233 HP pada 5000 RPM. Visualisasi bentuk nyala api dari ketiga busi yaitu nikel, iridium, dan tembaga memiliki ukuran yang berbeda-beda. Busi Iridium memiliki elektroda paling kecil tetapi menghasilkan api yang paling luas dibanding nikel dan tembaga. Sedangkan busi tembaga memiliki elektroda paling besar tetapi menghasilkan luasan api yang paling kecil dibanding nikel. Terdapat korelasi saat percikan api kecil maka menghasilkan performa mesin yang kecil pula. Sedangkan pada luas percikan api besar maka performa mesin yang dihasilkan juga besar.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Syahrul. , N. B. Indarmawan. , S. Sarif. Maulana, “Sistem Klasifikasi Jenis Kendaraan Melalui Teknik Olah Citra Digital,” *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 11, no. 2, pp. 89–99, Sep. 2022.

- [2] C. N. Grimaldi, C. Poggiani, A. Cimarello, M. de Cesare, and G. Osbat, “An Integrated Simulation Methodology of Thermal Management Systems for the CO₂ Reduction after Engine Cold Start,” *SAE International*, Aug. 2015, doi: 10.4271/2015-01-0343.
- [3] S. R. Munshi *et al.*, “Hydrogen Blended Natural Gas Operation of a Heavy Duty Turbocharged Lean Burn Spark Ignition Engine,” Warrendale, Pennsylvania, USA, Oct. 2004. doi: 10.4271/2004-01-2956.
- [4] A. Jain, S. S. Tikar, S. S. Ramdasi, S. S. Thipse, N. v. Marathe, and P. Ekambaram, “Design and Development of Variable Valve Actuation (VVA) Mechanism Concept for Multi-Cylinder Engine,” in *SAE Technical Papers*, Jan. 2015. doi: 10.4271/2015-26-0021.
- [5] Sunyoto, Karnowo, and S. M. B. Respati, *TEKNIK MESIN INDUSTRI JILID 3 SMK*, 3rd ed., vol. 3. Jakarta, Indonesia: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [6] A. A. Abdel-Rehim, “Impact of spark plug number of ground electrodes on engine stability,” *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 307–316, 2013, doi: 10.1016/j.asej.2012.09.006.
- [7] C. Poggiani, M. Battistoni, C. N. Grimaldi, and A. Magherini, “Experimental characterization of a multiple spark ignition system,” in *Energy Procedia*, 2015, vol. 82, pp. 89–95. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.887.
- [8] M. Pasternak, F. Mauss, F. Xavier, M. Rieß, M. Sens, and A. Benz, “0D/3D Simulations of Combustion in Gasoline Engines Operated with Multiple Spark Plug Technology,” in *SAE Technical Papers*, Apr. 2015, vol. 2015-April, no. April. doi: 10.4271/2015-01-1243.
- [9] Z. Özçelik and N. Gültekin, “Effect of iridium spark plug gap on emission, noise, vibration of an internal combustion engine,” *International Journal of Energy Applications and Technologies*, pp. 44–48, Sep. 2019, doi: 10.31593/ijeat.561307.
- [10] D. K. Srivastava and A. K. Agarwal, “Comparative experimental evaluation of performance, combustion and emissions of laser ignition with conventional spark plug in a compressed natural gas fuelled single cylinder engine,” *Fuel*, vol. 123, pp. 113–122, May 2014, doi: 10.1016/j.fuel.2014.01.046.
- [11] A. Moosavian, M. Khazaei, G. Najafi, M. Kettner, and R. Mamat, “Spark plug fault recognition based on sensor fusion and classifier combination using Dempster-Shafer evidence theory,” *Applied Acoustics*, vol. 93, pp. 120–129, 2015, doi: 10.1016/j.apacoust.2015.01.008.
- [12] X. Duan *et al.*, “Numerical investigation the effects of the twin-spark plugs coupled with EGR on the combustion process and emissions characteristics in a lean burn natural gas SI engine,” *Energy*, vol. 206, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118181.
- [13] Y. Shimanokami, Y. Matsubara, T. Suzuki, and W. Matsutani, *Emissions : advanced catalyst and substrates, measurement and testing, and diesel gaseous emissions*. Warrendale, PA, USA: SAE International, 2004.
- [14] J. Zareei and A. H. Kakaee, “Study and the effects of ignition timing on gasoline engine performance and emissions,” *European Transport Research Review*, vol. 5, no. 2, pp. 109–116, Jun. 2013, doi: 10.1007/s12544-013-0099-8.
- [15] G. Setyono and D. S. Kawano, “Pengaruh Penggunaan Variasi Elektroda Busi terhadap Performa Motor Bensin Torak 4 Langkah,” *Jurnal SAINTEK*, vol. 11, no. 2, pp. 69–73, Dec. 2014.
- [16] Y. G. Lee and J. T. Boehler, “Flame Kernel Development and its Effects on Engine Performance with Various Spark Plug Electrode Configurations,” Warrendale, PA, USA, Apr. 2005. doi: 10.4271/2005-01-1133.