

SIMULASI KERENGGANGAN CELAH *SPARK PLUG* SEBAGAI PARAMETER *HEAT RANGE* TERHADAP WARNA PERCIKAN NYALA API

Dedi Usman Effendy^{1*)}, Gatot Soebiyakto²⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Widyagama Malang, Kota Malang

²⁾ Program Studi D3 Mesin Otomotif, Universitas Widyagama Malang, Kota Malang

*Email Korespondensi : soebiyakto@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan IPTEK dari waktu ke waktu mengalami kemajuan pesat terutama teknologi di bidang otomotif. Proses pembakaran sangat berpengaruh terhadap performa *engine*, Banyak sekali penyebabnya antara lain pengapian *spark plug*. Percikan api memiliki karakteristik dari celah busi, warna api, *voltage* dan temperatur yang dihasilkan untuk mencapai proses pembakaran mendekati *stoichiometry* agar pembakaran sempurna. Usaha dilakukan untuk menciptakan performa mesin yang tinggi dan hemat bahan bakar. Pengapian dalam penelitian menggunakan pengapian CDI yang memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan konvensional. Sistem pengapian ini memanfaatkan sumber listrik dari kumparan *coil* untuk meningkatkan tegangan dari 12 volt menjadi 15.000-30.000 volt. Tujuan dari penelitian ini, untuk mengetahui karakteristik *spark plug* dari percikan api yaitu warna nyala api yang dihasilkan sebagai pemicu utama proses pembakaran motor bensin. Secara konseptual mengetahui berbagai jenis tipe yaitu *hot plug* dan *cold plug* yang di jual dipasaran. Metode yang akan dilaksanakan dalam penelitiannya itu mengkaji lebih dalam performa *spark plug* dengan merubah celah busi, mengukur tegangan coil sehingga didapatkan data warna nyala percikan api dan temperatur. Hasil penelitian menunjukkan tegangan dan arus listrik menjadi satu kesatuan yang dihasilkan dari kumparan *coil ignition* dalam menghasilkan energy pembakaran dan warna percikan bunga api seiring dengan meningkatnya temperatur.

Keywords: *spark plug*, percikan api busi, warna api, temperatur, tegangan *coil*.

ABSTRACT

The development of science and technology from time to time has progressed rapidly, especially technology in the automotive sector. The combustion process is very influential on engine performance, there are many causes, including spark plug ignition. Sparks have the characteristics of the spark plug gap, flame color, voltage and temperature produced to achieve a combustion process close to stoichiometry for complete combustion. Efforts are made to create a high performance and fuel efficient engine. The ignition in this study used CDI ignition which has better characteristics than conventional. This ignition system utilizes a power source from the coil to increase the voltage from 12 volts to 15,000-30,000 volts. The purpose of this study was to determine the characteristics of the spark plug from the sparks, namely the color of the flame produced as the main trigger for the gasoline engine combustion process. Conceptually know the various types, namely hot plugs and cold plugs that are sold in the market. The method that will be carried out in his research is to examine more deeply the performance of the spark plug by changing the spark plug gap, measuring the coil voltage so that data on the color of the sparks and temperature are obtained. The results showed that the voltage and electric current became a single unit resulting from the ignition coil coil in producing combustion energy and the color of the sparks as the temperature increased.

Keywords: spark plug, spark plugs, flame color, temperature, coil voltage.

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia otomotif semakin pesat pada era ini, juga diikuti dengan pengembangan serta penyempurnaan komponen penting otomotif terutama meningkatkan daya dan ramah lingkungan. Salah satu komponen yang dikembangkan adalah sistem (*Spark Ignition Engine*) merupakan bagian motor bakar torak. Busi merupakan salah satu komponen yang sangat penting yang memegang dalam proses pembakaran. Pada bagian tengah busi terdapat elektroda yang dihubungkan dengan kabel lilitan penyalu (*Ignition Coil*). Berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api dengan menggunakan tegangan tinggi dari *Ignition Coil*. Bunga api kemudian digunakan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan didalam *silinder*. Jadi dapat disimpulkan bahwa intensitas bunga api ditentukan oleh celah busi, karena celah busi adalah komponen paling utama untuk memercikan bunga api. Untuk itu dilakukan penelitian tentang variasi kerenggangan celah busi terhadap warna percikan api dan temperatur, Dari hasil penelitian simulasi ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan loncatan bunga api khususnya warna nyala api yang baik. Penelitian yang telah dilakukan[1] telah melakukan penelitian tentang dampak kerenggangan celah elektroda busi. Hasil pengamatan rata-rata nilai torsi tertinggi terjadi pada kerenggangan elektroda busi 0,6 mm sebesar 5,88 Nm, terdapat pula perbedaan nilai daya sebesar 5,55 HP pada celah elektroda busi 0.6 mm.

Urgensi penelitian ini adalah memperoleh data performa percikan bunga api pada variasi celah busi, terutama temperatur yang dihasilkan dari perubahan celah busi, warna percikan nyala api busi. Sebagai referensi berkelanjutan dalam mendalami kontur percikan nyala api sebagai langkah awal menentukan performa busi. Adapun permasalahan yang akan diteliti dibatasi dengan lingkup penelitian secara simulasi hanya dengan melihat dan mendokumentasikan hasil gambar nyala api busi dari berbagai parameter yang diamati adalah Percikan nyala api dari busi, voltage dan temperatur.

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini untuk mengetahui performa warna percikan nyala api dari busi dengan temperatur dengan perubahan celah busi yang paling tepat atau ideal dalam memantik proses pembakaran dalam *chamber*.

Dari uraian diatas di susun hipotesa secara umum terhadap karakteristik *spark plug* terhadap perilaku percikan api, dengan adanya karakteristik bunga api busi khususnya warna nyala api di duga ada pengaruh terhadap temperatur dan tegangan voltage, secara umum berpengaruh pada prestasi motor bakar.

Penelitian yang telah dilakukan oleh [1] melakukan penelitian tentang celah busi terhadap konsumsi bahan bakar dan kinerja pada mesin Suzuki Tornado GX. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bertambah lebarnya celah elektroda busi akan meningkatkan konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan. Hasil penelitian [2] menyimpulkan bahwa analisis nyala api berbasis gambar rekaman pembakaran bisa digunakan untuk memprediksi tingkat porositas bahan bakar. Menurut [3] pada pengujian karakteristik percikan bunga api dengan variasi 3 jenis busi, didapatkan hasil bahwa busi *DURATION Double Iridium* merupakan busi terbaik diantara 2 jenis busi lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya percikan bunga api yang cukup konstan dan warna percikan bunga api yang berwarna biru tua dengan kisaran temperatur sekitar 8000-9000 Kelvin sesuai dengan *Colour Temperature*. [4] Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh celah busi 0,4 mm, dengan variasi jenis busi standart, platinum dan iridium terhadap emisi CO dan HC, dimana nilai terendah CO 0,27 % dan HC 98 ppm, celah busi 0,5 mm dimana nilai terendah CO 0,15 % dan HC 46 ppm, celah busi 0,6 mm nilai terendah CO 0,19 % dan HC 24 ppm. Dari hasil penelitian [5] bahwa kerenggangan celah busi akan berdampak pada karakteristik mesin secara umum. Hasil percobaan membuktikan bahwa peningkatan lebar celah busi akan menyebabkan pengembangan nyala api yang lebih baik

dalam waktu yang lebih singkat sekaligus meningkatkan kemungkinan terjadinya misfire. Dari temuan [6] karya ini memberikan panduan yang berguna tentang pemodelan umum percikan penyalan api dan menekankan pentingnya orientasi busi dalam desain dan kalibrasi mesin. Menurut [7] menemukan bahwa area pertumbuhan kernel api meningkat seiring dengan meningkatnya celah busi dan dengan celah busi maksimum, mesin menghasilkan emisi hidrokarbon minimum. [8] Meneliti sistem pengapian (TCI) masih merupakan system pengapian yang dominan diterapkan pada mesin SI. Namun, pengembangan baru dalam mesin SI menuntut energy percikan yang lebih tinggi dan pelepasan yang lebih lama durasi untuk mengatasi kondisi pengapian yang tidak menguntungkan yang disebabkan oleh AFR dalam silinder. Dalam keadaan ini, transfer energi yang lebih tinggi efisiensi system pengapian juga diinginkan. [9] Ketidak cocok an antara celah busi dan pembakaran bahan bakar yang digunakan menyebabkan boomerang dan ketukan. Celah busi telah diselidiki untuk meningkatkan kinerja mesin dengan mengontrol proses pembakaran. [10] Hasil penelitian menunjukkan bahwa celah busi adalah factor utama yang mempengaruhi timbulnya percikan, inisiasi api dan pertumbuhan nyala api. [11] Dalam penelitiannya meninjau kemajuan yang dibuat selama beberapa tahun terakhir dalam penelitian pengapian laser, dikhusus yang bertujuan mewujudkan sumber laser (atau busi laser) dengan dimensi dan properti yang cocok untuk dioperasikan langsung pada mesin. [12] Tegangan terukur dan karakteristik ditemukan sebagai fungsi dari banyak parameter pengapian, beberapa di antaranya adalah: percikan jarak celah, resistansi internal busi dan kawat tegangan tinggi, dan tekanan. Tegangan diukur baik di bagian atas percikan busi atau pada celah percikan. [13] Hasilnya menunjukkan bahwa campuran kurus bahan bakar mudah terbakar yang dipicu percikan dapat diturunkan dengan memodulasi kekasaran permukaan elektroda busi. [14] Sistem pengapian dicirikan dalam hal parameter listrik untuk mengevaluasi percikan daya dan energi sebagai fungsi dari konfigurasi perangkat keras dan kondisi pengoperasian yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilaksanakan proses pembakaran dari percikan nyala api busi dari putaran motor listrik dan sebagai pemasok energi dari accu sebagai pembangkit coil pengapian untuk menaikkan tegangan dari 12 Volt hingga 30,000 Volt untuk dapat membakar bahan bakar dan udara, dengan metode pemodelan atau simulasi sehingga akan terjadi perubahan parameter pada nyala api berupa *heat range*.



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian.

Variabel bebas: Celah busi (Spark plug), variabel ini dinyatakan dalam parameter tegangan voltase dari coil, keduanya diukur dari data hasil pengukuran dan rekaman.

Variabel terikat: analisis nyala api, variabel ini dinyatakan dalam parameter profil nyala api. Nyala api akan difokuskan ditampilkan dalam bentuk profil api kemudian digambar menggunakan program pengolah data Photoshop SC6 atau sejenisnya. Penerapan kerangka konsep yang akan diaplikasikan dan asumsi pada hipotesa penelitian dilakukan dalam bentuk rangkaian kegiatan eksperimental, dan alur penelitian yang telah dilaksanakan padapeta jalan penelitian.

Variabel kontrol: Jenis dan tipe busi yaitu Merk NGK tipe BP 7 HS Jenis busi ini sering digunakan baik pada motor dan mobil serta banyak dijual dipasaran.

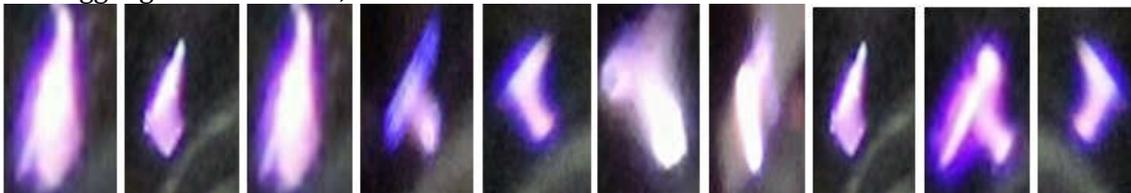
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data pengujian

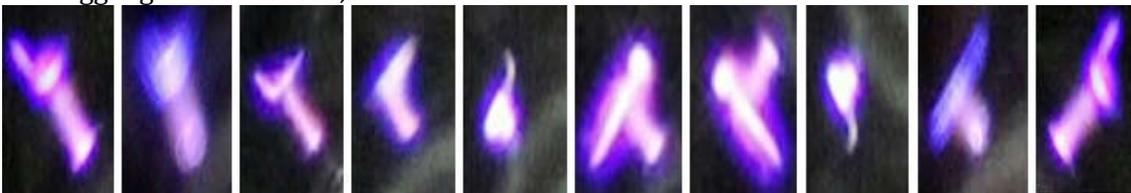
No.	Celah busi (mm)	Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)				Arus (Ampere)				Temperatur (° C)			
			Pengulangan data ke...			Σ	Pengulangan data ke...			Σ	Pengulangan data ke...			Σ
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	0.5	150	2800	3000	2400	2733	2.5	2.8	2.5	2.6	45	46	46	45.66666667
2	0.6		2400	3600	3600	3200	3.2	3.2	3	3.13333	62	64	64	63.33333333
3	0.7		2700	2300	2700	2567	2.7	2.4	2	2.36667	42	43	44	43
4	0.5	300	4300	4500	4400	4400	2.7	2.8	2.8	2.76667	47	48	48	47.66666667
5	0.6		5400	5500	5600	5500	4.6	4.8	4.7	4.7	75	77	78	76.66666667
6	0.7		3700	3800	3800	3767	2.6	2.7	2.5	2.6	46	45	45	45.33333333
7	0.5	600	6700	6700	6800	6733	3.2	3.4	3.5	3.36667	52	53	55	53.33333333
8	0.6		7400	7600	7800	7600	5.8	5.9	5.9	5.86667	79	79	80	79.33333333
9	0.7		6300	6400	6400	6367	2.9	2.8	3	2.9	48	48	49	48.33333333
10	0.5	900	7200	7300	7400	7300	4.2	4.4	4.4	4.33333	56	57	57	56.66666667
11	0.6		8800	8900	8800	8833	6.7	6.9	6.9	6.83333	86	88	89	87.66666667
12	0.7		6700	6600	6500	6600	3.8	3.8	3.7	3.76667	54	53	53	53.33333333

Pengamatan Profil api

Kerenggangan celah busi 0,5 mm



Kerenggangan celah busi 0,6 mm

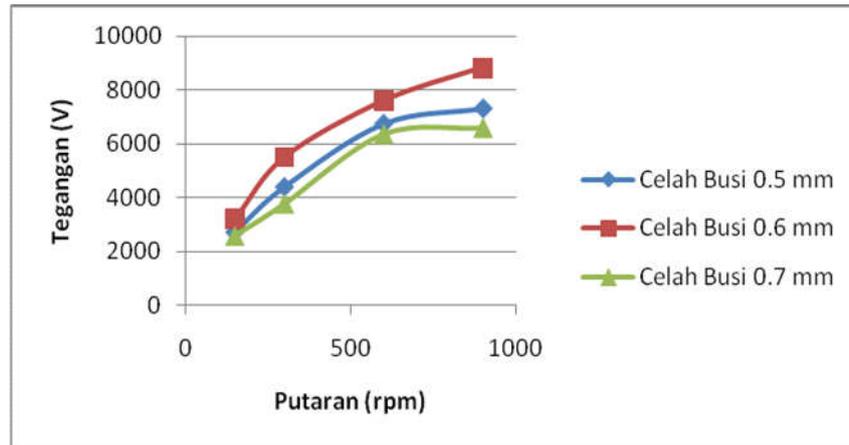


Kerenggangan celah busi 0,7 mm



Gambar 2. Percikan nyala api busi

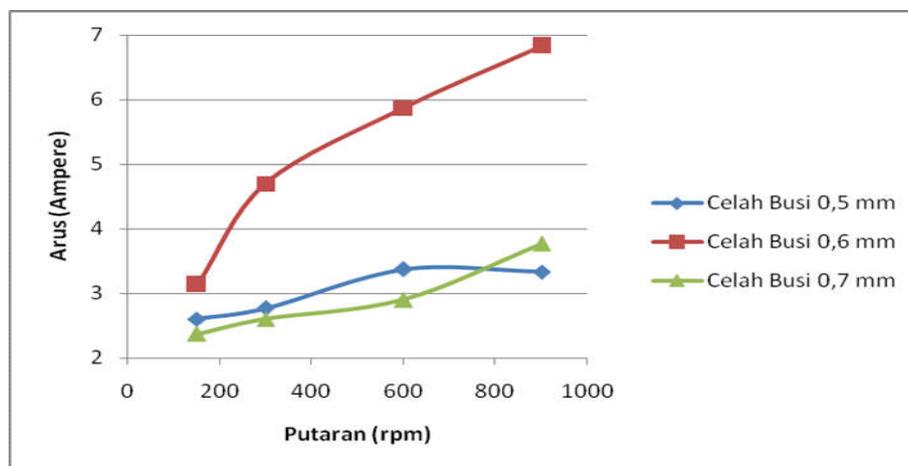
Hubungan putaran terhadap tegangan listrik busi.



Gambar 3. Grafik hubungan putaran terhadap tegangan listrik busi.

Proses pembakaran pada motor bakar dilengkapi peralatan bantu sebagai pemacu tegangan tinggi yaitu kumparan pengapian atau lebih dikenal sebagai *ignition coil* adalah system kumparan yang berfungsi untuk mengubah tegangan primer dari baterai kendaraan bermotor 12 Volt menjadi tegangan sekunder sebesar 15.000 – 30.000 Volt yang cukup kuat untuk membantu proses pembakaran bahan bakar dan udara di ruang bakar (*chamber*). Pada grafik diatas kerenggangan celah busi 0,6 mm lebih baik diantara celah busi ukuran 0,5 mm dan 0,6 mm mencapai 8833 Volt pada putaran mesin 900 rpm (putaran tersebut adalah putaran stationer ideal secara umum).

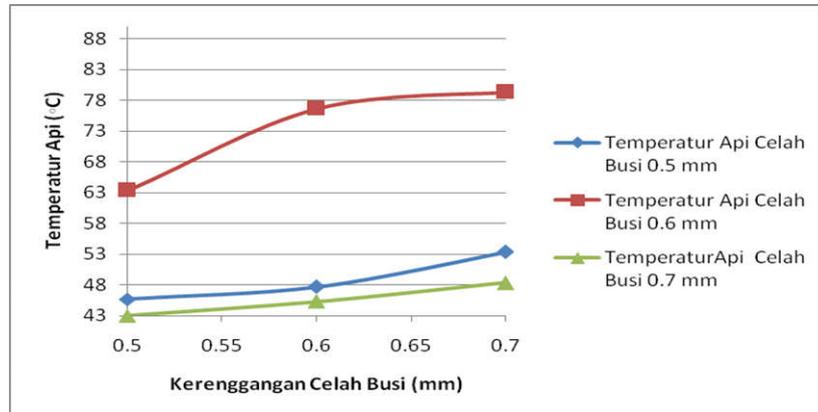
Hubungan putaran terhadap arus listrik busi



Gambar 4. Grafik hubungan putaran terhadap arus listrik busi.

Tegangan dan arus listrik menjadi satu kesatuan yang dihasilkan dari kumparan *coil ignition* dari baterai yang tadinya hanya 12 Volt. Daya bisa dinaikan 10 kV bahkan lebih, seperti yang dijelaskan bahwa untuk menciptakan percikan api dibutuhkan tegangan listrik yang tinggi. Secara umum ada empat jenis system pengapian yang digunakan pada kendaraan bermotor. Di antara keempatnya, pengapian konvensional adalah rangkaian mekatronika sederhana untuk menciptakan percikan api pada busi dengan interval tertentu. Busi akan menciptakan percikan api karena energy listrik dari tegangan yang mengalir tinggi melewati elektroda busi pada tabel pengujian mencapai arus listrik 6,83 Ampere pada celah busi 0,6 mm dengan putaran 900 rpm. Kerenggangan celah busi 0,6 mm adalah paling baik.

Hubungan Kerengangan celah busi terhadap temperature nyala api.

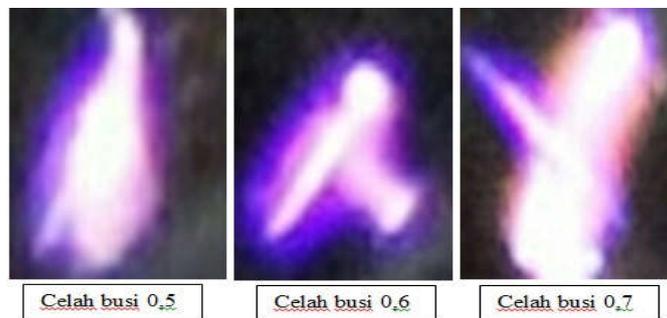


Gambar 5. Grafik Kerengangan celah busi terhadap temperature nyala api.

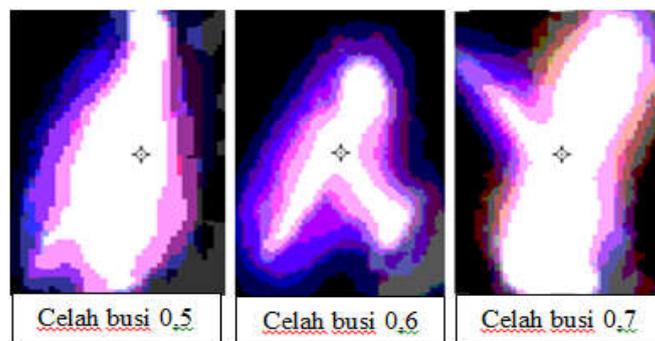
Dari hasil pengujian didapatkan data yang telah di tabulasikan kemudian di buat grafik untuk menganalisis dari tegangan, arus dan profil nyala api dari percikan bunga api dari busi. Ketiga grafik diatas menunjukkan pengaruh daya terhadap variasi kerengangan celah busi terhadap tegangan, arus dan temperatur yang signifikan. Kerengangan celah busi dengan ukuran 0,6 mm yang baik diantara celah busi lainnya terutama heat range mencapai 87,66 °C pada putaran 900 rpm.

Profil percikan nyala api busi.

Dari hasil rekaman dan photo percikan bunga api dari busi sebagai sampel maka di ambil photo nomor 3 dari celah busi 0,5 mm, nomor 6 dari celah busi 0,6 mm dan nomor 9 dari celah busi 0,7 mm adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Profil percikan nyala bunga api busi dari variasi kerengangan celah busi (0,5 mm, 0,6 mm dan 0,7 mm)



Gambar 7. Hasil analisis profil nyala bunga api busi menggunakan software Adobe Photoshop CS6



Gambar 8. Grafik suhu warna

Dari hasil pengujian warna percikan bunga api busi (*heat range*) seperti pada tampilan gambar 5.4 dan gambar 5.5 dapat dianalisis bahwa karakteristik warna percikan bunga api yaitu dari sisi warna, tegangan, arus listrik dan temperatur terjadi pada kerenggangan celah busi 0,6 mm. Fenomena ini dapat ditunjukkan dengan warna nyala api biru lebih dominan disekeliling elektroda busi, hal ini menunjukkan tingkat panas (*heat range*) cukup baik. Pada tabel 5.2. hasil pengujian mencapai 87,66 °C pada putaran 900 rpm, sedangkan pada gambar 5.6 grafik suhu warna berkisar 6500-7500 Kelvin. Sesuai dengan tipe busi yang digunakan yaitu Merk NGK- BP 7 HS termasuk katagori busi tipe dingin (*Cold plug*), hanya tingkat kestabilan saja yang berbeda disebabkan karena variasi kerenggangan celah busi berakibat jangkauan panas mengalami degradasi.

KESIMPULAN

1. Celah busi 0,6 mm lebih baik diantara celah busi lainnya mencapai 8833 Volt pada putaran mesin 900 rpm (putaran tersebut adalah putaran stationer ideal secara umum).
2. Arus listrik menjadi satu kesatuan yang dihasilkan dari kumparan *coil ignition* dari mencapai 6,83 Ampere pada celah busi 0,6 mm adalah paling baik dengan putaran 900 rpm.
3. Kerenggangan celah busi dengan ukuran 0,6 mm yang baik diantara celah busi lainnya terutama *heat range* mencapai 87,66 °C pada putaran 900 rpm.
4. Warna nyala api biru lebih dominan disekeliling elektroda busi, hal ini menunjukkan tingkat panas (*heat range*) cukup baik mencapai 87,66 °C pada putaran 900 rpm

SARAN

1. Penelitian berikutnya perlu dibandingkan macam merk busi yang dijual dipasaran.
2. Peralatan pendukung seperti camera lebih mengarah ke spesifikasi pencahayaan.
3. Alat ukur thermometer lebih ditingkatkan yang lebih valid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini merupakan bagian dari Program Penelitian Internal yang didanai oleh LPPM Universitas Widyagama Malang, melalui SK Rektor No. 54/PTS.030.H1 /Kep./X/2021 tanggal 21 Oktober 2021.

REFERENSI

- [1] Machmud S and Yokie GI, "Dampak Kerenggangan Celah Elektroda Busi Terhadap Kinerja Motor Bensin 4 Tak.," *Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 103–109, 2011.

- [2] G. Soebiyakto, D. U. Effendy, U. W. Malang, K. Malang, U. W. Malang, and K. Malang, "Studi Simulasi Karakteristik Nyala Api Pembakaran Difusi," no. Ciastech, pp. 453–460, 2020.
- [3] E. B. Fiandry, U. M. Yogyakarta, J. Lingkar, S. Tamantirto, and D. I. Yogyakarta, "Pengaruh Penggunaan Variasi 3 Jenis Busi Terhadap Karakteristik Percikan Bunga Api Dan Kinerja Motor Honda Blade 110 Cc Berbahan Bakar Premium Dan Pertamina 95," *J. Tek. Mesin UMY*, pp. 1–6, 2015.
- [4] P. H. Shu-Yi *et al.*, "Analysis of Spark Plug Gap on Flame Development using Schlieren Technique and Image Processing," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 160, no. 1, 2016.
- [5] W. Nuriana, "Analisis celah busi terhadap konsumsi bahan bakar dan kinerja pada mesin suzuki tornado gx 1)," vol. 12, no. September, pp. 61–68, 2011.
- [6] H. Ge and P. Zhao, "Numerical Investigation of the Spark Plug Orientation Effects on Flame Kernel Growth," *SAE Tech. Pap.*, vol. 2019-Janua, no. January, 2019.
- [7] T. Badawy, X. C. Bao, and H. Xu, "Impact of spark plug gap on flame kernel propagation and engine performance," *Appl. Energy*, vol. 191, pp. 311–327, 2017.
- [8] H. Zhu, "Spark Energy and Transfer Efficiency Analyses on Various Transistor Coil Ignition Systems Spark Energy and Transfer Efficiency Analyses on Various Transistor Coil Ignition Systems," 2018.
- [9] A. S. Daut, M. Z. Bahrom, R. Irzuan, A. Jalal, and E. N. Roslin, "Effect of Side Gapping Spark Plug on Engine Performance and Emission," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 6145–6148, 2019.
- [10] A. A. Abdel-Rehim, "Impact of spark plug number of ground electrodes on engine stability," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 307–316, 2013.
- [11] N. Pavel *et al.*, "Laser ignition - Spark plug development and application in reciprocating engines," *Prog. Quantum Electron.*, vol. 58, pp. 1–32, 2018.
- [12] M. J. Lee, M. Hall, O. A. Ezekoye, and R. Matthews, "Voltage, and energy deposition characteristics of spark ignition systems," *SAE Tech. Pap.*, no. 724, 2005.
- [13] M. Morovatiyan, M. Shen, M. Shamsavan, and J. H. Mack, "Investigation of the effect of electrode surface roughness on spark ignition," *ASME 2018 Intern. Combust. Engine Div. Fall Tech. Conf. ICEF 2018*, vol. 1, pp. 1–8, 2018.
- [14] C. Poggiani, M. Battistoni, C. N. Grimaldi, and A. Magherini, "Experimental characterization of a multiple spark ignition system," *Energy Procedia*, vol. 82, no. December, pp. 89–95, 2015.