

## Pengaruh Diameter Belitan *Ground Strap* Terhadap Perbandingan Udara-Bahan Bakar (*AFR*) dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*SFC*) Pada Mesin *Spark Ignition* 150cc

**Marthen Paloboran**

Fakultas Teknik, Prodi Teknik Otomotif  
Universitas Negeri Makassar  
Email: [marthen.paloboran@unm.ac.id](mailto:marthen.paloboran@unm.ac.id)

**Thesya Atarezcha Pangruruk**

Fakultas MIPA, Prodi Statistika  
Universitas Mulawarman  
Email: [tesyatareskaaa@fmipa.unmul.ac.id](mailto:tesyatareskaaa@fmipa.unmul.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pemberian *groundstrap* pada kabel busi dengan variasi diameter belitan *groundstrap* masing-masing 0.3, 0.6 dan 0.9 mm. Pengujian dilakukan pada mesin *spark ignition* silinder tunggal 150 cc. Mesin dioperasikan pada kondisi *Wide Open Throttle* (WOT) dan dijalankan pada kecepatan 2000 – 7000 rpm dengan interval 1000 rpm. Panjang belitan *ground strap* yang dibuat pada kabel busi adalah 23 cm dengan diameter dan panjang kabel busi masing-masing adalah 0.8 mm dan 23 cm. Data yang dikumpulkan adalah hasil pengujian kinerja mesin pada kondisi standar dan pada masing-masing variasi diameter *ground strap*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil diameter *ground strap* maka kinerja mesin akan semakin meningkat. Pemberian *gound strap* pada kabel busi sangat berdampak pada penurunan konsumsi bahan bakar jika dibandingkan dengan mesin tanpa menggunakan *ground strap*, yaitu rata-rata sebesar 4.451%, sedangkan, nilai perbandingan udara bahan bakar terjadi deviasi dari kondisi stoikiometri yaitu sebesar 9.25% pada belitan terbaik yaitu 0.3 mm. Pemasangan *ground strap* pada kabel busi juga memicu peningkatan torsi dan daya mesin masing-masing adalah 5.91% dan 6.22% secara rata-rata.

**Kata kunci:** *Ground strap, Spark ignition, Belitan, Kabel busi, Air fuel ratio, Specific fuel consumption*

### ABSTRACT

The primary objective of this study is to evaluate the impact of providing a ground strap on the spark plug cable with varying diameters of the ground strap winding at 0.3, 0.6, and 0.9 mm. The evaluation was conducted on a 150 cc single-cylinder spark ignition engine. The engine was operated under Wide Open Throttle (WOT) conditions, with a speed ranging from 2000 to 7000 rpm in increments of 1000 rpm. The length of the ground strap winding on the spark plug cable was 23 cm, while the diameter of the spark plug cable was 0.8 mm, and its length was 23 cm. The data collected were the engine's performance results under standard conditions and at each variation of the ground strap diameter. The findings revealed that the smaller the ground strap diameter, the greater the improvement in engine performance. The provision of a ground strap on the spark plug cable significantly reduces the engine's specific fuel consumption compared to the engine without a ground strap, with an average reduction of 4.451%. Additionally, the air-fuel ratio value deviates from the stoichiometric condition by 9.25% at the best winding of 0.3 mm. On average, installing a ground strap on the spark plug cable also results in an increase in torque and engine power by 5.91% and 6.22%, respectively.

**Keywords:** *Ground strap, Spark ignition, Winding, Spark plug cable, Air fuel ratio, Specific fuel consumption*

## 1. PENDAHULUAN

Krisis energi fosil akan menjadi permasalahan terbesar terhadap penyediaan energi untuk kehidupan manusia terutama pada sektor transportasi. Konsumsi energi pada sektor transportasi di Indonesia adalah sebesar 36,74% dari total konsumsi energi pada tahun 2023 yang dominan masih bersumber dari energi fosil [1]. Jumlah tersebut diperkirakan akan terus meningkat akibat pertambahan populasi, faktor ekonomi dan sosial masyarakat modern di masa yang akan datang [2]. Sementara itu, cadangan energi fosil khususnya minyak dunia terus menurun termasuk di Indonesia. Ketersediaan minyak fosil di Indonesia hanya mampu bertahan hingga 12 tahun ke depan sejak tahun 2022, jika tidak ditemukan lagi sumur-sumur minyak baru [3]. Lebih dari itu penggunaan bahan bakar fosil berdampak buruk bagi lingkungan dengan meningkatnya emisi hidrokarbon di atmosfer yang memicu pemanasan global. Pertambahan jumlah penduduk dan pola hidup angkatan kerja di Indonesia yang meningkat turut berkontribusi terhadap peningkatan emisi hidrokarbon khususnya pada sektor transportasi [4].

Berdasarkan hal di atas, berbagai cara dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, mulai dari penggunaan bahan bakar terbarukan dan ramah lingkungan, penggunaan energi listrik, fuel cell sampai melakukan modifikasi pada komponen sistem bahan bakar dan sistem penyalan mesin. Salah satu sistem penyalan bahan bakar yang

paling berperan dalam proses pembakaran utamanya untuk mesin bensin adalah busi atau *spark plug*. Busi berfungsi untuk menghantarkan energi pengapian ke ruang bakar yang dihasilkan dari percikan bunga api antara elektroda pusat dan elektroda pentanahan [5]. Elektron yang mengalir dalam elektroda bersumber dari arus tegangan tinggi antara 10-15 kV, sehingga kestabilan arus senantiasa terjaga untuk menjamin kontinuitas arus elektoda, melalui pemilihan busi yang baik dan penggunaan jenis kawat penghantar yang memadai [6].

Dalam banyak penelitian menunjukkan bahwa kualitas kawat busi sangat menentukan kinerja dan emisi mesin selain kualitas bahan bakar sendiri. Penelitian yang dilakukan oleh Sebastian Rozowicz [7] menunjukkan bahwa kawat penghantar busi yang baik akan mencegah terjadinya kebocoran arus dan tegangan serta kerusakan sehingga pelepasan energi listrik ke ruang bakar menjadi lebih baik. Kualitas kawat busi setidaknya dipengaruhi oleh jenis dan dimensi kawat busi yang meliputi panjang dan diameter. Metode lain yang bisa digunakan untuk menjaga kestabilan hantaran arus induksi pada kawat busi adalah menggunakan *ground strap*. Kinerja mesin dengan jenis kawat *ground-strap* yang berbeda telah dilakukan oleh Hardian et al. [8]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kawat perak pada *ground strap* akan menghasilkan torsi dan daya mesin yang lebih baik dibandingkan kawat tembaga dan kawat standar pabrikan.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Kadek et al. [9] membuktikan bahwa penggunaan *ground strap* pada kabel busi mampu menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata sebesar 27.12%, yaitu dari 0.059 kg/kW.h menjadi 0.043 kg/kW.h. Pada penelitian yang sama emisi pembakaran menurun rata-rata sebesar 80.3%, 82.3% dan 36.7% masing-masing untuk emisi HC, CO dan CO<sub>2</sub>. Hal yang sama dilakukan oleh Yoga Prayogi [10] pada motor injeksi 125 cc dengan variasi diameter dan jumlah belitan *ground strap*. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar diameter dan semakin banyak jumlah belitan *ground strap*, maka akan semakin rendah emisi CO, HC dan NO<sub>x</sub> yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dibandingkan dengan tanpa menggunakan *ground strap*. Penelitian yang hampir sama juga dilakukan oleh Paloboran et al. [11] yang memasang instalasi *ground strap* pada kabel busi dengan variasi jumlah dan diameter belitan masing-masing adalah 260, 155 dan 103 lilitan untuk diameter 0.3, 0.6 dan 0.9 mm.



**Gambar 1. Proses pengujian dan pengambilan data penelitian**

Penelitian ini adalah pengembangan dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan penekanan pada nilai perbandingan udara bahan bakar (AFR) dan nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC). Perbandingan udara bahan bakar stoikiometrik adalah massa (kg) udara yang dibutuhkan untuk membakar habis setiap kilogram bahan bakar [12]. Oleh karena itu pada kondisi stoikiometrik diharapkan seluruh bahan bakar yang terbakar seluruhnya menghasilkan energi. Semaksimal mungkin energi yang dihasilkan menjadi energi berguna dan meminimalkan kerugian energi baik kerugian energi gesek maupun kerugian energi melalui perpindahan panas. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) menyatakan kuantitas jumlah laju aliran massa bahan bakar yang dibutuhkan untuk membangkitkan setiap satu kilowatt energi [13]. Dengan demikian semakin kecil nilai SFC maka semakin efisien proses pembangkitan energi pada mesin.

## 2. METODOLOGI DAN EXPERMENTS SET-UP

Mesin uji yang digunakan adalah mesin 4 tak silinder tunggal jenis *spark ignition* dengan spesifikasi ditunjukkan dalam Tabel 1. Sementara itu bahan bakar yang digunakan adalah jenis pertalite dengan sifat dan karakteristik ditunjukkan dalam Tabel 2. Diameter kabel busi yang digunakan adalah 8 mm dengan panjang 35 cm, sementara yang diberi lilitan *groundstrap* sepanjang 23 cm. Terdapat 3 jenis variasi diameter lilitan *groundstrap*

yang digunakan dalam pengujian ini, yaitu 0.3 mm, 0.6 mm dan 0.9 mm. Jenis belitan yang digunakan adalah kawat tembaga dengan nilai konduktivitas termal sebesar 390 W/m<sup>2</sup>K. Tahapan pengujian dimulai dengan menempatkan mesin uji pada sebuahudukan dimana roda belakang mesin/motor dikopel dengan perangkat dyno test (waterbreak dynamometer) untuk mengukur, torsi, rpm dan daya poros. Selanjutnya mesin dihidupkan dengan kondisi WOT yang selanjutnya kecepatan mesin diatur menggunakan bukaan katup air untuk mencapai putaran mesin yang diinginkan (2000 – 7000). Pada setiap putaran mesin data-data seperti AFR, daya, torsi, rpm dicatatkan baik ketika mesin tanpa ground-strap maupun dengan menggunakan ground-strap pada 3 variasi diameter. Setiap pengujian dilakukan repetisi sebanyak 3 kali untuk menjamin validitas data yang dihasilkan. Seluruh data pengujian yang terukur dalam penelitian ini langsung ter-display pada layar monitor seperti terlihat dalam Gambar 1.

**Tabel 1. Spesifikasi Mesin Uji**

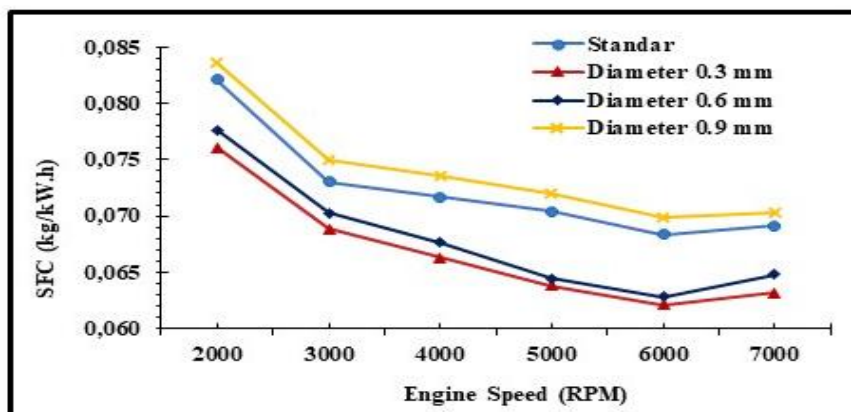
| <i>Nama Komponen</i>             | <i>Spesifikasi</i>             |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <i>Jenis Mesin</i>               | <i>4 tak, SOHC</i>             |
| <i>Volume langkah</i>            | <i>149.33 cc</i>               |
| <i>Diameter langkah</i>          | <i>57.3 x 57.9 mm</i>          |
| <i>Sistem suplai bahan bakar</i> | <i>PGM-FI (sistem injeksi)</i> |
| <i>Rasio kompresi</i>            | <i>10.6 : 1</i>                |
| <i>Daya Maksimum</i>             | <i>9.7 kW</i>                  |
| <i>Torsi Maksimum</i>            | <i>13.4 N.m</i>                |

**Tabel 2. Sifat dan Karakteristik Bahan Bakar Gasoline [14]**

| <i>Sifat dan Properti</i>                | <i>Nilai</i>          |
|------------------------------------------|-----------------------|
| <i>Komposisi unsur C, H, O (% massa)</i> | <i>86, 14, 0</i>      |
| <i>RON</i>                               | <i>90 – 100</i>       |
| <i>Kandungan oksigen, (% massa)</i>      | <i>0</i>              |
| <i>LHV (MJ/kg)</i>                       | <i>42.4</i>           |
| <i>Panas penguapan</i>                   | <i>223.2 – 349</i>    |
| <i>AFR</i>                               | <i>14.6</i>           |
| <i>C/H (%)</i>                           | <i>0.44 – 0.55</i>    |
| <i>Densitas (kg/m<sup>3</sup>)</i>       | <i>730</i>            |
| <i>Kelarutan (mL/100 mL air)</i>         | <i>&lt; 0.1</i>       |
| <i>Titik nyala (°C)</i>                  | <i>-45 sampai -38</i> |
| <i>Titik didih (°C)</i>                  | <i>25 – 225</i>       |
| <i>Laminar flame speed (cm/s)</i>        | <i>33 – 34</i>        |
| <i>Reid vapor pressure (kPa)</i>         | <i>53 – 102.4</i>     |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh Diameter Ground Strap Terhadap SFC



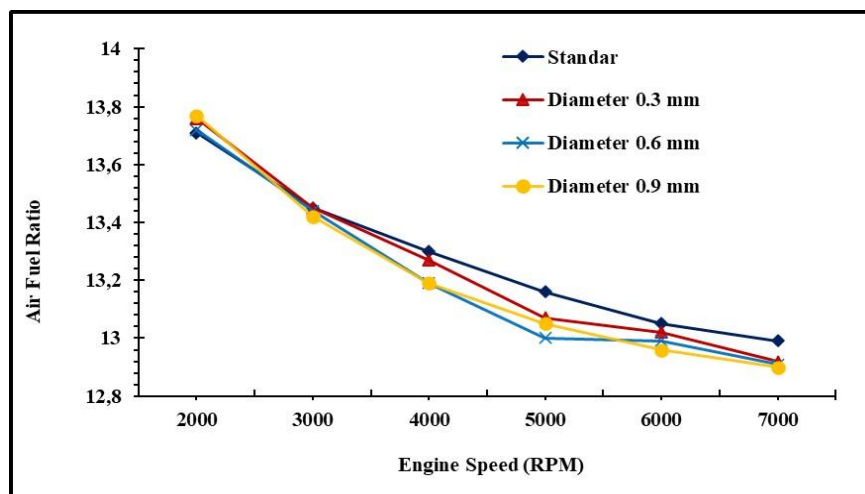
**Gambar 2. SFC mesin tanpa ground strap dan menggunakan ground-strap dengan variasi diameter**

Efek diameter lilitan groundstrap terhadap laju konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) ditunjukkan dalam Gambar 2. Dalam gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar diameter *ground strap* yang digunakan pada kabel busi, maka laju aliran konsumsi bahan bakar juga semakin meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar diameter *ground strap* maka kuantitas kehilangan elektron dalam penampang penghantar semakin besar. Hal ini menyebabkan menurunnya kuat arus ke busi semakin menurun sehingga percikan bunga api pada busi juga rendah. Hal ini akan berdampak pada laju aliran massa bahan bakar yang semakin meningkat untuk menghasilkan

setiap kilowatt energi. Pada gambar juga ditunjukkan bahwa kabel busi yang tidak diberi lilitan *ground strap* akan membutuhkan bahan bakar yang lebih besar untuk membangkitkan setiap satu kilowatt energi di bandingkan dengan kabel busi yan diberi *ground strap* diameter 0.3 dan 0.6 mm. Terjadi penurunan nilai *SFC* sebesar 4.45% jika kabel busi diberi belitan *ground strap* 0.3 mm dibandingkan tanpa diberi *ground strap*.

### 3.2 Pengaruh Diameter Ground Strap Terhadap AFR

Pengaruh diameter *ground strap* terhadap nilai perbandingan udara dan bahan bakar ditunjukkan dalam Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar diameter *ground strap* maka nilai *AFR* semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh aliran udara ke ruang bakar makin menurun karena temperatur ruang bakar meningkat akibat jelaga sisa pembakaran masih menyimpan baraa api. Jelaga tersebut dihasilkan dari sisa bahan bakar yang tidak terbakar secara tuntas karena kondisi pembakaran tidak stoikiometrik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian belitan *ground strap* pada kabel busi akan menurunkan nilai *AFR*. Penurunan nilai *AFR* seiring meningkatnya putaran mesin, yang diakibatkan oleh temperatur ruang bakar yang makin meningkat dengan naiknya kecepatan mesin, sehingga tekanan ruang bakar meningkat dan aliran udara ke ruang bakar menjadi berkurang.



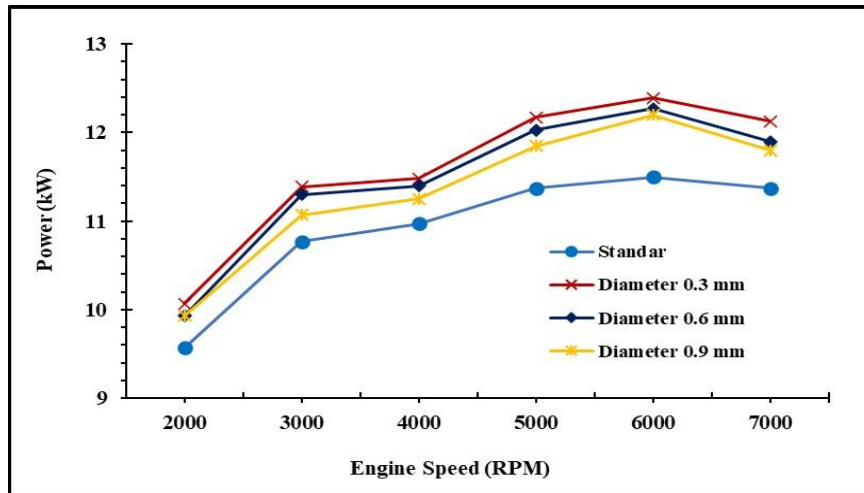
Gambar 3. AFR mesin tanpa *ground strap* dan menggunakan *ground-strap* dengan variasi diameter

### 3.3 Pengaruh Diameter Ground Strap Terhadap Daya Mesin

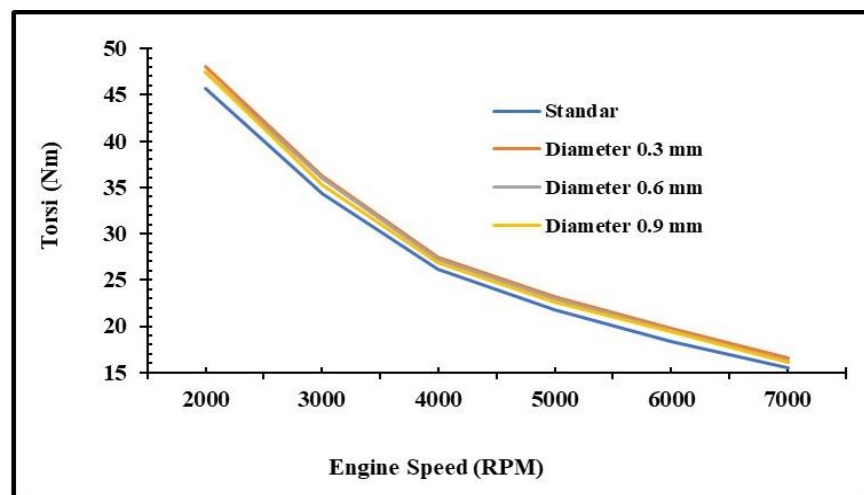
Pengaruh pemberian *ground strap* dan variasi perubahan diameter groundstap ditunjukkan dalam Gambar 4. Gambar tersebut menjelaskan bahwa pemberian *ground strap* pada kawat busi akan meningkatkan daya mesin, dan semakin kecil diameter belitan *ground strap* akan semakin meningkatkan daya mesin. Hal ini dikarenakan semakin kecil diameter belitan, maka *ground strap* akan berfungsi sebagai isolator untuk menangkap dan mengarahkan elektron-elektron bebas akibat aliran induksi dari sumber tegangan tinggi di spul. Peningkatan daya mesin akibat pemasangan belitan *ground strap* pada diameter 0.3 mm adalah sebesar 6.22 % dibandingkan jika tidak diberi *ground strap*. Gambar 4 juga mendeskripsikan bahwa daya mesin akan semakin meningkat dengan naiknya kecepatan mesin. Hal ini disebabkan, suplai udara ke ruang bakar makin meningkat dengan naiknya putaran mesin, dan akan menurun jika temperatur ruang bakar meningkat sehingga memperbesar kerugian gesek pada komponen mesin yang bergerak.

### 3.4 Pengaruh Diameter Ground Strap Terhadap Torsi Mesin

Pengaruh pemberian belitan *ground strap* pada kebel busi terhadap torsi mesin ditunjukkan dalam Gambar 5. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pemberian belitan *ground strap* pada kabel busi berpengaruh terhadap perubahan torsi mesin, dimana semakin kecil diameter belitan *ground strap* maka akan semakin meningkat torsi mesin. Dibandingkan dengan kabel busi yang tanpa *ground strap*, terjadi peningkatan torsi mesin sebesar 5.91% jika diberi *ground strap* dengan diameter belitan 0.3 mm. Kecenderungan yang ditunjukkan dalam Gambar 5 menggambarkan trend yang hampir sama dengan nilai *AFR* pada Gambar 3. Hal ini membuktikan bahwa nilai perbandingan udara dan bahan bakar dalam sebuah mesin pembakaran dalam sangat berpengaruh terhadap torsi mesin, dimana torsi mesin akan meningkat jika nilai *AFR* sama atau mendekati nilai stoikiometrik demikian pula sebaliknya.



Gambar 4. Daya mesin tanpa *ground strap* dan menggunakan *ground-strap* dengan variasi diameter



Gambar 5. Torsi mesin tanpa *ground strap* dan menggunakan *ground-strap* dengan variasi diameter

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini sangat penting dan memberi kontribusi yang signifikan terhadap berbagai upaya yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, khususnya pada penggunaan bahan bakar fosil. Pemasangan belitan *ground strap* dimaksudkan untuk mengurangi rugi-rugi arus induksi yang dihasilkan dari sumber tegangan tinggi di spul sehingga aliran arus yang menuju busi dapat menghasilkan loncatan bunga api yang kuat. Gerakan acak yang sangat tinggi di sekitar kabel busi berpotensi menghasilkan kerugian arus yang tinggi pula sehingga pemasangan *ground strap* akan berfungsi ganda, selain sebagai isolator juga berfungsi sebagai pengarah arus yang acak sehingga alirannya akan cenderung laminar.

Penggunaan *ground strap* pada kabel busi berdampak pada penurunan konsumsi bahan bakar spesifik masing-masing adalah 0.0091 kg/kW.h dan 0.0070 kg/kW.h untuk diameter 0.3 dan 0.6 mm, sedangkan pada diameter 0.9 mm nilai *SFC* meningkat sebesar 0.0090 kg/kW.h dari keadaan tanpa belitan *ground strap* yaitu 0.2034 kg/kW.h. Sementara itu, nilai *AFR* pembakaran semakin kecil dari kondisi stoikiometri dengan pemasangan *ground strap* pada kabel busi. Nilai *AFR* juga akan semakin mengecil jika diameter belitan *ground strap* semakin diperbesar, dimana kondisi yang paling mendekati kondisi standar adalah pada belitan 0.3 mm.

Hasil penelitian ini juga telah membuktikan bahwa *ground strap* akan meningkatkan daya dan torsi mesin. Daya mesin meningkat secara rata-rata sebesar 0.68, 0.55 dan 0.43 kW untuk diameter 0.3, 0.6 dan 0.9 mm, jika dibandingkan dengan kabel busi tanpa *ground strap* yang menghasilkan daya mesin rata-rata yaitu, 10.93 kW. Demikian halnya dengan torsi mesin, terjadi peningkatan secara rata-rata masing-masing adalah 1.59, 1.27, dan 0.99 Nm untuk diameter 0.3, 0.6 dan 0.9 mm, jika dibanding dengan torsi mesin tanpa *ground strap* yang menghasilkan torsi sebesar 26.96 Nm secara rata-rata. Memperhatikan hasil penelitian ini, maka selanjutnya penelitian ini akan dikembangkan dengan memvariasikan diameter *ground strap* dan panjang kabel busi yang diberi belitan.

Penelitian ini akan terus dikembangkan mengingat keterbatasan penelitian ini pada variasi material *ground-strap* yang digunakan. Berdasarkan teori yang ada nilai konduktivitas termal material akan berpengaruh pada

kemampuan bahan untuk menahan kerugian laju induksi magnetik akibat aliran elektron dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Oleh sebab itu pada penelitian selanjutnya, akan divariasikan material ground strap, panjang kabel busi termasuk penggunaan jenis busi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang mendalam bagi semua pihak yang sudah banyak berkontribusi baik pada tahap persiapan, pelaksanaan maupun dalam penyelesaian penelitian ini, yaitu kepala Laboratorium Pendidikan Teknik Otomotif, Bengkel Ernest Racing Home dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chrisnawan Anditya, 2023, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia, Handbook Energy and Economic Statistics of Indonesia 2023, Head of Center for Data and Information Technology on Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- [2] Alina Zaharia, Maria Claudia Diaconeasa, Laura Brad, Georgiana-Raluca Lădaru, and Corina Ioană, 2019, Factors Influencing Energy Consumption in the Context of Sustainable Development, Sustainability, MDPI, Vol. 11, No. 15, pp. 1-28. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11154147>
- [3] Harian Online Kontan. co. id, 29 Agustus 2022, Umur Cadangan Energi Fosil Indonesia Semakin Pendek, di akses tanggal 28 Juli 2024, <https://industri.kontan.co.id/news/umur-cadangan-energi-fosil-indonesia-semakin-pendek>
- [4] M D Wulandari, 2021, Working Age Population and CO2 Emissions in Indonesia: Household Approach, The 1st International Conference on Data Science and Official Statistics (ICDSOS), Vol. 2021, No. 1, pp. 482-491. DOI: <https://doi.org/10.34123/icdsos.v2021i1.136>
- [5] Karol Tucki, Olga Orynych, Leszek Mieszkalski, Joao Gilberto Mendes dos Reis, Jonas Matijošius, Michał Wocial, Ivan Kuric and Simone Pascuzzi, 2023, Analysis of the Influence of the Spark Plug on Exhaust Gas Composition, Energies, Vol. 16, No. 11, pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16114381>
- [6] T. Kar, T. Fosudo, A. Marchese, B. Windom, D. Olsen. 2022, Effect of fuel composition and EGR on spark-ignited engine combustion with LPG fueling: Experimental and numerical investigation, Fuel, Vol. 327, 125221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125221>
- [7] Sebastian Różowicz, 2018, The effect of different ignition cables on spark plug durability, Preglad Elektrotechniczny, Vol. 1, No. 4, pp. 193-197. DOI: <http://dx.doi.org/10.15199/48.2018.04.43>
- [8] Hardian Putra Wijaya, K. Rihendra Dantes, I Gede Wiratmaja, 2021, Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Motor Bensin Dengan Penambahan Groundstrap dengan Material Tembaga Dan Perak Pada Kabel Koil Busi, Quantum Teknika, Vol. 2, No. 2, pp. 59-65. DOI: <https://dx.doi.org/10.18196/jqt.v2i2.10787>
- [9] Kadek Rihendra Dantes, I Made Jati Dharmawan, I Gede Wiratmaja, 2022, Decrease of Fuel Consumption and Emission of 4 Stroke Otto Engine due to Groundstrap Installation, International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications, Vol. 3, No. 1, pp. 32-39. DOI: <https://dx.doi.org/10.21776/MECHTA.2022.003.01.5>
- [10] Yoga Prayogi, 2023, Pengaruh Penggunaan Groundstrap Koil Pada Mesin Bensin Sistem Injeksi Terhadap Emisi Gas, Al Jazari, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 8, No. 1, pp. 27-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v8i1.10586>
- [11] Marthen Paloboran, Syafiuddin Parenrengi, Andi Zulfikar Yusuf, Muhammad Bhilal Halim, A. Afriansyah Putra, 2024, The Effect of Variations in The Diameter and Number of Groundstrap Windings on The Performance of a 150 cc Engine, Vol. 24, No. 1, pp. 11-18. DOI: <https://dx.doi.org/10.15294/vx3rtc76>
- [12] Raghuram Pradhan, P. Ramkumar, M. Sreenivasan, Sukumar Puhani, 2012, Air-Fuel Ratio (Afr) Calculations In An Internal Combustion Engine Based On The Cylinder Pressure Measurements, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 2, No. 6, pp. 1378-1385. Link: <https://www.ijera.com/pages/v2-no6.html>
- [13] Cristófer H. Marques, Jean-D. Caprace, Carlos R. P. Belchior and Alberto Martini, 2018, An Approach for Predicting the Specific Fuel Consumption of Dual-Fuel Two-Stroke Marine Engines, Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 7, No. 2, pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse7020020>

- [14] Marthen Paloboran, Husain Syam, Muhammad Yahya, Jamaluddin, 2023, Energy and Exergy Analysis on Spark Ignition Engine Under Varying Ignition Timing With Pure Bioethanol Fuel, Vol. 107, No.2, pp. 140 – 159. DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/1812-3368-2023-2-140-159>