

Studi Eksperimental Penambahan Solenoid Pada Saluran Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Stasioner Terhadap Unjuk Kerjanya

Nugrah Rekto Prabowo¹, Tris Sugiarto², Tarsono Dwi Susanto³

^{1,2,5} Program Studi Teknik Mesin

Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto

Jln. Semangir No. 1 Purwokerto 53132, Indonesia

Corresponding author-email : nugrahprabowo03@gmail.com

Abstrak

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk optimalisasi kinerja motor diesel, hal ini dilakukan dalam rangka untuk menaikkan kinerjanya. Pemasangan solenoid penghasil medan magnet merupakan salah satu solusi yang tepat melalui proses ionisasi. Eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui jumlah lilitan terbaik terhadap kinerja motor diesel. Dalam eksperimen ini menggunakan metode studi eksperimental dengan menggunakan Solenoid elektro magnet dibuat dengan pipa bahan bakar (selang) dengan ukuran 5/16 inch, panjang lilitan 22 cm, diameter kawat email 0.20 mm, dengan jumlah 2.500 lilitan, 5.000 lilitan, dan 7.500 lilitan yang dipasang pada motor diesel satu silinder putaran stasioner. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi standar tanpa solenoid Torsi 21,401 Nm, Daya 3,360 kW, Sfc 0,210 kg/kWh. Pada penggunaan solenoid 2.500 lilitan menghasilkan unjuk kerja motor terbaik, torsi 21,911 Nm, Daya 3,440 kW, Sfc 0,210 kg/kWh, penggunaan solenoid 5.000 lilitan menghasilkan Torsi 22,790 Nm, Daya 3,578 kW, Sfc 0,196 kg/kWh, dan pada penggunaan solenoid 7.500 lilitan 41,987 Nm, Daya 6,592 kW, Sfc 0,122 kg/kWh. Jumlah lilitan solenoid sebagai penghasil medan magnet terbaik pada penelitian ini adalah untuk lilitan kawat email 7.500 lilitan yang menghasilkan peningkatan Torsi 46,25 %, Daya 46,25%, dan Sfc 22,97 %.

Kata Kunci : Solenoid, Jumlah Lilitan, Medan Magnet, Unjuk Kerja Motor.

1. Pendahuluan

Peningkatan volume kendaraan tidak dapat dibendung seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan akan transportasi. Kemacetan pun yang dahulunya hanya terjadi di kota-kota besar saat ini sudah terasa di daerah kecil. Hal ini menuntut peningkatan kebutuhan bahan bakar fosil, padahal sumber energi ini tergolong sumber bahan bakar yang terbatas ketersediaannya di bumi. Banyak penelitian dilakukan untuk mengurangi besarnya kebutuhan bahan bakar yang signifikan antara lain dengan cara optimasi engine sehingga bahan bakar yang dipakai dalam proses pembakaran terbakar sempurna dan menghemat penggunaan bahan bakar. Salah satu teknologi yang digunakan untuk meningkatkan performa motor adalah dengan mengoptimalkan proses pembakaran, karena proses pembakaran merupakan kunci penting dalam pergerakan motor bakar.

Pembakaran adalah proses lepasnya ikatan-ikatan atom dalam molekul pada bahan bakar akibat pemberian energi tertentu dari luar. Peningkatan performa motor utamanya meliputi Torsi, Power, Tekanan pembakaran rata-rata, Efisiensi termal dan menurunnya penggunaan bahan bakar spesifik, kepekatan emisi gas buang.

Optimalisasi proses pembakaran pada penelitian ini yaitu dengan penggunaan medan elektro magnetik yang dihasilkan dari solenoid yang dialiri arus listrik sebagai untuk

menghasilkan medan magnet pada system aliran bahan bakar. Medan magnet yang dihasilkan oleh solenoid dapat menyebabkan getaran pada bagian-bagian bahan bakar, sehingga ikatan atom dalam molekul tersebut lepas dan menjadi molekul bermuatan, dengan demikian rantai hidrokarbon (HC) menjadi labil dan lebih reaktif sebelum bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna dan menghasilkan daya motor yang lebih baik. Selain itu ruang pembakaran tetap bersih sehingga motor menjadi lebih awet, suara mesin menjadi halus, pemakaian bahan bakar spesifik pun menjadi lebih rendah.

2. Kajian Teori

Penggunaan magnet pada motor bensin lebih hemat di bandingkan tidak menggunakan magnet. Daya efektif maupun daya induksi cenderung mengalami kenaikan dan lebih stabil saat menggunakan magnet di bandingkan dengan yang tidak menggunakan magnet, selain itu daya efektif dan daya induksi dengan menggunakan magnet mempunyai daya yang lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan magnet. [1]. Unjuk kerja motor diesel sangat bergantung pada sempurnanya pembakaran campuran bahan bakar dan udara. Proses ini berkaitan dengan ionisasi bahan bakar dengan menggunakan medan magnet yang akan memastikan pembakaran yang sempurna. Upaya dilakukan dalam pekerjaan ini untuk meningkatkan efisiensi pembakaran mesin diesel dengan mengadopsi metode ionisasi bahan bakar magnetik di mana bahan bakar terionisasi karena medan magnet. Metode ionisasi bahan bakar magnetik menetapkan kriteria pembakaran bahan bakar yang ditingkatkan efisiensi termal, pengurangan tingkat emisi, sifat ramah lingkungan. Hasil yang diperoleh dari percobaan menunjukkan bahwa efisiensi termal meningkat 2% dan emisi berkurang menjadi 5%. [2]

Pemasangan magnet pada saluran bahan bakar dalam mesin diesel satu silinder menyebabkan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar sekitar 8% pada kondisi beban lebih tinggi. Pemasangan magnet pada saluran bahan bakar mesin diesel memiliki efek pada penurunan kadar emisi gas buang, Emisi CO berkurang pada beban mesin yang lebih tinggi. Pengurangan emisi HC mencapai 30%. Emisi CO₂ berkurang menjadi 9,72% pada rata-rata pembebanan mesin. P.M. [3]

Penelitian melalui studi eksperimental pada mesin Otto empat langkah, satu silinder dengan 108 cc, kompresi rasio 9,2: 1, bahan bakar pertalite RON 90 menggunakan Variasi Jarak Antar Medan Magnet, penelitian ini menggunakan tambahan magnet tunggal dan magnet ganda 2500 Gauss pada variasi jarak 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Hasil dari uji eksperimen menggunakan magnet dapat mengurangi *Specific fuel consumption* (Sfc) hingga 29,8%, meningkatkan torsi hingga 17,4%, daya mesin 16,7%, efisiensi termal meningkat hingga 7,51%, mengurangi kadar emisi CO hingga 27% , HC hingga 18,9%, CO₂ hingga 19,67% dan mengurangi O₂ hingga 21,72%. [4].

Sebuah generator diesel dilengkapi dengan pipa aliran bahan bakar yang diberi medan magnet, yang memiliki katup untuk memindahkan beralih dari tanpa pipa magnet ke pipa magnet. Generator diesel dioperasikan pada kecepatan konstan 1800 rpm pada kondisi idle, masing-masing 25% dan 50% dari beban. Dengan penerapan pipa dengan magnet, konsumsi bahan bakar spesifik masing-masing berkurang rata-rata 3,5% dan 15%, sedangkan efisiensi termal meningkat sekitar 3,5%. Materi partikulat, karbon monoksida, hidrokarbon dan emisi karbon dioksida masing-masing berkurang dalam kisaran 21,9–33,3%, 5,4–11,3%, 29,4–64,7% dan 2,68–4,18%. Baik konsentrasi PAH total dan konsentrasi BaPeq total dapat dikurangi sekitar 63%, 45% dan 51%, masing-masing untuk kondisi idle, 25% dan 50% dari beban. [5].

Bahan bakar biodiesel yang dimasukkan ke dalam pipa galvanum dengan diameter 1,5 cm panjang 10 cm yang diberikan 5000 - 9000 lilitan dan dihubungkan dengan baterai 12 V, menunjukkan bahwa bahan bakar yang telah termagnetisasi menyebabkan viskositas bahan bakar

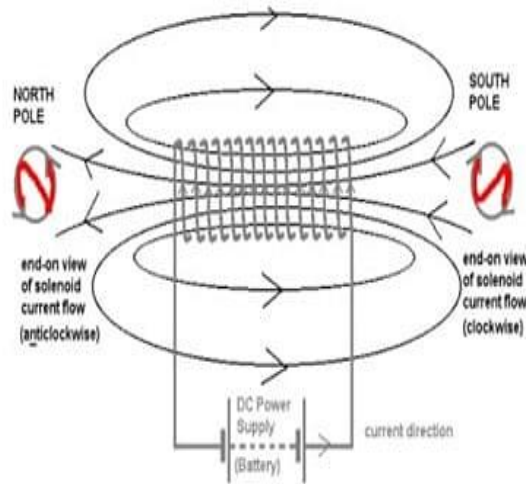
menurun dari 2933 menjadi 2478 dan peningkatan penyerapan molekul bahan bakar berkisar antara 13% - 58%. Menunjukkan bahwa molekul bahan bakar yang dimagnetisasi menyebabkan perubahan molekul bahan bakar yang awalnya menggumpal (*cluster*) menjadi tidak menggumpal (*de cluster*). [6]. Penurunan Emisi gas buang dan menaikkan efisiensi panas yang lebih tinggi, pada motor pembakaran dalam secara signifikan mengandalkan pembakaran yang sempurna dari campuran udara-bahan bakar, melalui studi eksperimental menunjukkan bahwa medan magnet berpengaruh terhadap kinerja mesin bensin. Pada pengujian di putaran 1000 sampai 2500 rpm tanpa dan dengan menggunakan medan magnet dengan intensitas 7000, 9000 dan 18000 Gauss. Hasil eksperimen terjadi penurunan penggunaan konsumsi bahan bakar spesifik hingga (15,71%). Emisi gas buang menunjukkan penurunan sebesar (10,25%) CO, (7,40%) NOX dan (29,82%) HC, tetapi meningkatkan emisi CO₂ sebesar (33,04%). [7]

Untuk meningkatkan kualitas proses pembakaran dan mengurangi konsumsi bahan bakar adalah dengan menggunakan medan elektromagnetik dengan jumlah lilitan kawat tembaga yang digunakan 3000, 4000 dan 4500. Penerapan pada motor bensin empat langkah satu silinder menunjukkan bahwa, performa mesin setelah dianalisa pada beberapa putaran mesin, hasilnya menunjukkan bahwa ada peningkatan tenaga mesin sebesar 12,83% dan sebaliknya konsumsi bahan bakar berkurang 10% pada penggunaan 4000 lilitan dan terjadi pada putaran 1500 rpm. [8]

Medan magnet sebesar 4000 Gauss dipasang di sepanjang saluran bahan bakar sebelum injektor bahan bakar pada sebuah motor diesel Medan magnet berpengaruh pada kinerja konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal, suhu gas buang pada beban mesin yang berbeda. Emisi gas buang seperti CO, CO₂, HC dan NO_x untuk mesin diesel yang membakar campuran biodiesel B10 dan B20 di bawah pengaruh medan magnet. Medan magnet yang terpasang dapat meningkatkan efisiensi termal untuk solar mentah, biodiesel minyak goreng bekas, campuran B10 dan B20 masing-masing sebesar 2,4 dan 11%. Terjadi penurunan emisi CO sebesar 3; 3,5 dan 4% untuk minyak solar dan biodiesel campuran B10 dan B20. Penurunan emisi HC untuk bahan bakar B10 dan B20 masing-masing adalah 6; 11 dan 8%. Penurunan emisi NO_x sebesar 3; 1,5 dan 2% untuk solar dan biodiesel campuran B10 dan B20. [9]

Dalam penelitiannya menyampaikan bahwa dalam injektor solenoid berperforma tinggi dapat dipengaruhi oleh bentuk penampang koil, panjang plunger, diameter plunger, tekanan gas, kekakuan pegas, massa plunger, dan jumlah lilitan koil secara tepat. Gaya elektromagnetik dan perpindahan plunger dapat ditingkatkan lebih cepat dengan mengurangi panjang dan menambahkan lebar bentuk melintang dari kumparan. Studi simulasi menemukan bahwa massa plunger tidak boleh lebih dari 8 g tidak hanya untuk menghindari fluktuasi perpindahan plunger tetapi juga untuk mengurangi waktu respons buka dan tutup. [10]

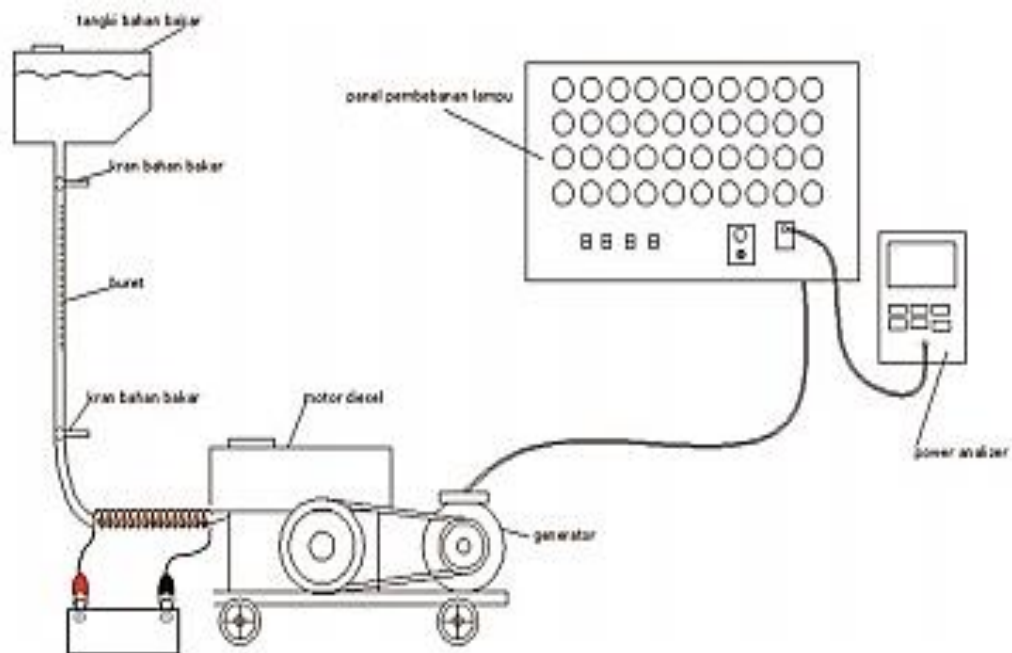
Magnet adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Medan magnet merupakan besaran kerapatan medan magnet yang dinyatakan dengan banyaknya garis-garis fluks yang menembus suatu luas bidang tertentu dan mempunyai simbol ΔB kerapatan fluks dalam weber /m² (WB/m²). Solenoid adalah kawat berarus listrik berbentuk *loop* yang biasanya dililitkan pada inti dari besi sehingga menghasilkan medan magnet [11]



Gambar 1. Medan magnet pada solenoida

Penambahan selenoid yang ditempatkan pada system bahan bakar motor diesel dalam rangka untuk menghasilkan medan magnet, sehingga saat bahan bakar mengalir terjadi proses magnetisasi yang diperlukan agar bahan bakar bio solar mudah untuk mengikat oksigen yang sekaligus untuk mengurangi produk

Penggunaan solenoid untuk menghemat bahan bakar dikarenakan di dalam saluran bahan bakar yang terdapat medan magnet terjadi proses magnetisasi. Proses magnetisasi diperlukan agar bahan bakar lebih mudah mengikat oksigen selama proses pembakaran dan mengurangi produk hidrokarbon yang tidak terbakar saat proses pembakaran bahan bakar. Hal ini terjadi karena struktur molekul bahan bakar berubah menjadi ikatan yang lebih halus akibat dari proses kemagnetan. Ukuran molekul dari bahan bakar yang semakin halus ini semakin mempermudah dalam penginjeksian bahan bakar sekaligus memudahkan dalam proses pembakarannya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa proses kemagnetan pada bahan bakar dapat membuat pembakaran lebih sempurna. Pada waktu bahan bakar dialirkan melalui selang bahan bakar, kekuatan kemagnetan yang terdapat pada solenoid mengakibatkan pecahnya ikatan carbon dalam bio solar menjadi bagian-bagian yang halus dari ikatan ion. Ion positif tertarik pada kutub negative magnet dan untuk ion positif tertarik pada kutub positif magnet. Dengan demikian ikatan halus dan semakin beraturan ini yang memudahkan oksigen bereaksi dengan molekul bahan bakar saat terjadi proses pembakaran, sehingga efek pembakarannya lebih mudah dan lebih sempurna pembakarannya.

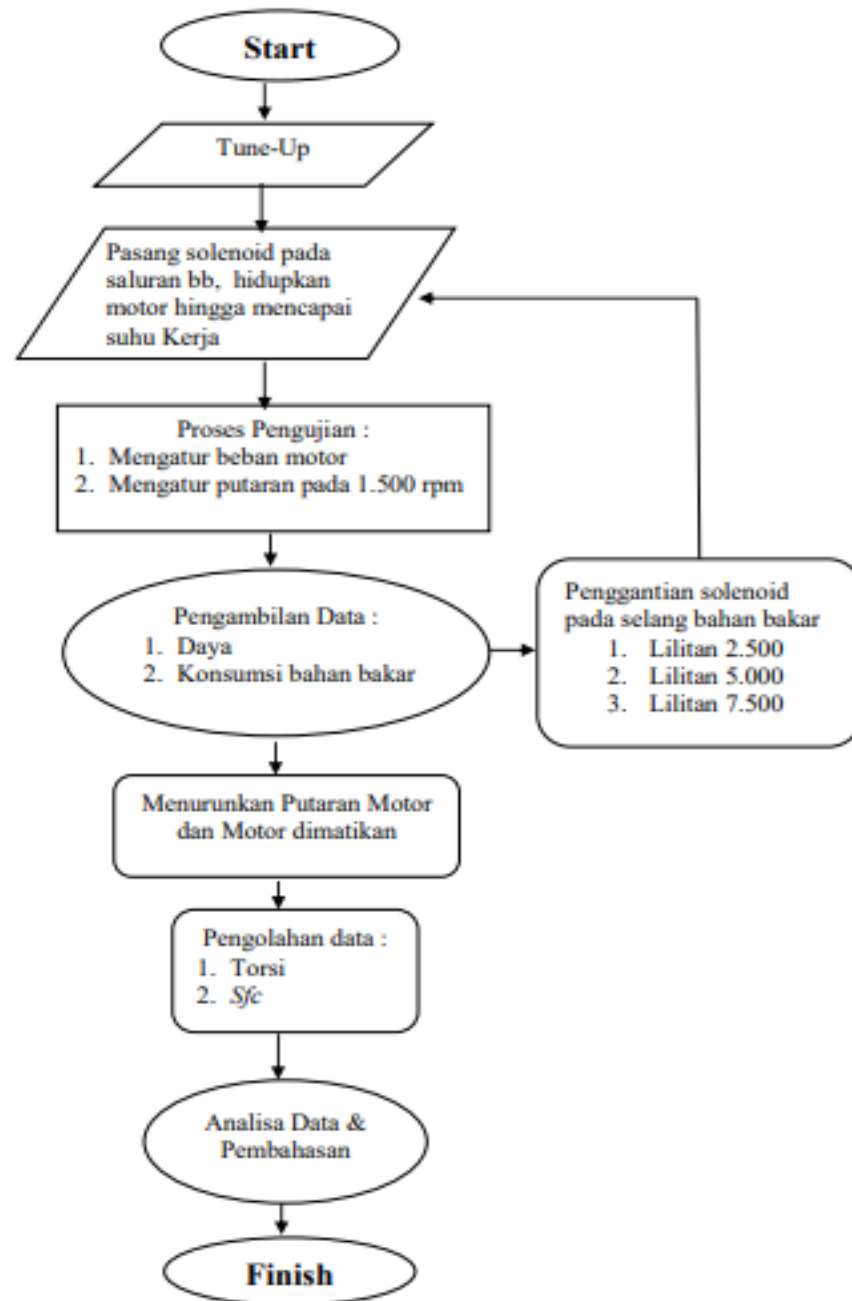


Gambar 2. Instalasi Sistem Bahan Bakar dengan Selenoid

3. Metode Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimental, dimana pengambilan data didasarkan pada hasil pengujian pada sebuah motor diesel stasioner yang telah dipasang solenoid untuk menghasilkan medan magnet dengan variasi jumlah lilitan, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan unjuk kerja motor diesel tersebut yang meliputi : *Power*, dan *Specific fuel consumption* (Sfc).

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini: Motor Diesel stasioner Model R180, Type 1 silinder berpendingin air 4 Langkah, Perbandingan Kompresi 21:1 ; Generator set dengan spesifikasi; Merk HuaFa ; Power 3kW ; Voltase 230V Arus 13 Amp ; Putaran 1500 rpm ; Solenoid elektro magnet dari pipa bahan bakar (selang) diameter 5/16 inch, panjang lilitan 22 cm, diameter kawat email 0.20 mm, dengan jumlah 2.500 lilitan, 5.000 lilitan, dan 7.500 lilitan ; Battery NS 60, 12 V, 45 A ; ; Buret ; Stop Watch ; Bahan bakar solar dex.



Gambar 3. Flow Chart Penelitian

4. Hasil Penelitian

Analisa data dilakukan untuk daya, torsi serta sfc yang dihasilkan pada motor diesel dengan kondisi standar dan penggunaan solenoid medan magnet remanen dengan variasi jumlah lilitan 2.500 lilitan, 5.000 lilitan, dan 7.500 lilitan.

4.1. Data Pengujian Daya

Tabel 1. Data penelitian hubungan antara Pembebanan elektrik dengan Daya

No.	Pembebanan Lampu (watt)	Standar	Daya (kW) Lilitan Medan Magnet		
			2.500 lilitan	5.000 lilitan	7.500 lilitan
1	200	0.320	0.322	0.320	0.508
2	400	0.686	0.688	0.708	1.058
3	600	1.057	1.058	1.060	1.670
4	800	1.420	1.430	1.454	2.292
5	1000	1.760	1.772	1.852	2.960
6	1200	2.015	2.096	2.170	3.544
7	1400	2.343	2.374	2.484	4.194
9	1600	2.586	2.612	2.764	4.630
10	1800	2.806	2.842	2.982	5.134
11	2000	2.966	3.028	3.186	5.562
12	2200	3.105	3.186	3.340	5.840
13	2400	3.280	3.304	3.430	6.354
14	2600	3.315	3.332	3.526	6.502
15	2800	3.352	3.394	3.546	6.592
16	3000	3.360	3.440	3.550	6.516
17	3200	3.350	3.402	3.578	6.466
18	3200	3.215	3.254	3.542	6.340
Total		40.936	41.534	43.492	76.162
Rata-rata		2.408	2.443	2.558	4.480
Daya max		3.360	3.440	3.578	6.592
Peningkatan (%)		-	1.43%	5.86%	46.25%

Penggunaan solenoid untuk menghasilkan medan magnet pada saluran bahan bakar memberikan pengaruh yang positif terhadap Daya yang dihasilkan dibandingkan kondisi standar. Pada penambahan solenoid 2.500 lilitan kenaikan Daya mencapai 1,43%, pada penambahan solenoid 5.000 lilitan Daya yang dihasilkan mengalami kenaikan sebesar 5,87% dan pada penambahan solenoid dengan 7.500 lilitan Daya yang dihasilkan mencapai 46,25% terhadap kondisi standar. Hal ini menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut mengalami perubahan struktur yang lebih teratur sehingga lebih mudah mengikat oksigen dan lebih mudah terbakar sehingga menghasilkan daya yang lebih baik.

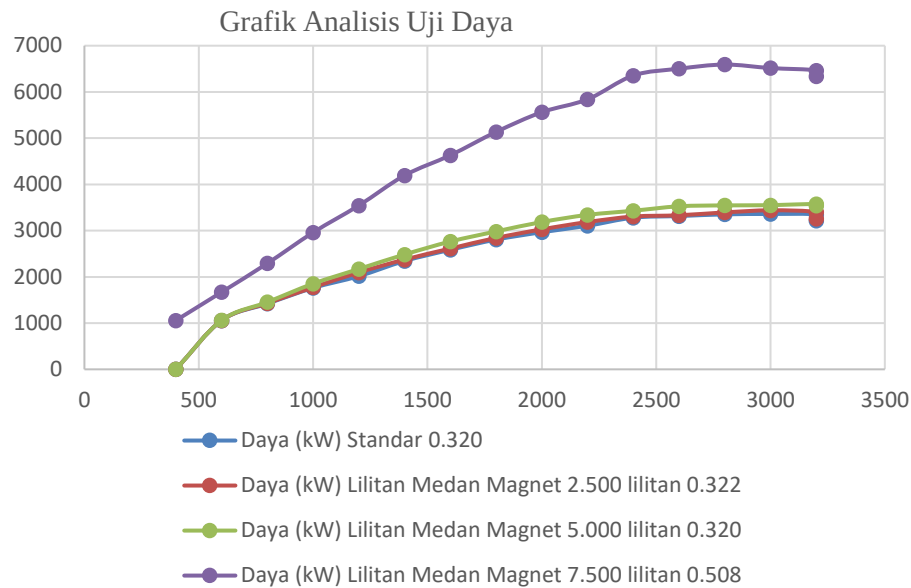
4.2. Data Konsumsi Bahan Bakar (Sfc)

Tabel 2. Data penelitian hubungan antara Pembebanan elektrik dan Sfc

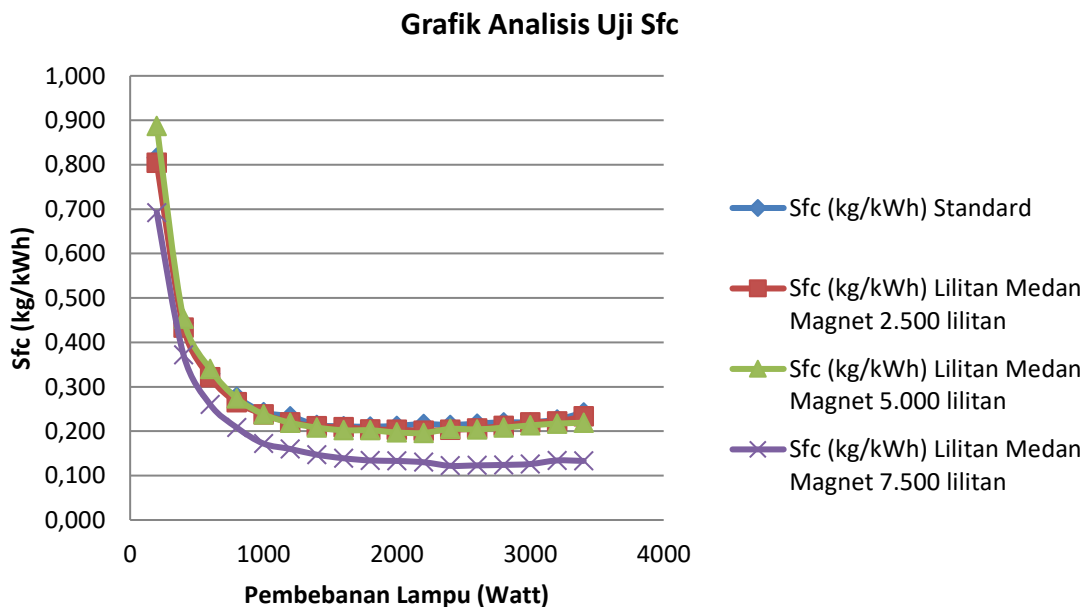
No.	Pembebanan Lampu (watt)	Standar	Sfc (kg/kWh) Lilitan Medan Magnet		
			2.500 lilitan	5.000 lilitan	7.500 lilitan
1	200	0.816	0.804	0.887	0.692
2	400	0.444	0.433	0.453	0.372
3	600	0.329	0.321	0.340	0.260
4	800	0.277	0.265	0.274	0.208
5	1000	0.243	0.238	0.238	0.172
6	1200	0.233	0.220	0.219	0.160
7	1400	0.214	0.211	0.208	0.147
9	1600	0.211	0.209	0.202	0.139
10	1800	0.210	0.204	0.202	0.134
11	2000	0.212	0.203	0.197	0.133
12	2200	0.216	0.201	0.196	0.130
13	2400	0.214	0.203	0.205	0.122
14	2600	0.217	0.206	0.204	0.123
15	2800	0.220	0.212	0.208	0.124
16	3000	0.220	0.220	0.213	0.126
17	3200	0.226	0.222	0.217	0.134
18	3400	0.242	0.233	0.219	0.133
Total		4.744	4.605	4.682	3.309
Rata-rata		0.527	0.512	0.520	0.368
Daya max		0.210	0.201	0.196	0.122
Penurunan (%)		-	(-2.92%)	(-1.34%)	(-22.97%)

4.3. Analkisa dan Pembahasan

Berdasarkan data pengujian daya dan SFC pada penggunaan seleonid maka perubahan dan pengaruhnya dapat dilihat pada grafik 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik hubungan antara pembebanan dengan daya



Gambar 5. Hubungan Antara Pembebanan dengan Sfc

Penggunaan solenoid pada saluran bahan bakar memberikan pengaruh yang positif terhadap Sfc yang dihasilkan dibandingkan kondisi standar. Pada penambahan solenoid 2.500 lilitan penurunan Sfc mencapai 2,92 % %, pada penggunaan solenoid dengan 5000 lilitan, Sfc mengalami penurunan 1,32 % dan pada penggunaan solenoid dengan 7500 lilitan Sfc mengalami

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

penurunan mencapai 22,97 % terhadap kondisi standar. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa bahan bakar solar yang dilewatkan pada pipa solenoid yang telah diberi arus listrik menghasilkan magnet dan mempengaruhi terhadap perubahan molekul menjadi ion sehingga bahan bakar lebih mudah terbakar dan menghasilkan tekanan pembakaran dan daya motor yang besar dengan penggunaan bahan bakar dengan penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit. Dengan demikian menghemat terhadap *specific fuel consumption* (Sfc) yang lebih baik atau hemat pada setiap penambahan jumlah lilitan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian, pengolahan data hasil penelitian, dan analisa berdasarkan grafik olah data tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa, Dengan penambahan Solenoid elektro magnet pada selang bahan bakar diameter 5/16 inch, panjang lilitan 22 cm, diameter kawat email 0.20 mm, jumlah lilitan 7500 dan sumber arus listrik Battery 12 V 60 Ah. Dapat disimpulkan ;

- a. Daya motor naik sangat signifikan pada penggunaan solenoid dengan 500 lilitan mencapai 46,25%, pada penggunaan solenoid dengan 5000 lilitan Daya yang dihasilkan mengalami kenaikan sebesar 5,87% , pada penggunaan solenoid dengan 2500 lilitan Daya yang dihasilkan mengalami kenaikan sebesar 1,43% dibandingkan dengan yang tidak dilengkapi dengan solenoid.
- b. Dengan dipasangnya solenoid dengan 7500 lilitan penggunaan Sfc pada motor mengalami penurunan hingga 22,97% , untuk penggunaan solenoid dengan 5000 lilitan penggunaan bahan bakar spesifik terendah 2,92% . Untuk solenoid 2500 lilitan penggunaan bahan bakar spesifik mengalami penurunan sebesar 1,34% dibandingkan dengan yang tidak dilengkapi dengan solenoid, hal tersebut diatas dapat dikatakan bahwa hasil pengujian pengujian pada motor diesel, dengan penambahan solenoid dapat menaikkan prestasi kerjanya.

Daftar Pustaka

- [1] Naif Fuhaid. 2011. Pengaruh medan magnet terhadap konsumsi bahan bakar dan kinerja motor bakar bensin jenis Daihatsu Hijet 1000. PROTON, Vol. 3 No. 2/Hal. 26 – 31
- [2] Kumar, P Vijaya, Santosh Kumar Patro dan Vedsamhita Pudi. 2014. *Experimental Study Of A Novel Magnetic Fuel Ionization Method In Four Stroke Diesel Engine*. Internasional Journal of Mechanical Engineering and Robotics research. Vol.3 No.1 Hal 151-159 Vebriasandi Ega (2010).” Sistem Injeksi Bahan Bakar Diesel”.Kediri
- [3] P. M. Patel, G. P. Rathod, and T. M. Patel, 2014. "Effect of magnetic field on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine", IOSR Journal of Engineering, Vol.4, No. 5.
- [4] Sanjaya Baroar Sakti Nasution¹ , Mulfi Hazwi. (2016). Studi Eksperimental Pengaruh Medan Magnet Terhadap Kinerja Mesin Otto 108 cc Menggunakan Variasi Jarak Antar Medan Magnet. Prosiding Seminar Nasional XI “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. Hal 274-279
- [5] Chen, C.Y., Lee, W.J., Mwangi, J.K., Wang, L.C. and Lu, J.H. (2017). Impact of Magnetic Tube on Pollutant Emissions from the Diesel Engine. *Aerosol Air Qual. Res.* 17: 1097-1104.

- [6] Nufus, TH, Setiawan, RPA, Herman,W, & Tambunan, AH (2017), The Effect Of Electro Magnetic Field Intensity To Biodiesel Characteristics ,Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 13 (2) 119-126
- [7] Hayder J. Kurji and Murtdha S. Imran. 2018. Magnetic Field Effect on Compression Ignation Engine Performance. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. ISSN 1819-6608. VOL. 13, NO. 12, 3943- 3949.
- [8] M. Mara, W. Joniarta, IB. Alit, IM. A. Sayoga, M. Nuarsa. 2018. Analisis penggunaan alat magnetisasi bahan bakar secara elektromagnetik terhadap unjuk kerja mesin empat langkah satu silinder. Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- [9] M.S.Gad. 2018. Influence of magnetized waste cooking oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine . International Journal of ChemTech Research CODEN (USA): IJCRGG, ISSN: 0974-4290, ISSN(Online):2455-9555 Vol.11 No.11, pp 255-267
- [10] Nguyen Ba Hung and Ock Taeck Lim, 2019. *A simulation and experimental study on the operating characteristics of a solenoid gas injector* Advances in Mechanical Engineering, Vol. 11 (1) 1–14
- [11] Hendarto Deni, S.T., M.Si. (2010). Dasar Elektro Magnetik. Universitas Ibn Khaldun, Bogor