

PENGARUH PEMBERSIHAN DEPOSIT KARBON DI RUANG BAKAR TERHADAP DAYA DAN TORSI MESIN 1300cc

Mujahid Wahyu¹⁾, Nila Nurlina²⁾, Dani Irawan³⁾

^{1), 2), 3)} Teknik Mesin PSDKU Polinema Kediri
Jl Lingkar Mas Kumambang No 1, Sukorame, Mojoroto Kota Kediri
Email : Mujahid.Wahyu89@gmail.com

Received: June 09, 2022 Accepted: February 13, 2023

Abstrak

Deposit karbon hasil pembakaran yang tertinggal di ruang bakar diduga telah berpengaruh secara simultan terhadap daya dan torsi mesin. Tujuan dari artikel ilmiah ini untuk mengungkap pengaruh pembersihan deposit karbon di ruang bakar terhadap daya dan torsi mesin 1300cc. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen murni dengan variabel bebas berupa pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin 1300 cc dengan cairan asam. Variabel terikat berupa nilai daya dan torsi yang diukur dengan alat uji chassis dyno test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dilakukan proses pembersihan deposit karbon, daya maksimal mesin 1300 cc meningkat dari 53 hp menjadi rerata 57 hp pada pengujian di gigi percepatan 4. Torsi maksimal juga meningkat dari 84 Nm menjadi 90 Nm pada gigi percepatan 3 dan meningkat dari 83 Nm menjadi 87 Nm pada gigi percepatan 4.

Kata kunci: Daya, Deposit Karbon, Ruang Bakar, Torsi

Abstract

The carbon deposit from combustion left in the combustion chamber are thought to have simultaneously effected on the engine's power and torque. The purpose of this paper to investigate the effect of cleaning carbon deposit in the combustion chamber on the power and torque of the 1300cc. This research used pure experimental method with an independent variable in the form of cleaning carbon deposit from combustion chamber of a 1300 cc engine with acid. The dependent variable were the value of power and torque as measured measuring by the chassis dynotest tool. The results showed that after the carbon deposit cleaning process was carried out, the maximum power of the 1300 cc engine increased from 53 hp to 57 hp in the test in 4th acceleration gear. The maximum torque also increased from 84 Nm to 90 Nm in 3rd acceleration gear and increased from 83 Nm to 87 Nm in 4th gear.

Keyword: Power, Carbon Deposit, Resposivity, Combustion Chamber, Torque.

PENDAHULUAN

Mesin pembakaran dalam yang digunakan bertahun-tahun dimungkinkan terjadinya penurunan peforma. Semakin lama kendaraan digunakan, maka akan dapat menurunkan peforma dari kendaraan [1]. Lebih lanjut dinyatakan bahwa yang

menjadi salah satu sebab penurunan adalah ruang bakar mesin (*engine combustion chamber*) terdapat kerak yang diperoleh dari hasil pembakaran yang tidak sempurna dan kualitas bahan bakar yang kurang baik. Oleh karena itu, dibutuhkan perawatan agar peforma kendaraan tetap prima.

Proses pembakaran pada mesin pembakaran dalam melibatkan campuran C_nH_mN (bahan bakar) dan O_2 . Pada proses pembakaran sempurna, reaksi kimia antara campuran tersebut menghasilkan campuran CO_2 dan H_2O . Jika proses pembakaran tidak sempurna, maka akan menghasilkan campuran lain seperti CO , HC , dan NO_x . Campuran-campuran tersebut sebagian besar mengandung unsur karbon dalam campurannya. Pada akhirnya tidak semua unsur karbon dikeluarkan melalui gas buang. Sebagian tetap dan menempel di ruang bakar mesin. Material yang tertinggal dan menempel pada permukaan ruang bakar mesin inilah yang disebut dengan endapan atau deposit [2]. Deposit dapat terakumulasi cukup banyak karena proses pembakaran di ruang bakar mesin yang terjadi secara terus menerus pada temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga mengakibatkan oksidasi antara senyawa organologam, senyawa sisa gas pembakaran dan oli mesin [3][4]. Ketebalan ukuran endapan bervariasi. Pada sebuah studi investigasi pada mesin diesel, tebal endapan mencapai 0,3 – 1 μm [5].

Deposit karbon yang dimaksud adalah endapan karbon yang dapat dikategorikan menjadi 2 jenis yaitu endapan yang mudah dilepas dan endapan yang sulit dihilangkan. Selanjutnya dijelaskan bahwa endapan ini dinyatakan dalam jelaga (*smoke black*) sebagai endapan yang mudah dibuang dan *varnish* dan kokas sebagai endapan yang sulit dibuang [6][7]. Deposit karbon yang terjadi di dalam ruang bakar disebut juga dengan istilah *combustion chamber deposit* [8] atau disebut juga dengan problematika *carbonaceous* [9]. Kerak karbon atau *combustion chamber deposit* (CCD) meski jumlahnya sedikit, namun perlu mendapat perhatian.

Adanya endapan karbon atau deposit karbon yang menempel pada ruang bakar mesin diyakini dapat mempengaruhi kinerja mesin [4][10]. Deposit karbon memungkinkan terjadinya penurunan daya dan kinerja mesin, penurunan kemampuan perpindahan panas, penurunan laju konduksi tetapi peningkatan kandungan emisi toksik [11][12]. Akumulasi endapan karbon dapat mengakibatkan peningkatan suhu gas buang kendaraan.

Selanjutnya, endapan karbon yang menempel pada nozel injektor dapat mempengaruhi aliran bahan bakar ke nozel [13]. Endapan karbon yang terbentuk di dalam atau di luar injektor memiliki efek negatif pada kinerja mesin dan sistem injeksi bahan bakar [14], termasuk memperburuk pembakaran dan emisi gas buang [15][16].

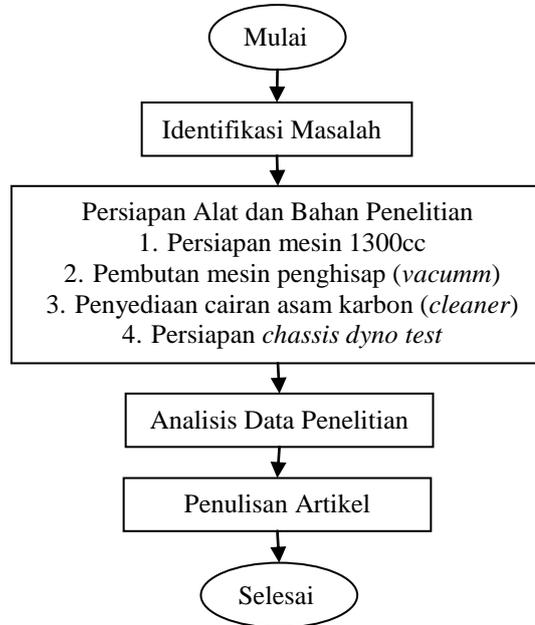
Beberapa hasil penelitian telah mencoba menjawab hipotesis ini. Sebuah hasil penelitian mengungkapkan bahwa aditif seperti pembersih karbon dapat mengikis deposit karbon di ruang bakar yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna. Emisi gas buang dari pembakaran seperti karbon monoksida (CO) turun 13,92% dan hidrokarbon (HC) turun 16,48% [17]. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian pada objek kendaraan Corolla twin-cam AE92 terungkap bahwa penggunaan carbon cleaner dengan teknik guruh mesin pada ruang bakar mesin mampu menurunkan persentase kadar gas CO 0,268%. [18]. Hal ini erat kaitannya dengan hasil proses pembakaran yang lebih sempurna. Proses pembakaran sempurna akan menghasilkan H_2O dan CO_2 sebagai hasil pembakaran.

Pada uji performa mesin lainnya, penelitian yang menggunakan pembersih karbon yang dicampur dengan bahan bakar Honda BEAT 2016 dapat meningkatkan performa mesin. Torsi, tenaga, dan kecepatan tertinggi meningkat cukup signifikan [19]. Terjadi pula perubahan konsumsi bahan bakar pada mesin yang telah dilakukan proses pembuangan deposit dari ruang bakar mesin [20]. Berdasarkan temuan yang dilakukan peneliti sebelumnya, terdapat teknik pembersihan deposit karbon yang belum banyak dikaji oleh peneliti, yaitu dengan membersihkan endapan karbon dengan cairan pembersih yang dihisap dengan mesin vakum tanpa membongkar mesin. Dari permasalahan tersebut, tujuan dari penelitian ini meliputi: 1) untuk mengetahui pengaruh pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin terhadap daya mesin 1300 cc; dan 2) untuk mengetahui pengaruh pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin terhadap torsi mesin 1300 cc.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen murni. Eksperimen dilakukan dengan memberikan perlakuan berupa pembersihan deposit karbon yang tertinggal di ruang bakar mesin 1300 cc. Pembersihan deposit karbon inilah selanjutnya

disebut dengan variabel bebas. Sementara variabel terikat pada penelitian yaitu hasil perlakuan yang diukur melalui pengujian daya dan torsi sekaligus sebagai parameter penentuan responsivitas mesin. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir tersebut, penelitian diawali dengan langkah identifikasi masalah. Hasil identifikasi masalah yaitu adanya temuan bahwa deposit karbon di ruang bakar mesin yang diduga secara simultan dapat menurunkan responsivitas

mesin. Masalah inilah yang akan diungkap dalam penelitian ini. Langkah berikutnya yaitu mempersiapkan alat dan bahan penelitian. Berikut merupakan spesifikasi alat dan bahan yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan Penelitian

Mesin 1300 cc	
Jumlah silinder	4
Jenis katup	DOHC 16 Valve
Kapasitas mesin	1298 cc
Sistem bahan bakar	Injeksi
Jenis bahan bakar	Bensin
Daya maksimum (baru)	94 PS di 6000 rpm
Torsi maksimum (baru)	119 Nm di 4400 rpm
Perbandingan gear	Gigi 1: 3,769
	Gigi 2: 2,045
	Gigi 3: 1,376
	Gigi 4: 1,000
	Gigi 5: 0,838
	Gigi Mundur: 4,128
Mesin penghisap	

Sumber tenaga	Kompresor portabel
Tekanan out (mak)	8 bar
Jenis katup vakum	STNC ZK-08 (-91kPa)
Kapasitas tabung penampung	1,5 L
Cairan Asam	
Merk	Autofit
Alat uji chassys dyno test	
Jenis	Chassys Dynotest
Merk	Dynolog dynamometer

Setelah peralatan dan bahan terpenuhi, langkah berikutnya yaitu langkah pelaksanaan penelitian. Pada langkah pelaksanaan penelitian ini diawali dengan tindakan pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin. Teknik yang dipakai yaitu dengan mengubah deposit karbon yang berbentuk padat menjadi cair dengan bantuan cairan asam. Deposit karbon yang telah berubah menjadi cair dalam waktu ±15 menit, selanjutnya akan dikeluarkan dengan cara dihisap dengan bantuan mesin penghisap (*vacuum*) melalui lubang busi pada tiap silindernya.

Setelah mesin kembali menyala, mesin 1300cc akan diuji dengan chassis dyno test untuk memperoleh

nilai daya dan torsi sebagai parameter penentuan responsivitas mesin. Pengujian dengan chassis dynotest dilakukan pada gigi percepatan 3 yang memiliki rasio 1:1,376 dan gigi percepatan 4 dengan rasio 1:1,000. Setelah pengujian selesai, data nilai daya dan torsi dicatat dan dianalisis dengan analisis deskriptif untuk memperoleh makna pengaruh hasil pembersihan deposit karbon di ruang bakar mesin terhadap responsivitas mesin 1300 cc.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil persiapan alat dan bahan penelitian.



Gambar 2. Mesin Penghisap dan Cairan Asam Karbon

Pada gambar 2 dengan keterangan gambar nomor 1 menunjukkan mesin penghisap yang dimanufaktur untuk melakukan proses penghisapan cairan dengan menggunakan prinsip kerja mesin vacum. Pada gambar dengan keterangan nomor 2 menunjukkan

cairan asam karbon yang akan digunakan sebagai media pembersih deposit karbon yang ada di ruang bakar mesin. Berikut gambar proses kegiatan penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3. Proses Kegiatan Penelitian

Proses kegiatan penelitian ditunjukkan seperti pada gambar 3 tersebut. Seperti yang ditunjukkan oleh keterangan gambar nomor 1, kegiatan diawali dengan memasukkan cairan asam karbon ke dalam ruang bakar mesin melalui lubang busi setiap silinder. Kegiatan selanjutnya yaitu mengeluarkan cairan asam karbon yang telah dimasukkan pada langkah sebelumnya dengan bantuan mesin penghisap cairan, sebagaimana ditunjukkan oleh

keterangan gambar nomor 2. Penampakan cairan asam yang telah bercampur dengan deposit karbon ruang bakar dapat dilihat sebagaimana ada pada keterangan gambar nomor 3. Pada keterangan gambar nomor 4 merupakan proses pengambilan data penelitian dengan menggunakan alat chassis dynotest. Berikut tabel data hasil penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2. Data hasil penelitian

rpm	Pre Test				Post Test			
	Gigi Percepatan				Gigi Percepatan			
	3		4		3		4	
	P (hp)	T (Nm)	P (hp)	T (Nm)	P (hp)	T (Nm)	P (hp)	T (Nm)
2000	-	-	10	45	-	-	11	50
2500	15	49	15	50	15	52	22	65
3000	30	71	35	80	34	84	35	87
3500	40	82	41	83	45	90	43	87
4000	47	84	43	79	49	87	47	85
4500	52	82	48	77	54	85	50	81
5000	58	80	51	74	59	82	54	78
5500	57	73	53	69	57	73	57	71
6000	55	65	49	59	55	65	53	62

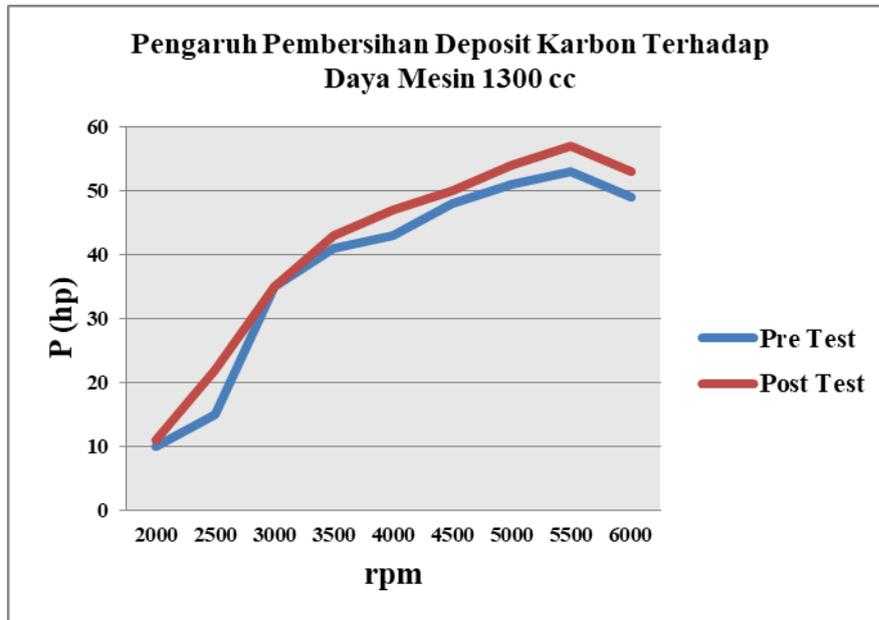
Berdasarkan data tabel 1 tersebut, pre test merupakan data sebelum diberikan perlakuan, sementara post test merupakan data setelah diberikan perlakuan yaitu pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin. Pada data pre test dan post test menunjukkan bahwa daya (P) dan

torsi (T) pada gigi percepatan 3 baru terbaca dengan alat chassis dynotest pada putaran mesin 2500 rpm, sementara dengan gigi percepatan 4 sudah bisa terbaca pada putaran mesin 2000 rpm, sehingga dalam tabel tersebut pada putaran mesin 2000 rpm, data daya dan torsi tidak bernilai.

Pengaruh Pembersihan Deposit Karbon terhadap Daya Mesin 1300 cc

Daya merupakan nilai besarnya usaha atau energi per satuan waktu. Daya merupakan salah satu penilaian terhadap kinerja suatu mesin. Berdasarkan data pada tabel 1, daya mesin 1300 cc pada gigi percepatan 3 data pre test, nilainya naik seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Setelah mencapai daya maksimal yaitu 58 hp pada putaran 5000 rpm, mesin mengalami penurunan daya, sebagaimana ditunjukkan pada nilai daya pada putaran 5500 dan 6000 rpm. Sedangkan pada gigi percepatan 4 data pre test, daya maksimal diperoleh hanya sebesar 53 hp pada putaran 5500 rpm.

Hasil uji pada gigi percepatan 3 atau data post test, daya tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Daya maksimal naik sebesar 1 hp dari 58 rpm menjadi 59 rpm pada putaran mesin 5000 rpm. Berbeda dengan hasil uji pada gigi percepatan 4, daya maksimal meningkat cukup signifikan dari 53 hp pada menjadi 57 hp pada putaran mesin 5500 rpm. Berdasarkan uraian data tersebut, dapat dinyatakan bahwa pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin tidak banyak berpengaruh pada gigi percepatan 3, namun sangat berpengaruh pada gigi percepatan 4. Berikut merupakan gambar grafik pada gigi percepatan 4 yang bisa menunjukkan secara jelas adanya pengaruh pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin terhadap daya mesin 1300 cc.



Gambar 4. Data daya pada pre dan post test

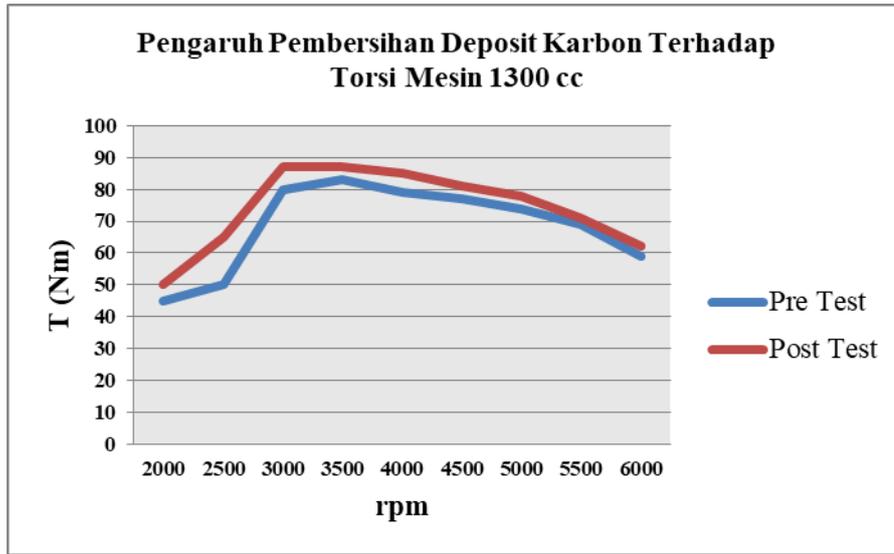
Pengaruh Pembersihan Deposit Karbon terhadap Torsi Mesin 1300 cc

Torsi merupakan besarnya gaya yang menjadikan mesin bergerak. Torsi juga menjadi salah satu indikator nilai kinerja suatu mesin. Berdasarkan data pada tabel 1, torsi pada gigi percepatan 3 data pre test, nilainya naik seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Setelah mencapai torsi maksimal yaitu 84 Nm pada putaran 4000 rpm, mesin mengalami penurunan torsi, sebagaimana

ditunjukkan pada nilai torsi mulai putaran mesin setelah 4000 rpm. Sedangkan pada gigi percepatan 4 data pre test, torsi maksimal diperoleh nilai sebesar 87 Nm pada putaran mesin 3500 rpm. Hasil uji pada gigi percepatan 3 atau data post test, torsi maksimal naik sebesar 6 Nm dari sebelumnya 84 Nm menjadi 90 Nm pada putaran mesin 3500 rpm. Begitu juga pada gigi percepatan 4, torsi maksimal meningkat cukup signifikan dari 83 Nm menjadi 87 Nm pada putaran mesin 3000 rpm.

Berdasarkan uraian data tersebut, dapat dinyatakan bahwa pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin berpengaruh pada peningkatan nilai torsi maksimal baik pada gigi percepatan 3 dan 4. Bahkan, torsi maksimal sudah bisa tercapai lebih awal yaitu pada putaran mesin 3500 rpm (dibanding 4000 rpm) gigi percepatan 3 dan pada

putaran mesin 3000 rpm (dibanding 3500 rpm) gigi percepatan 4. Berikut merupakan gambar grafik pada gigi percepatan 4 yang bisa menunjukkan secara jelas adanya pengaruh pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin terhadap torsi mesin 1300 cc.



Gambar 5. Data torsi pada pre dan post test

Pembersihan Deposit Karbon dan Volume Ruang Bakar Mesin

Endapan atau deposit karbon yang tertinggal di ruang bakar mesin meskipun tebalnya sangat tipis [5], secara empiris terbukti bisa menurunkan daya dan torsi mesin sesuai dengan hasil penelitian pada topik artikel ilmiah ini. Temuan tersebut sesuai dengan hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa Adanya endapan karbon atau deposit karbon yang menempel pada ruang bakar mesin diyakini dapat mempengaruhi kinerja mesin [4][10]. Sesuai juga dengan penelitian yang menyatakan bahwa endapan karbon dapat mempengaruhi penurunan daya dan kinerja mesin, penurunan kemampuan perpindahan panas, penurunan laju konduksi tetapi peningkatan kandungan emisi toksik [11][12].

Secara teoritis, pada langkah hisap, campuran udara dan bahan bakar akan memenuhi ruang bakar mesin. Sesuai dengan teori fluida gas, campuran tersebut akan memenuhi ruangan. Adanya endapan

atau deposit karbon tentunya secara kalkulasi matematis telah mengakibatkan volume isian ruang bakar mesin menjadi berkurang. Pengurangan volume isian atau penurunan volume isian yang masuk ke ruang bakar mesin inilah yang secara logis diduga kuat dan terbukti secara empiris telah menurunkan kualitas pembakaran dan berikutnya terukur melalui kinerja mesin

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Ada pengaruh pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin terhadap perubahan daya maksimal, yaitu dari 53 hp menjadi 57 hp pada putaran mesin 5500 rpm pada pengujian di gigi percepatan 4. Sementara pada pengujian di gigi percepatan 3 tidak begitu berpengaruh.
2. Ada pengaruh pembersihan deposit karbon dari ruang bakar mesin terhadap perubahan torsi

maksimal. Nilai torsi mengalami peningkatan dari 84 Nm menjadi 90 Nm pada pengujian di didi percepatan 3 dan dari 83 Nm menjadi 87 Nm pada pengujian di gigi percepatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Polinema yang sudah mendanai penelitian ini dalam skema penelitian swadana reguler di tahun 2021 sehingga bisa berkontribusi bagi pengembangan khasanah ilmu pengetahuan khususnya pada bidang mesin otomotif

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Rosyidin, Y. Effendi, Efrizal, and Amir, "Comparative analysis combustion chamber cleaners use carbon cleaner on performance engine type 16 3SZ-VE IL,-4 cylinder valve, DOHC,VVT-i, 1500cc Daihatsu Astra cars," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1477, no. 5, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1477/5/052042.
- [2] Ö. Östürk and O. Sevimoğlu, "Trace elements microanalysis of metal oxides in deposit formed on combustion chamber surface of landfill gas engine using focused ion beam/scanning electron microscopy technique," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 123, no. August 2020, 2021, doi: 10.1016/j.engfailanal.2021.105297.
- [3] M. Pałuchowska and Ł. Jęczmionek, "Impact of the content of ETBE, EtOH and polybutylene-succinate additives on the propensity of E10 petrol to form deposits in combustion chambers," *Fuel*, vol. 162, pp. 34–38, 2015, doi: 10.1016/j.fuel.2015.08.056.
- [4] P. Forooghi *et al.*, "DNS of momentum and heat transfer over rough surfaces based on realistic combustion chamber deposit geometries," *Int. J. Heat Fluid Flow*, vol. 69, no. December 2017, pp. 83–94, 2018, doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2017.12.002.
- [5] P. Ni, Z. Zhang, H. Xu, X. Wang, and Q. Xia, "Diffusion and hygroscopicity of particles from diesel and biodiesel combustion in an environmental chamber.pdf," *energy reports*, vol. 8, pp. 8271–8281, 2022.
- [6] A. Rasliyakov, A. Balakin, N. Vlasova, and N. Klassen, "Method of cleaning from the carbon deposits of the surfaces of the elements of internal-combustion engines without their unbuttoning," in *IOP Conferences: Material Sciences And Engineering*, 2019, pp. 1–5.
- [7] G. T. Kalghatgi, C. R. McDonald, and A. B. Hopwood, "An experimental study of combustion chamber deposits and their effects in a spark-ignition engine," *SAE Tech. Pap.*, no. 412, 1995, doi: 10.4271/950680.
- [8] A. K. Hasannuddin *et al.*, "Performance, emissions and carbon deposit characteristics of diesel engine operating on emulsion fuel," *Energy*, vol. 142, 2018, doi: 10.1016/j.energy.2017.10.044.
- [9] J. W. Martin, M. Salamanca, and M. Kraft, "Soot inception: Carbonaceous nanoparticle formation in flames: Soot inception," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 88, 2022, doi: 10.1016/j.peccs.2021.100956.
- [10] F. Pickl, M. Russer, M. Hauenstein, and M. Wensing, "Modelling and understanding deposit formation and reduction in combustion engines – Application to the concrete case of internal GDI injector deposit," *Fuel*, vol. 236, no. March 2018, pp. 284–296, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2018.08.139.
- [11] T. H. Truong and V. V. Le, "A mini review on the engine deposits and its effect on heat transfer," *J. Mech. Eng. Res. Dev.*, vol. 42, no. 5, 2019, doi: 10.26480/jmerd.05.2019.158.162.
- [12] J. A. Hidayat and B. Sugiarto, "Characteristic, structure, and morphology of carbon deposit from biodiesel blend," *Evergreen*, vol. 7, no. 4, 2020, doi:

10.5109/4150514.

Chamber,” vol. 17, no. 3, pp. 381–388, 2022.

- [13] S. Pehan, M. S. Jerman, M. Kegl, and B. Kegl, “Biodiesel influence on tribology characteristics of a diesel engine,” *Fuel*, vol. 88, no. 6, pp. 970–979, 2009, doi: 10.1016/j.fuel.2008.11.027.
- [14] A. T. Hoang and A. T. Le, “A review on deposit formation in the injector of diesel engines running on biodiesel,” *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 41, no. 5, pp. 584–599, 2019, doi: 10.1080/15567036.2018.1520342.
- [15] Z. Zhang, W. Zhang, X. Ma, O. I. Awad, H. Xu, and S. Shuai, “Effects of GDI injector deposits on spray and combustion characteristics under different injection conditions,” *Fuel*, vol. 278, no. January, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.118094.
- [16] W. Zhang *et al.*, “Impact of injector tip deposits on gasoline direct injection engine combustion, fuel economy and emissions,” *Appl. Energy*, vol. 262, no. x, p. 114538, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.114538.
- [17] R. Nugraha, E. Alwi, and D. Fernandes, “Pengaruh Penambahan Zat Aditif Carbon Cleaner Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Suzuki Shogun 125,” UNP, Padang, 2015.
- [18] M. Wahyu and H. Rahmad, “The Effect of 10% Bioetanol And Carbon Cleaner Mixtures With Engine Gurah Technique on The Level of CO Emission In Corolla Twincam AE 92,” *Vanos*, vol. 3, no. 2, pp. 163–172, Dec. 2018.
- [19] W. L. Agustin, D. Fernandez, and R. Chandra, “Analysis Of The Effect Of Fuel Additive Variations On Power, Torque And Top Speed In Matic Motorcycles,” *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 35–42, 2021, doi: 10.46574/motivection.v3i1.84.
- [20] M. Wahyu, N. Nurlina, and D. Irawan, “Perubahan Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin K3DE 1300 CC dengan Pembersihan Karbon Deposit di Combustion