

Studi Eksperimental Pemasangan Oil Catch Tank (OCT) Pada Mesin 3SZ- VE Terhadap Emisi Gas Buang Dan Prestasi Mesin Yang Dihasilkan

Ricko Yudhanta¹, Sumantri W. Praja², Femmy S. Schouten³, Utut Widyanto⁴, Hari Boedi⁵

Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD (PTDI-STTD)
Jalan Raya Setu No. 89, Cibitung, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17520
e-mail: ¹ricko.yudhanta@ptdisttd.ac.id, ²sumantri.praja@ptdisttd.ac.id,
³femmyschouten@yahoo.com, ⁴utut.widyanto@ptdisttd.ac.id,
⁵hari.budi@ptdisttd.ac.id

Received 04-06-2025; Reviewed 28-06-2025; Accepted 30-06-2025
Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>
DOI: 10.46447/ktj.v12i1.694

Abstract

The use of an Oil Catch Tank (OCT) is intended to optimize the clean air entering the intake manifold and reduce vehicle exhaust emissions. The main function of the OCT is to prevent oil particles or oil vapors from re-entering the intake system. Blow-by gases from the crankcase first enter the OCT tube, where they are trapped by a filter medium (steel wool), allowing only clean air to reach the combustion chamber. From the experimental results, across all OCT filter variations, the lowest CO levels were recorded at 1000 rpm, while the highest CO occurred at 3500 rpm. The highest CO₂ level of 20.97% vol was found under standard vehicle conditions at 4500 rpm. The lowest HC value of 93.57 ppm vol was obtained using a 0.5-micron OCT filter at 5000 rpm. The highest torque and power values of 143 Nm and 108.65 HP, respectively, were achieved when using a 1-micron filter OCT at 6000 rpm. This study confirms that OCT installation can significantly reduce exhaust emissions and improve engine performance. These findings contribute to addressing global environmental concerns, particularly air pollution and climate change caused by the transportation sector. Furthermore, the results support the broader adoption of environmentally friendly automotive technologies, especially in enhancing combustion efficiency and emission control in internal combustion engine vehicles.

Keywords: Oil Catch Tank (OCT), Filter, Emissions, Torque, Power, Environment.

Abstrak

Penggunaan alat Oil Catch Tank (OCT) bertujuan untuk mengoptimalkan udara murni yang masuk ke intake manifold dan mengurangi kadar emisi gas buang kendaraan. Fungsi utama dari OCT adalah untuk mencegah partikel minyak maupun uap oli masuk kembali ke saluran intake. Blow-by gas dari ruang engkol akan terlebih dahulu masuk ke dalam tabung OCT dan ditahan oleh media filter (steel wool) di dalamnya, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar menjadi lebih bersih. Melalui hasil pengujian, pada semua variasi filter OCT, kadar CO terendah terjadi pada putaran mesin 1000 rpm, sedangkan kadar CO tertinggi muncul pada 3500 rpm. Nilai CO₂ tertinggi sebesar 20,97 %vol terjadi pada kondisi standar kendaraan tanpa OCT pada

putaran 4500 rpm. Kadar HC terendah sebesar 93,57 ppmvol diperoleh saat menggunakan filter OCT 0,5 mikron pada 5000 rpm. Nilai torsi dan daya tertinggi masing-masing sebesar 143 Nm dan 108,65 HP diperoleh pada saat kendaraan dilengkapi dengan OCT ukuran 1 mikron pada 6000 rpm. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemasangan OCT dapat secara signifikan menurunkan emisi gas buang serta meningkatkan performa kendaraan. Hal ini berkontribusi terhadap pengurangan polusi udara dari sektor transportasi, yang merupakan isu utama dalam perubahan iklim global. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi otomotif ramah lingkungan, terutama dalam upaya peningkatan efisiensi pembakaran dan pengendalian emisi gas buang pada kendaraan bermotor berbasis internal combustion engine.

Kata kunci : Oil Catch Tank (OCT), Filter, Emisi, Torsi, Daya, Lingkungan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan teknologi di bidang otomotif. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) hingga tahun 2020, jumlah kendaraan mobil penumpang mencapai 15,7 juta unit dan mengalami tren peningkatan rata-rata 5% per tahun (BPS, 2020). Peningkatan jumlah kendaraan bermotor memberikan dampak signifikan terhadap kualitas udara, khususnya akibat emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan dengan mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) (Faiz, Weaver, & Walsh, 1996). Salah satu penyumbang utama pencemaran udara dari kendaraan adalah gas buang yang tidak terbakar sempurna seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan karbon dioksida (CO₂) (Sriyanto, 2008).

Berbagai studi telah dilakukan untuk menurunkan emisi gas buang melalui inovasi teknologi kendaraan, salah satunya adalah penerapan sistem crankcase ventilation yang lebih bersih menggunakan alat Oil Catch Tank (OCT). Alat ini bekerja dengan menangkap uap oli (blow-by gas) yang berasal dari ruang engkol sebelum masuk kembali ke intake manifold. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi deposit karbon dalam ruang bakar (Sharaf, 2013; Gargate & Mahalle, 2014). Menurut penelitian Bastias (2005), pemasangan OCT dapat meningkatkan efisiensi volumetrik dan menurunkan kandungan hidrokarbon dalam emisi. Bonnick (2008) dan Barnett (2011) juga menekankan pentingnya pengendalian sistem ventilasi crankcase terhadap performa dan emisi mesin secara keseluruhan.

Di Indonesia, penelitian mengenai penerapan OCT pada kendaraan bermesin bensin masih terbatas, sehingga diperlukan studi eksperimental untuk mengetahui efektivitas alat ini secara kuantitatif (Soedarmo, 2008). Namun, masih terdapat gap of knowledge dalam hal pengaruh variasi ukuran filter pada OCT terhadap performa mesin dan tingkat emisi gas buang. Penelitian sebelumnya lebih banyak menyoroti peran OCT secara umum tanpa membandingkan efisiensi dari ukuran filter yang berbeda terhadap kinerja kendaraan (Lipson & Sheth, 1973; Supriyadi, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan studi eksperimental terhadap pemasangan OCT dengan dua variasi ukuran filter (0,5 mikron dan 1 mikron) pada mesin Toyota Avanza tipe 3SZ-VE.

Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruhnya terhadap emisi gas buang (CO, HC, CO₂) serta parameter performa mesin (torsi dan daya). Secara lingkungan, penggunaan OCT diharapkan dapat menurunkan kontribusi

kendaraan terhadap pencemaran udara. Dari sisi teknologi, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi pengembangan sistem ventilasi mesin yang lebih bersih dan efisien, serta dapat diaplikasikan dalam modifikasi kendaraan untuk kepentingan otomotif sport maupun harian (Arifin & Sukoco, 2009). Selain itu, temuan dari studi ini juga dapat memberikan kontribusi bagi perumusan kebijakan lingkungan dan regulasi emisi kendaraan di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Pengujian dan Kontrol Kendaraan Bermotor, bertujuan untuk mengetahui sebab akibat yang muncul berdasarkan perubahan perlakuan peneliti. Perubahan perlakuan tersebut adalah pengaruh perubahan hasil Emisi Gas Buang Kendaraan, dan Prestasi Mesin Kendaraan dengan dan tanpa pemasangan alat Oil Catch Tank (OCT) pada kendaraan yang diukur dengan alat ukur.

1. Desain Eksperimen

Desain eksperimen yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan pendekatan pra-eksperimen tanpa acak (non-randomized), dengan kondisi kendaraan dikontrol dan diuji dalam tiga perlakuan: a. Tanpa pemasangan OCT (kondisi standar)
b. Pemasangan OCT dengan filter berpori 0,5 mikron
c. Pemasangan OCT dengan filter berpori 1 mikron

Masing-masing kondisi dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali ($n = 3$) untuk setiap titik putaran mesin mulai dari 1000 rpm hingga 6500 rpm dengan interval 500 rpm. Data diambil secara langsung melalui pengukuran menggunakan alat uji, dan data rata-rata digunakan untuk dianalisis.

2. Objek Penelitian

Objek yang digunakan adalah kendaraan Toyota Avanza tahun 2010 dengan kode mesin 3SZ-VE. Pemilihan kendaraan ini didasarkan pada:

- Mesin tipe 3SZ-VE merupakan representasi umum kendaraan penumpang berkapasitas 1500 cc yang banyak digunakan di Indonesia.
- Kondisi mesin masih standar pabrik tanpa modifikasi internal, sehingga valid sebagai sampel untuk uji pengaruh penambahan alat eksternal.
- Mesin sudah melewati masa pemakaian normal dan masih dalam kondisi laik uji.

3. Validasi Alat Uji

Sebelum pengambilan data, dilakukan kalibrasi dan validasi terhadap peralatan pengujian, sebagai berikut:

- Gas Analyzer Capelec 3201 dikalibrasi menggunakan gas standar referensi (calibration gas mixture) sesuai prosedur pabrikan dan bersertifikat.
- Chassis Dynamometer Hofmann diperiksa kesesuaian torsi dan daya dengan kendaraan referensi standar pabrik.

Validasi dilakukan oleh teknisi laboratorium tersertifikasi dan dicatat dalam berita acara kalibrasi.

4. Prosedur Eksperimen

Langkah-langkah pengambilan data pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

- a. Persiapan kendaraan termasuk pengecekan sistem bahan bakar, sistem pengapian, tekanan ban, dan suhu mesin agar berada pada temperatur kerja (60–70°C).
- b. Pemasangan OCT dilakukan di saluran ventilasi crankcase menuju intake manifold, dengan posisi tetap untuk seluruh perlakuan.
- c. Pengujian Emisi Gas Buang dilakukan menggunakan Capelec 3201 dengan sensor probe diletakkan pada saluran pembuangan (knalpot). Data CO, HC, CO₂, dan O₂ dicatat untuk setiap putaran mesin dari 1000 hingga 6500 rpm.
- d. Pengujian Prestasi Mesin dilakukan menggunakan Chassis Dynamometer. Kendaraan dijalankan di atas roller dyno dan data torsi (Nm) serta daya (HP) diukur untuk setiap titik putaran mesin yang sama.
- e. Prosedur diulang tiga kali untuk tiap perlakuan, lalu dirata-rata. Validasi dilakukan oleh teknisi laboratorium tersertifikasi dan dicatat dalam berita acara kalibrasi.

5. Justifikasi Pemilihan Ukuran Filter

Pemilihan ukuran pori filter pada OCT (0,5 mikron dan 1 mikron) didasarkan pada :

- a. Filter berukuran 0,5 mikron mampu menahan lebih banyak partikel oli dan uap karbon, sehingga dihipotesiskan lebih efektif dalam penurunan emisi.
- b. Filter berukuran 1 mikron memungkinkan aliran udara lebih bebas, sehingga diasumsikan dapat meningkatkan volume udara masuk dan mendukung peningkatan performa mesin (torsi dan daya).

Kedua ukuran dipilih berdasarkan hasil studi awal dan referensi dari Bastias (2005) serta rekomendasi modifikasi ventilasi mesin dari literatur teknis (Barnett, 2011).

6. Variabel Penelitian

Pada bagian ini, akan dibahas mengenai variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini. Variabel penelitian merupakan elemen-elemen yang akan diukur atau diamati untuk memperoleh data yang relevan dalam menjawab permasalahan yang diajukan.

- a. Variabel Bebas: Ukuran filter OCT (tanpa OCT, 0,5 mikron, 1 mikron).
- b. Variabel Terikat: Emisi gas buang (CO, HC, CO₂, O₂); Torsi (Nm); Daya (HP).
- c. Variabel Kontrol: Jenis kendaraan dan spesifikasi mesin; Bahan bakar RON 92; Temperatur oli kerja (60–70°C); Suhu ruang uji (25–40°C) dan kelembaban (25%–60%); Titik pengujian putaran mesin (1000–6500 rpm, tiap 500 rpm).

7. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan sebagai parameter ukur dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

- a. Tool set, alat untuk memasang oil catch tank di posisi sebelum intake manifold.
- b. Stopwatch, untuk mengukur waktu.
- c. Tachometer, untuk mengukur putaran mesin.
- d. Blower, untuk menjaga suhu kerja mesin.
- e. Emisi tester CAPELEC 3201 dan Chassis dynamometer HOFMANN.

f. Alat tulis dan Clipboard.



Gambar 1. Alat Uji Emisi Gas Buang



Gambar 2. Alat Uji Chassis Dynamometer

8. Bahan-bahan yang digunakan sebagai material dalam objek penelitian ini, adalah sebagai berikut :
 - a. Desain OCT berbahan plastik anti panas kombinasi alumunium dengan ukuran : diameter lingkaran 33 mm, dan tinggi 63 mm dimana filternya menggunakan busa 0.5 micron.



Gambar 3. Oil Catch Tank dengan Filter Busa 0.5 Micron

- b. Desain OCT berbahan plastik anti panas dengan ukuran : panjang 90 mm, lebar 75 mm dan tinggi 165 mm dimana filternya menggunakan busa 1 micron.



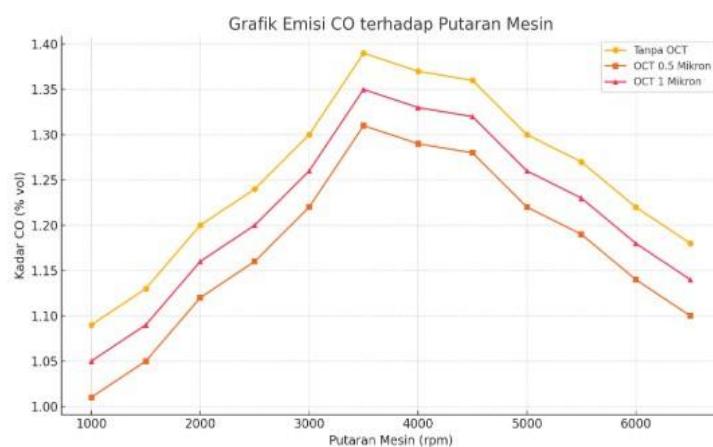
Gambar 4. Oil Catch Tank dengan Filter Busa 1 Micron

- c. Kendaraan Toyota Avanza 2010, dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:
- 1) Tipe mesin : 3SZ-VE 1.5L 16-Valve DOHC
 - 2) Tenaga : 109 PS pada putaran 6.000 rpm
 - 3) Torsi : 141 Nm pada putaran 3.200 rpm
 - 4) Konsumsi BBM : 8-10 km/L (dalam kota), 11-12 km/L (luar kota)
 - 5) Transmisi : Otomatis 4 percepatan
 - 6) Suspensi : MacPerson Strut (F), Dual Link Independent (R)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Emisi Gas Buang

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan Oil Catch Tank (OCT) memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan emisi gas buang, khususnya emisi CO, HC, dan CO₂.



Gambar 5. Grafik Emisi CO terhadap Putaran Mesin

a. Karbon Monoksida (CO)

Kadar CO tertinggi tercatat pada kendaraan tanpa OCT, yaitu 1,39% vol pada putaran 3500 rpm. Setelah pemasangan OCT:

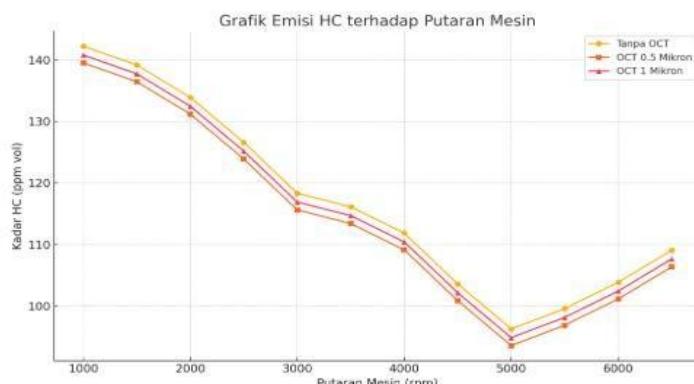
- 1) Dengan filter 0,5 mikron, CO menurun menjadi 1,31% vol.
- 2) Dengan filter 1 mikron, CO tercatat 1,35% vol pada putaran mesin yang sama.

Penurunan ini terjadi karena uap oli dan partikel karbon dari blow-by gas berhasil disaring oleh filter OCT, sehingga tidak masuk ke ruang bakar dan tidak terbakar tidak sempurna menjadi CO. Studi oleh Sharaf (2013) dan Bhandarkar (2013) menunjukkan bahwa uap oli yang ikut terbakar menghasilkan emisi CO dan HC lebih tinggi karena tidak dapat terbakar sempurna dalam kondisi pembakaran normal.

b. Hidrokarbon (HC)

HC merupakan indikator pembakaran tidak sempurna. Nilai HC terendah terjadi pada kondisi:

- 1) OCT filter 0,5 mikron: 93,57 ppmvol pada 5000 rpm.
- 2) Dibandingkan dengan kondisi tanpa OCT yang mencapai 142,22 ppmvol pada 1000 rpm.



Gambar 6. Grafik Emisi HC Terhadap Putaran Mesin

Efektivitas filter 0,5 mikron dalam menyaring uap oli menjadikan udara yang masuk lebih bersih, meningkatkan homogenitas campuran udara bahan bakar, dan memperbaiki efisiensi pembakaran.

c. Karbon Dioksida (CO_2)

CO_2 adalah hasil dari pembakaran sempurna. Nilai CO_2 tertinggi dicapai pada:

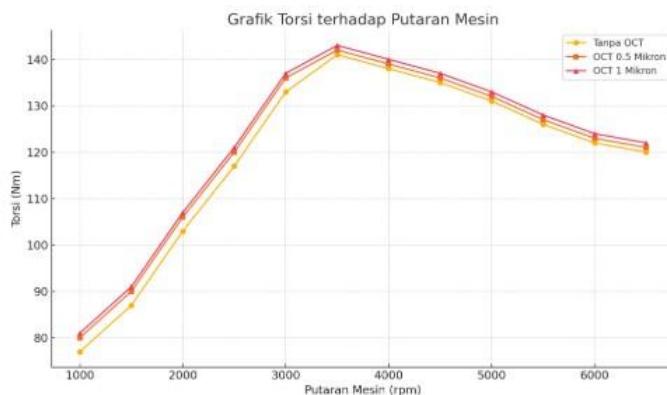
- 1) Kondisi tanpa OCT: 20,97% vol pada 4500 rpm.
- 2) Sementara pada OCT 0,5 mikron: 19,77% vol. 3) Selanjutnya untuk OCT 1 mikron: 20,15% vol.

Ini menunjukkan bahwa filter 1 mikron mendekati kondisi pembakaran standar karena lebih banyak udara masuk, namun efek penyaringan uap oli sedikit lebih rendah dibanding 0,5 mikron.

2. Hasil Uji Performa Mesin

a. Torsi Mesin

- 1) Torsi tertinggi sebesar 143 Nm terjadi pada penggunaan OCT filter 1 mikron di 3500 rpm.
- 2) Sementara tanpa OCT, nilai torsi maksimum hanya 141 Nm.



Gambar 7. Grafik Torsi terhadap Putaran Mesin

Torsi yang lebih tinggi dihasilkan karena udara masuk lebih bersih dan kaya oksigen, serta tidak bercampur uap oli, sehingga proses pembakaran menjadi lebih bertenaga.

b. Daya Mesin

- 1) Daya tertinggi tercatat 108,65 HP pada 6000 rpm saat menggunakan OCT filter 1 mikron.
- 2) Sebaliknya, kondisi standar (tanpa OCT) hanya mencapai 107 HP.



Gambar 8. Grafik Daya terhadap Putaran Mesin

Efek positif ini sejalan dengan penelitian Bastias (2005) yang menyatakan bahwa peningkatan suplai udara bersih ke ruang bakar memperbaiki efisiensi volumetrik mesin dan mengurangi efek knocking ringan akibat deposit karbon.

3. Perbandingan Efektivitas Filter 0,5 Mikron dan 1 Mikron

Efektivitas filter 0,5 mikron unggul dalam menurunkan emisi karena mampu menangkap partikel lebih halus, sementara filter 1 mikron lebih unggul dalam meningkatkan performa karena resistensi udara yang lebih rendah, sehingga memperbesar volume udara masuk.

Tabel 1. Perbandingan Efektivitas Filter 0,5 dan 1 Mikron

Aspek	Filter 0,5 Mikron	Filter 1 Mikron
Penurunan CO & HC	Lebih efektif	Cukup baik
Peningkatan Torsi & Daya	Cukup baik	Lebih tinggi
Mekanisme utama	Penyaringan optimal partikel oli dan karbon	Aliran udara lebih bebas
Efisiensi emisi	Tinggi	Sedang
Efisiensi tenaga	Sedang	Tinggi

4. Mekanisme Teknis Penurunan Emisi dan Peningkatan Performa

Secara teknis, OCT bekerja dengan mengisolasi uap oli dan blow-by gas yang mengandung senyawa karbon tidak terbakar, sebelum masuk ke intake manifold. Tanpa OCT, senyawa ini dapat menurunkan rasio udara-bahan bakar (AFR), menyebabkan ketidakseimbangan campuran, pembakaran tidak sempurna, dan peningkatan emisi CO serta HC. Selain itu, endapan oli di intake dapat membentuk karbon dalam manifold dan katup intake, yang dalam jangka panjang akan menurunkan efisiensi volumetrik. Dengan OCT, udara yang masuk lebih bersih, pembakaran lebih stabil, dan performa mesin meningkat.

Penurunan emisi CO dan HC mendukung program pemerintah dalam pengendalian pencemaran udara dan perbaikan kualitas lingkungan perkotaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi sederhana seperti OCT dapat berkontribusi langsung dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan pembakaran lebih bersih dan optimal, konsumsi bahan bakar dapat menjadi lebih efisien, serta memperpanjang usia mesin karena mengurangi pembentukan kerak karbon. Temuan ini mendukung pengembangan teknologi ventilasi crankcase tertutup (Closed Crankcase Ventilation - CCV) sebagai bagian dari sistem kontrol emisi modern. OCT juga menjadi solusi efektif dan ekonomis dalam dunia modifikasi kendaraan dan motorsport.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan Oil Catch Tank (OCT) pada mesin bensin tipe 3SZ-VE secara signifikan mempengaruhi penurunan emisi gas buang dan peningkatan performa mesin. OCT dengan filter 0,5 mikron terbukti lebih efektif dalam menurunkan kadar CO dan HC dibandingkan dengan filter 1 mikron maupun

kondisi standar tanpa OCT, sedangkan filter 1 mikron memberikan peningkatan torsi dan daya mesin yang lebih tinggi. Efek ini terjadi karena penyaringan partikel oli dan gas blow-by yang lebih optimal pada OCT, menghasilkan udara masuk yang lebih bersih dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Dengan demikian, pertanyaan penelitian mengenai efektivitas pemasangan OCT terhadap emisi dan performa kendaraan telah terjawab secara empiris dan kuantitatif.

Dari sisi kontribusi ilmiah, hasil penelitian ini memperkaya kajian tentang sistem ventilasi crankcase tertutup dan menawarkan bukti eksperimental bahwa variasi ukuran filter OCT dapat memberikan dampak berbeda terhadap emisi dan performa. Secara praktis, temuan ini dapat dimanfaatkan oleh industri otomotif, bengkel modifikasi, dan regulator lingkungan sebagai referensi dalam perancangan sistem pengendalian emisi tambahan yang ekonomis dan mudah diterapkan. Dalam konteks lingkungan, penggunaan OCT dapat menjadi solusi teknis yang mendukung kebijakan penurunan emisi kendaraan dan perbaikan kualitas udara perkotaan.

Sebagai rekomendasi, pemasangan OCT dengan filter 0,5 mikron lebih disarankan untuk kendaraan yang fokus pada efisiensi emisi, sedangkan OCT dengan filter 1 mikron dapat diterapkan pada kendaraan yang mengutamakan peningkatan performa. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan cakupan kendaraan dan kondisi pengujian yang lebih luas, serta pengamatan terhadap efek jangka panjang pada konsumsi bahan bakar dan keausan komponen mesin. Selain itu, hasil studi ini diharapkan dapat mendorong pemerintah dan industri otomotif untuk mempertimbangkan standar pemasangan sistem ventilasi tertutup seperti OCT sebagai bagian dari strategi nasional pengendalian polusi udara dari sektor transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., & Sukoco. (2009). Pengendalian polusi kendaraan. Alfabeta.
- Barnett, M. (2011). Why a functional crankcase ventilation system matters to you and your high-performance engine. Arrington Performance Tech Report.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2020). Statistik transportasi Indonesia 2020. BPS RI.
- Bastias, P. (2005). Air/oil separator with minimal space requirements in the crankcase venting system. Dana Corporation Publication, 66(12), 45–51.
- Bonnick, A. (2008). Automotive science and mathematics. Elsevier.
- Digsy. (2005). Blow-by gas and breather system. Vortex.co.uk and MKIV Supra.net. Retrieved from <https://www.mkivsupra.net/vbb/showthread.php?2166>
- Faiz, A., Weaver, C. S., & Walsh, M. P. (1996). Air pollution from motor vehicles: Standards and technologies for controlling emissions. The World Bank.
- Gargate, S., & Mahalle, R. A. (2014). Estimation of blow-by in diesel engine: Case study of a heavy duty diesel engine. International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, 2(2), 165–170.
- Lipson, C., & Sheth, N. T. (1973). Statistical design and analysis of engineering experiments. McGraw-Hill.
- Sharaf, J. (2013). Exhaust emissions and its control technology for an internal combustion engine. International Journal of Engineering Research and Applications, 3(4), 947–960.
- Sriyanto, J. (2008). Analisa emisi gas buang kendaraan bermotor. Jurnal Teknologi Terapan, 6(1), 757–768.

- Sudarminto. (1973). Motor bakar (Edisi revisi). Carya Remadja.
- Supriyadi. (2011). Modul pemeliharaan/servis engine dan komponen-komponennya. Erlangga.
- Soedarmo, H. (2008). Perawatan dan perbaikan sepeda motor. Gramedia Pustaka Utama.
- Syahrani, A. (2006). Analisa kinerja mesin bensin berdasarkan hasil uji emisi. *Jurnal ROTASI*, 4(4), 260–266.