



PENGUJIAN VARIASI KONDISI *FILTER* UDARA TERHADAP KINERJA MESIN SEPEDA MOTOR SISTEM INJEKSI

Ivan Syahputra^a, Mochammad Hildad Ajiban^{b*}

^aProgram Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya 60231, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

*Corresponding authors at: 6007251004@student.its.ac.id (hildad) Tel.: +6289-676-312595

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 03 Oktober 2025

Direvisi pada 26 Januari 2026

Disetujui pada 15 Februari 2026

Tersedia daring pada 28 Februari 2026

Kata kunci:

Filter udara, daya, torsi, perawatan mesin.

Keywords:

Air filter, power, torque, engine maintenance.

ABSTRAK

Sepeda motor merupakan moda transportasi utama di Indonesia, dengan lebih dari 120 juta unit teregistrasi pada tahun 2023. Performa mesin pembakaran internal sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem pemasukan udara, khususnya *filter* udara, yang berperan penting dalam menyaring partikel asing dan menjaga efisiensi pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kondisi *filter* udara terhadap daya dan torsi mesin Honda Vario 125. Metode eksperimen digunakan dengan empat perlakuan: *filter* bersih, *filter* kotor, tanpa *filter* dengan *box*, dan tanpa *filter* tanpa *box*. Pengujian dilakukan menggunakan *dynamometer* untuk mengukur daya (HP) dan torsi (Nm) pada berbagai putaran mesin. Hasil menunjukkan bahwa kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box* menghasilkan daya dan torsi tertinggi (8,50 HP dan 19,10 Nm), namun berisiko tinggi terhadap keausan komponen mesin. Sebaliknya, *filter* bersih memberikan keseimbangan optimal antara performa dan perlindungan komponen (7,70 HP dan 17,61 Nm), sementara *filter* kotor menunjukkan performa terendah (7,30 HP dan 16,74 Nm) akibat hambatan aliran udara. Temuan ini menegaskan pentingnya pemeliharaan *filter* udara secara berkala untuk menjaga performa mesin dan memperpanjang usia pakai komponen internal.

ABSTRACT

Indonesia's major mode of transportation is motorcycles, with over 120 million authorised units as of 2023. The air intake system, particularly the air filter, is a critical component of internal combustion engines, as it determines the efficacy of combustion and filters foreign particles. The objective of this investigation is to evaluate the impact of air filter conditions on the torque and horsepower of the Honda Vario 125 engine. The experimental technique was implemented with four treatments: a clean filter, a dirty filter, a filter with a box, and a filter without a box. The dynamometer was employed to measure power (HP) and torque (Nm) at a variety of engine velocities during the testing. The results indicated that the condition lacking a filter and box generated the highest power and torque (8.50 HP and 19.10 Nm), but it also resulted in a significant risk of engine component degradation. In contrast, a clean filter achieved an optimal equilibrium between component protection and performance (7.70 HP and 17.61 Nm), whereas a dirty filter exhibited the lowest performance (7.30 HP and 16.74 Nm) as a result of airflow resistance. These results underscore the significance of consistent air filter maintenance in order to preserve engine performance and extend the lifetime of internal components.

1. PENGANTAR

Sektor transportasi memegang peranan vital dalam mendukung aktivitas ekonomi dan sosial di seluruh dunia. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi, kebutuhan akan moda transportasi yang efisien dan terjangkau semakin meningkat. Di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia, sepeda motor telah menjadi tulang punggung mobilitas individu, menawarkan fleksibilitas, kecepatan, dan efisiensi biaya yang sulit ditandingi oleh moda transportasi lainnya (Herwangi dkk., 2017). Pada tahun 2023, jumlah sepeda motor yang teregistrasi di Indonesia mencapai 132.433.679 unit menjadikannya salah satu negara dengan populasi sepeda motor terbesar di dunia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024). Kehadiran jutaan sepeda motor di jalanan tidak hanya mencerminkan dinamika sosial ekonomi, tetapi juga menyoroti pentingnya performa dan efisiensi mesin dalam konteks keberlanjutan energi dan lingkungan.

Mesin pembakaran dalam pada sepeda motor adalah sistem kompleks yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik. Optimalisasi performa mesin tidak hanya berdampak pada daya dan torsi yang dihasilkan, tetapi juga pada efisiensi bahan bakar

dan emisi gas buang. Berbagai faktor dapat memengaruhi performa mesin, mulai dari kualitas bahan bakar, sistem pengapian, hingga kondisi komponen pendukung seperti sistem pemasukan udara (Sugiarto dkk., 2025). Pemeliharaan rutin dan pemahaman mendalam tentang interaksi antar komponen menjadi krusial untuk memastikan mesin beroperasi pada kondisi puncaknya, memperpanjang usia pakai, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai contoh, beberapa studi menunjukkan bahwa perawatan rutin, termasuk pemeriksaan dan pembersihan *filter* udara, dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan kinerja mesin secara keseluruhan (Jankowski & Sandel, 2002).

Salah satu komponen krusial dalam sistem pemasukan udara adalah *filter* udara. *Filter* udara bertugas menyaring partikel-partikel asing, debu, dan kontaminan dari udara luar sebelum masuk ke ruang bakar mesin. Udara bersih sangat esensial untuk proses pembakaran yang sempurna. Partikel-partikel abrasif yang masuk ke dalam mesin dapat menyebabkan keausan dini pada silinder, piston, dan katup, yang pada akhirnya akan mengurangi kompresi, menurunkan daya, dan meningkatkan konsumsi oli (Dziubak & Dziubak, 2022). Oleh karena itu, kondisi *filter* udara secara langsung berkorelasi dengan kesehatan jangka panjang mesin dan kinerjanya secara keseluruhan.

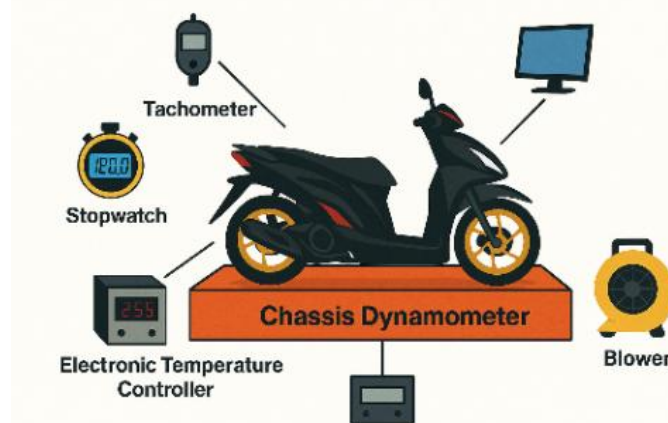
Penelitian yang dilakukan oleh Abdullah dkk., (2014) menunjukkan bahwa peningkatan hambatan aliran udara pada sistem pemasukan, khususnya akibat penggunaan *filter* udara, dapat menurunkan performa mesin dan meningkatkan konsumsi bahan bakar. Penelitian tersebut dilakukan pada mesin bensin satu silinder empat langkah berkapasitas 169 cm³ (Subaru Robin EX17) dengan sistem karburator, yang diuji pada berbagai variasi putaran mesin dan beban menggunakan *dynamometer*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keterbatasan suplai udara menyebabkan campuran udara–bahan bakar menjadi lebih kaya, sehingga pembakaran kurang optimal dan berdampak pada penurunan daya serta peningkatan konsumsi bahan bakar. Pada penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan mesin tanpa *filter* memang memberikan daya dan torsi maksimal karena tidak ada hambatan pada jalur masuk udara, namun kondisi ini justru mempercepat kerusakan dini pada komponen mesin akibat masuknya partikel asing ke ruang bakar (X. Tian dkk., 2023). Hasil serupa juga didukung oleh Dziubak & Dziubak, (2022) yang menemukan bahwa partikel abrasif seperti debu silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) berkontribusi besar terhadap keausan piston, ring, dan liner silinder, sehingga mengurangi kompresi serta meningkatkan konsumsi oli. Model numerik terbaru menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi filtrasi udara dari 97,8% menjadi 99,4% dapat mengurangi laju keausan komponen mesin, seperti piston ring dan silinder, hingga sekitar 80% (Khorshid dkk., 2020). Sementara itu, Tuncer dkk., (2024) menegaskan bahwa *filter* udara dalam kondisi bersih mampu memberikan keseimbangan optimal antara daya mesin dan perlindungan komponen dari partikel asing. Di sisi lain, Thomas dkk., (2013) melaporkan bahwa penggunaan *filter aftermarket* memang berpotensi meningkatkan daya mesin, tetapi berdampak pada peningkatan emisi gas buang serta menuntut perawatan yang lebih intensif.

Honda Vario 125 dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan salah satu sepeda motor skutik dengan jumlah populasi yang besar di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024). Serta menggunakan mesin 125 cc berteknologi PGM-FI yang kinerjanya dipengaruhi oleh kondisi suplai udara masuk (Abdullah dkk., 2014). Karakteristik mesin ini menjadikannya representatif untuk mengkaji pengaruh variasi kondisi *filter* udara terhadap performa daya dan torsi mesin pada sepeda motor harian. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh tiga kondisi *filter* udara yang umum terjadi, yaitu *filter* bersih, *filter* kotor, dan tanpa *filter*, terhadap performa daya dan torsi mesin Honda Vario 125. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang lebih aplikatif dan berbasis data bagi pengguna sepeda motor mengenai pentingnya pemeliharaan *filter* udara secara berkala, serta memberikan masukan bagi industri otomotif dalam mengembangkan desain dan material *filter* yang lebih optimal untuk menjaga kinerja dan ketahanan mesin secara berkelanjutan.

2. METODE

2.1 Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Performa Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, yang berlokasi di Kampus Ketintang, Surabaya. Gambaran pengaturan eksperimen dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan konfigurasi pengujian performa sepeda motor menggunakan *chassis dynamometer*, yang dirancang untuk mensimulasikan kondisi jalan secara statis dan memungkinkan pengukuran daya serta torsi mesin secara akurat. Sepeda motor ditempatkan pada *dynamometer*, sementara berbagai instrumen pendukung digunakan untuk memantau parameter pengujian. *Tachometer* digunakan untuk mencatat putaran mesin (rpm) secara *real-time*, *stopwatch* untuk mencatat durasi pengujian, serta *electronic temperature controller* yang berfungsi menjaga kestabilan suhu selama proses berlangsung. *Blower* diarahkan ke sepeda motor untuk mensimulasikan aliran udara saat berkendara dan membantu pendinginan mesin. Monitor digunakan untuk menampilkan data pengujian secara digital, termasuk grafik performa dan parameter mesin yang direkam oleh *dynamometer*.



Gambar 1: Konfigurasi Pengujian

Perancangan ini dilakukan untuk mendukung pengujian variasi sistem asupan udara, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, sehingga memungkinkan analisis komprehensif terhadap pengaruh konfigurasi tersebut terhadap *output* daya, torsi, dan efisiensi mesin. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan mesin *spark ignition* (SI) yaitu sepeda motor Honda Vario 125 Injeksi dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1: Spesifikasi Mesin Spark Ignition Honda Vario 125

Spesifikasi	Keterangan
Tipe mesin	4-Tak, SOHC,
Kapasitas silinder	124.8cc
Sistem pendingin	Cairan (<i>Liquid Cooled</i>)
Sistem suplai bahan bakar	PGM-FI (<i>Programmed Fuel Injection</i>)
Tipe transmisi	Otomatis V-Matic
Jumlah busi	1 Buah
Sistem Starter	Elektrik
Kapasitas Oli Mesin	0,8 Liter
Sistem Pengapian	<i>Full Transistorized</i>

Tabel 2: Variabel Bebas Penelitian

Variabel Bebas	Level
Kondisi <i>Filter</i> Udara	1 = <i>Filter</i> udara bersih
	2 = <i>Filter</i> udara kotor
	3 = Tanpa <i>filter</i> (dengan <i>cover</i>)
	4 = Tanpa <i>filter</i> (tanpa <i>cover</i>)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kondisi *filter* udara, yang terdiri dari empat level, yaitu *filter* udara bersih, *filter* udara kotor, tanpa *filter* dengan *cover*, dan tanpa *filter* dengan tanpa *cover*. Kondisi ini dipilih untuk mengetahui pengaruh kebersihan dan keberadaan *filter* terhadap performa mesin sepeda motor Honda vario 125.

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pertamina dengan nilai *Research Octane Number* (RON) 92, yang merupakan salah satu produk BBM PT Pertamina (Persero) yang umum dipakai pada sepeda motor berteknologi injeksi seperti Honda Vario 125. Pertamina memiliki angka RON 92 yang menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menahan tekanan dan panas sebelum terjadi detonasi (*knocking*), sehingga dapat mendukung pembakaran yang lebih stabil dan efisien pada mesin bensin berkompresi sedang hingga tinggi (KOMPAS.com, 2025). Selain itu, spesifikasi resmi Pertamina mencakup batasan kandungan sulfur maksimal 0,05% m/m, kandungan timbal (Pb) hingga 0,013 g/l, serta rentang volatilitas penguapan yang sesuai standar untuk mesin kendaraan bermotor, termasuk berat jenis antara 715–770 kg/m³ serta komposisi kimia yang mendukung pembakaran bersih dalam ruang bakar (KOMPAS.com, 2025).

Untuk memastikan bahwa pengaruh yang diukur hanya berasal dari variabel bebas, beberapa variabel kontrol dijaga tetap konstan selama proses pengujian. Variabel kontrol tersebut meliputi:

1. Tipe dan kondisi mesin, yaitu sepeda motor Honda Vario 125 dengan sistem bahan bakar *Programmed Fuel Injection* (PGM-FI) yang sama untuk semua percobaan
2. Beban mesin dan putaran mesin yang distandarisasi pada setiap level uji
3. Lingkungan pengujian, termasuk suhu udara, kelembapan, dan tekanan atmosfer di lokasi pengujian
4. Jenis oli mesin dan level isian bahan bakar yang seragam pada setiap percobaan
5. Prosedur pemanasan mesin (*engine warm-up*) yang konsisten sebelum setiap pengukuran performa dilakukan

Pengendalian variabel-variabel ini dilakukan untuk meminimalkan gangguan hasil dari faktor lain di luar kondisi *filter* udara yang menjadi fokus penelitian.

2.2 Instrumen penelitian

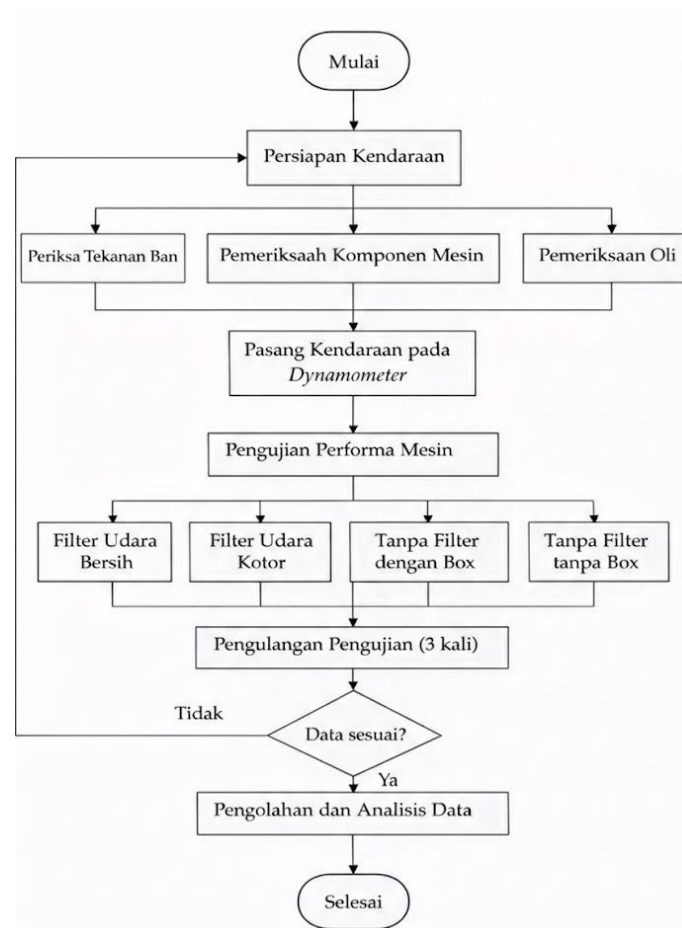
Instrumen yang digunakan dalam penelitian eksperimen ini dituliskan dalam Tabel 3.

Tabel 3: Instrumen Penelitian

Intrumen	Spesifikasi	Measure
Dynamometer	Rextor Pro-Dyno	+9.000 rpm
<i>Software Measure of Performance</i>	220V, 50/60Hz	<i>Power</i> dan <i>Torque</i>
Blower	Krisbow	-

2.3 Prosedur penelitian

Prosedur pengujian dilakukan dengan menggunakan *dynamometer* untuk mensimulasikan kondisi jalan dengan standar pengujian yang sama pada setiap perlakuan, Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap kondisi *filter* udara (bersih, kotor, tanpa *filter* dengan *box*, dan tanpa *filter* tanpa *box*) diuji dengan metode yang sama, yaitu dengan pola bukaan *throttle* penuh (*full open throttle*) untuk mendapatkan performa maksimal mesin dalam setiap skenario. Seluruh pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap kondisi *filter* udara untuk meningkatkan keandalan data dan mengevaluasi *repeatability* hasil pengukuran. Jumlah pengulangan sebanyak tiga kali dipilih karena dianggap memadai untuk merepresentasikan kecenderungan data pengujian performa mesin serta mengurangi pengaruh fluktuasi operasional selama pengujian. Nilai daya dan torsi yang diperoleh dari setiap pengujian kemudian dirata-ratakan untuk merepresentasikan performa mesin pada masing-masing kondisi *filter* udara. Perhitungan nilai rata-rata digunakan sebagai nilai representatif dari hasil pengujian yang dilakukan secara berulang pada setiap kondisi perlakuan.



Gambar 2: Diagram Prosedur Eksperimen

Prosedur pengujian diawali dengan pemeriksaan umum serta komponen kendaraan guna memastikan tidak ada kebocoran oli, tekanan angin ban sesuai standar, sistem pendingin berfungsi normal, dan semua komponen mesin berada dalam kondisi standar pabrikan (Ajiban, 2024). Hal ini penting karena kondisi yang tidak normal dapat memengaruhi hasil pengukuran. Setelah pemeriksaan selesai, sepeda motor diposisikan di atas *roller dno* dan diikat dengan sabuk pengaman untuk memastikan stabilitas selama proses pengujian. Selanjutnya, dilakukan pemanasan mesin selama 10 menit atau sampai suhu kerja mesin di 80 °C pada posisi stasioner untuk memastikan mesin mencapai suhu kerja optimal. Setelah mesin berada dalam kondisi optimal, pengujian performa mesin dilakukan dengan metode daya penuh dan *throttle full open*, mensimulasikan kondisi jalanan umum dengan peningkatan putaran mesin secara bertahap mulai dari 3.000 rpm hingga batas putaran mesin 7.000 rpm tanpa intervensi pengereman tambahan.

Pada setiap kondisi *filter*, pengujian daya (*horsepower*) dan torsi (Nm) dilakukan secara terpisah dengan mengganti kondisi *filter* sesuai dengan perlakuan yang ditetapkan yang dapat dilihat pada Tabel 2. Setelah setiap pergantian kondisi *filter*, mesin dibiarkan sejenak agar suhu stabil di 80 °C sebelum pengujian berikutnya. Pengujian pada setiap kondisi dilakukan tiga kali untuk mendapatkan hasil rata-rata yang lebih representatif.

Selama proses pengujian, data torsi (Nm), daya (*horsepower*), dan putaran mesin direkam secara otomatis oleh perangkat lunak bawaan dari sistem *dyno* (Sportdyno v3.3). Data yang diperoleh kemudian diekspor ke dalam format digital untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak analisis data teknik. Hasil rata-rata dari pengujian digunakan sebagai nilai representatif dalam penelitian ini.

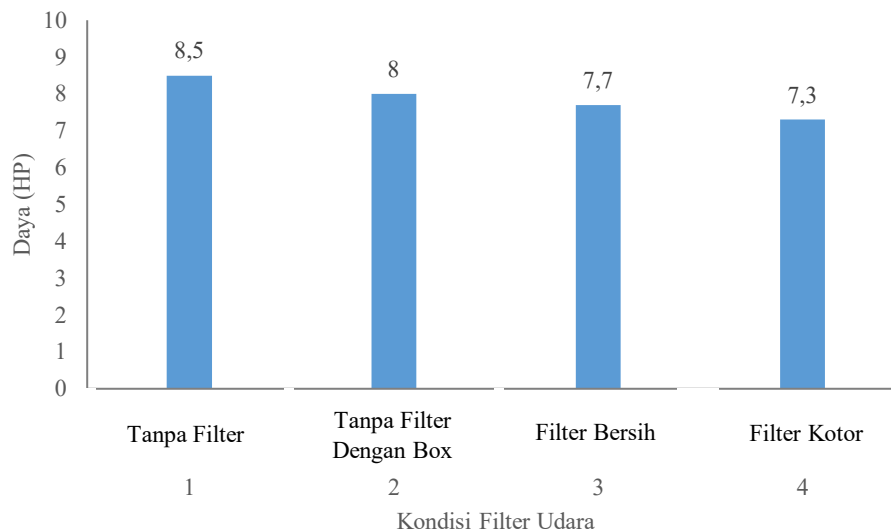
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Hasil pengujian daya dan torsi mesin Honda Vario 125 pada berbagai kondisi *filter* udara berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian menggunakan *dynamometer*. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik guna memudahkan perbandingan performa mesin antar variasi kondisi *filter* udara.

3.1.1 Daya berdasarkan kondisi filter

Pada Gambar 3 ditunjukkan pengaruh variasi kondisi *filter* udara terhadap daya mesin Honda Vario 125. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box* menghasilkan daya tertinggi, sedangkan *filter* kotor menghasilkan daya terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa hambatan aliran udara pada sistem pemasukan udara sangat berpengaruh terhadap kemampuan mesin menghasilkan daya. Semakin kecil hambatan aliran udara menuju ruang bakar, semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh mesin akibat meningkatnya efisiensi pengisian silinder dan kualitas pembakaran.



Gambar 3: Pengaruh Variasi Kondisi *Filter* Terhadap Daya (HP)

Berdasarkan hasil pengukuran Gambar 3 tenaga rata-rata mesin pada berbagai kondisi *filter* udara, dapat terlihat bahwa kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box* menghasilkan tenaga tertinggi, yaitu sebesar 8,50 HP. Hal ini menunjukkan bahwa ketika udara masuk ke ruang bakar tanpa hambatan dari *filter* maupun *box*, suplai udara menjadi maksimal sehingga proses pembakaran lebih optimal dan menghasilkan tenaga yang lebih besar. Namun demikian, meskipun tenaga yang dihasilkan tinggi, kondisi ini tidak ideal untuk pemakaian sehari-hari karena berpotensi membahayakan mesin akibat masuknya debu dan partikel asing tanpa penyaringan.

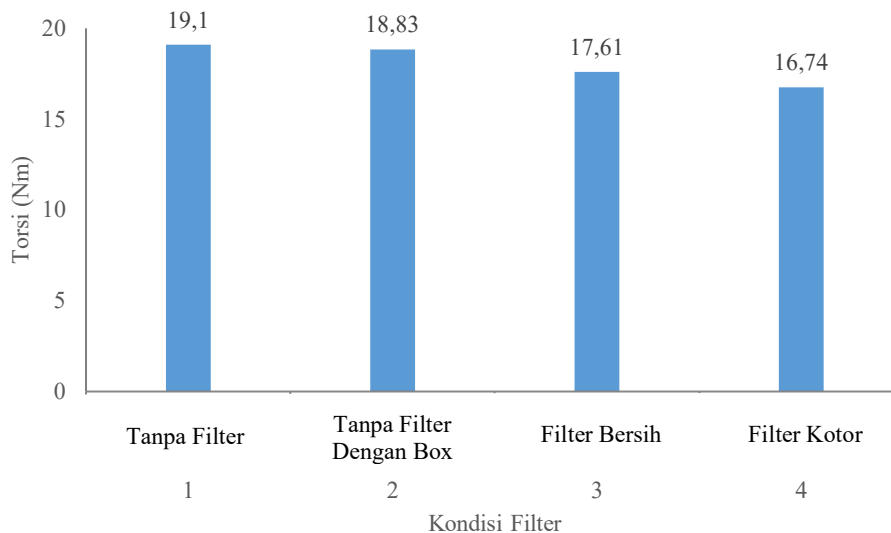
Sementara itu, pada kondisi tanpa *filter* tetapi tetap menggunakan *box*, tenaga rata-rata yang dihasilkan sedikit lebih rendah, yaitu sebesar 8,00 HP. Penurunan ini disebabkan karena adanya *box* yang tetap memberi sedikit hambatan pada aliran udara meskipun tidak ada *filter*, sehingga suplai udara ke ruang bakar tidak semaksimal kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box*. Pada penggunaan *filter* yang bersih, tenaga rata-rata yang dihasilkan berada di angka 7,70 HP. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun ada sedikit hambatan akibat penyaringan udara oleh *filter*, suplai udara masih cukup untuk menghasilkan tenaga yang baik. Keuntungan dari kondisi ini adalah mesin tetap terlindungi dari partikel-partikel berbahaya, sehingga *filter* bersih dapat dikatakan sebagai kondisi ideal karena memberikan keseimbangan antara performa mesin yang baik dan perlindungan terhadap kerusakan. Sedangkan pada kondisi *filter* kotor, tenaga rata-rata yang dihasilkan turun menjadi 7,30 HP.

Pada penelitian ini, kondisi *filter* udara kotor didefinisikan secara operasional sebagai *filter* udara standar yang telah digunakan dalam pemakaian sepeda motor harian selama periode tertentu tanpa dilakukan pembersihan sebelum pengujian. *Filter* udara tersebut berasal dari sepeda motor dengan lama pemakaian 10 bulan penggunaan normal, sehingga secara visual menunjukkan adanya akumulasi debu dan kotoran pada permukaan media *filter*. Lama Pemakaian *filter* udara dalam kondisi operasional nyata diketahui dapat meningkatkan hambatan aliran udara masuk ke ruang bakar, yang berpotensi menurunkan suplai udara dan performa mesin. Kondisi ini merepresentasikan situasi penggunaan nyata (*real-world condition*) pada sepeda motor harian, sebagaimana dilaporkan oleh Fatkhuniam dkk., (2018) bahwa *filter* udara yang digunakan dalam jangka waktu tertentu tanpa perawatan dapat menyebabkan penurunan performa mesin akibat meningkatnya hambatan aliran udara.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar hambatan pada aliran udara akibat kondisi *filter* yang kotor atau terhalang, semakin kecil tenaga yang dihasilkan oleh mesin. Kondisi tanpa *filter* memang memberikan tenaga tertinggi, tetapi sangat berisiko bagi mesin. Oleh karena itu, penggunaan *filter* udara yang bersih dan terawat menjadi pilihan yang paling tepat untuk menjaga performa mesin tetap baik sambil tetap melindungi komponen mesin dari kerusakan akibat partikel asing.

3.1.2 Torsi berdasarkan kondisi *filter*

Pengukuran torsi maksimal mesin pada Gambar 4 di berbagai kondisi *filter* udara, terlihat bahwa kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box* menghasilkan torsi tertinggi, yaitu sebesar 19,10 Nm. Hal ini menunjukkan bahwa ketika udara masuk ke ruang bakar tanpa hambatan dari *filter* maupun *box*, suplai udara menjadi sangat optimal sehingga proses pembakaran dapat menghasilkan gaya puntir (torsi) yang maksimal pada poros mesin. Meskipun demikian, kondisi ini sangat berisiko bagi mesin karena udara yang masuk tidak disaring sama sekali, sehingga partikel debu dan kotoran mudah masuk dan dapat merusak komponen dalam mesin.



Gambar 4: Pengaruh Variasi Kondisi *Filter* Terhadap Torsi (Nm)

Pada kondisi tanpa *filter* tetapi tetap menggunakan *box*, torsi maksimal yang dihasilkan sedikit lebih rendah, yaitu 18,83 Nm. Penurunan ini kemungkinan terjadi karena meskipun *filter* dihilangkan, adanya *box* tetap memberikan sedikit hambatan aliran udara, sehingga suplai udara tidak seoptimal kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box*. Namun, nilai torsi yang dihasilkan masih lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi menggunakan *filter*. Penggunaan *filter* bersih menghasilkan torsi maksimal sebesar 17,61 Nm. Meskipun torsi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dua kondisi tanpa *filter*, *filter* bersih tetap memberikan performa yang cukup baik sambil melindungi mesin dari partikel asing. Kondisi ini dianggap paling seimbang karena menjaga performa mesin tetap tinggi sekaligus memberikan perlindungan terhadap kerusakan. Sementara itu, penggunaan *filter* yang kotor menghasilkan torsi paling rendah, yaitu sebesar 16,74 Nm. Penurunan torsi ini disebabkan karena *filter* kotor menyebabkan hambatan yang besar pada aliran udara, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar sangat terbatas. Akibatnya, pembakaran menjadi kurang sempurna dan torsi yang dihasilkan oleh mesin pun menurun secara signifikan.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar hambatan pada aliran udara akibat kondisi *filter* yang buruk, maka semakin kecil torsi maksimal yang dihasilkan mesin. Meskipun kondisi tanpa *filter* memberikan hasil torsi paling besar, hal itu tidak disarankan untuk pemakaian sehari-hari karena membahayakan mesin. Oleh karena itu, menjaga kebersihan *filter* secara berkala sangat penting untuk memastikan mesin tetap menghasilkan performa yang optimal tanpa mengorbankan keawetan komponen.

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi *filter* udara sangat mempengaruhi daya dan torsi mesin Honda Vario 125. Secara umum, semakin bersih dan optimal kondisi aliran udara ke ruang bakar, semakin tinggi daya dan torsi yang dihasilkan. Namun, kondisi tanpa *filter* yang menghasilkan daya dan torsi paling tinggi juga menimbulkan risiko terhadap keawetan mesin.

Pada pengukuran daya rata-rata, kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box* menghasilkan tenaga tertinggi, sebesar 8,50 HP. Hal ini sejalan dengan temuan Abdullah dkk., (2014) yang menjelaskan bahwa hilangnya hambatan dari *filter* memungkinkan udara mengalir secara maksimal ke dalam ruang bakar, sehingga efisiensi volumetrik meningkat dan pembakaran dapat mencapai kondisi ideal. Peningkatan efisiensi ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan tekanan pembakaran dan percepatan kerja piston, yang pada akhirnya menghasilkan *output* daya yang lebih tinggi. Selain itu, kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box* juga memberikan hasil torsi maksimal tertinggi, yaitu 19,10 Nm, yang memperlihatkan bahwa peningkatan suplai udara bebas hambatan memberikan keuntungan signifikan terhadap performa jangka pendek mesin, terutama dalam akselerasi awal dan pencapaian kecepatan tinggi. Torsi yang lebih besar pada putaran rendah hingga menengah menunjukkan respon *throttle* yang lebih agresif, yang sangat menguntungkan dalam skenario kompetisi seperti *drag race* atau *time attack*.

Namun demikian, peningkatan performa ini bersifat sementara dan berpotensi menimbulkan efek samping jangka panjang terhadap keausan komponen, mengingat udara yang masuk tidak lagi disaring dari debu atau partikel halus yang dapat bersifat abrasif. Partikel-partikel tersebut dapat mempercepat degradasi permukaan silinder, ring piston, dan katup, serta meningkatkan risiko kontaminasi pelumas yang berdampak pada efisiensi pelumasan dan umur pakai mesin. Penelitian oleh Dziubak & Karczewski, (2022) menunjukkan bahwa penggunaan sistem asupan udara tanpa penyaringan menyebabkan peningkatan signifikan pada kandungan silika dan partikel keras lainnya dalam ruang bakar, yang secara langsung mempercepat keausan komponen logam internal dan menurunkan efisiensi termal mesin. Selain itu, studi oleh Dziubak & Karczewski, (2022) juga menegaskan bahwa paparan partikel abrasif dalam jangka panjang dapat menyebabkan peningkatan konsumsi oli dan penurunan kompresi silinder, yang berdampak negatif terhadap performa dan emisi gas buang. Oleh karena itu, meskipun kondisi tanpa *filter* dapat memperlihatkan performa optimal dalam konteks uji daya, penggunaannya tidak direkomendasikan untuk operasional rutin, melainkan hanya relevan untuk pengujian eksperimental atau keperluan kompetisi yang menuntut performa maksimum dalam durasi singkat. Dalam praktik rekayasa kendaraan, pendekatan ini sering digunakan sebagai *baseline* untuk mengukur potensi maksimum mesin sebelum dilakukan optimasi sistem asupan udara yang tetap mempertahankan proteksi terhadap komponen internal.

Namun, kondisi tanpa *filter* ini bukanlah pilihan ideal untuk penggunaan sehari-hari, karena mesin tidak terlindungi dari debu, pasir, atau partikel abrasif lain yang dapat mempercepat keausan komponen internal (Dziubak, 2023). Alam kondisi jalan nyata, terutama di lingkungan berdebu atau berlumpur seperti yang umum ditemukan di wilayah tropis, partikel asing berukuran mikroskopis dapat dengan mudah masuk bersama aliran udara menuju ruang bakar. Ketika partikel tersebut terbawa ke dalam silinder, mereka bertindak layaknya amplas halus yang secara perlahan mengikis permukaan dinding silinder, ring piston, dan kepala piston. Proses ini menimbulkan goresan mikro yang lama-kelamaan memperlebar celah antara komponen, mengurangi tekanan kompresi, serta menurunkan efisiensi pembakaran dan daya mesin. Akibatnya, konsumsi bahan bakar cenderung meningkat dan suhu kerja mesin berpotensi menjadi lebih tinggi akibat gesekan internal yang meningkat. Dalam jangka panjang, kondisi tersebut dapat menurunkan performa mesin dan memperpendek umur pakainya. Hal ini sejalan dengan temuan Nunes dkk., (2021) yang menjelaskan bahwa kondisi sistem pemasukan udara yang tidak optimal, termasuk kontaminasi udara masuk, dapat mempercepat keausan komponen mesin dan menurunkan efisiensi pembakaran.

Sebaliknya, penggunaan *filter* udara dalam kondisi bersih memberikan hasil yang lebih seimbang, dengan daya rata-rata sebesar 7,70 HP dan torsi maksimal 17,61 Nm. Nilai ini memang sedikit lebih rendah dibandingkan kondisi tanpa *filter*, namun masih tergolong tinggi dan stabil untuk penggunaan jangka panjang. *Filter* yang bersih memungkinkan udara mengalir dengan lancar ke ruang bakar tanpa hambatan berarti, sekaligus berfungsi menyaring partikel debu, uap minyak, dan kotoran halus yang berpotensi mengganggu proses pembakaran. Dengan suplai udara yang cukup bersih dan stabil, campuran bahan bakar dan udara dapat mencapai rasio stoikiometri yang ideal, sehingga proses pembakaran berlangsung efisien dan menghasilkan tenaga optimal tanpa meningkatkan risiko keausan pada komponen internal mesin. Kondisi ini dianggap paling ideal karena mampu menyeimbangkan antara performa, efisiensi bahan bakar, dan perlindungan mesin. Selain itu, *filter* udara yang terjaga kebersihannya juga membantu menjaga kestabilan suhu kerja mesin, mengurangi emisi gas buang, dan memperpanjang masa pakai oli karena mengurangi kontaminasi dari partikel luar. Temuan ini sejalan dengan penelitian Zain & Husin, (2013) yang menegaskan bahwa *filter* bersih memberikan keseimbangan optimal antara daya mesin, efisiensi bahan bakar, dan perlindungan komponen, menjadikannya pilihan terbaik untuk penggunaan kendaraan sehari-hari maupun pengujian performa yang berkelanjutan.

Penggunaan *filter* udara dalam kondisi kotor menghasilkan performa terendah, dengan daya rata-rata hanya sebesar 7,30 HP dan torsi maksimal 16,74 Nm. Penurunan ini terjadi karena media *filter* yang telah tersumbat oleh debu, oli, dan partikel kotoran menghambat laju aliran udara ke ruang bakar, sehingga suplai oksigen menjadi terbatas. Kekurangan oksigen tersebut menyebabkan campuran udara dan bahan bakar menjadi lebih kaya (*rich mixture*), yang pada akhirnya menurunkan efisiensi pembakaran dan menghasilkan tenaga yang lebih kecil. Selain itu, pembakaran yang tidak sempurna juga dapat meningkatkan residu karbon pada kepala piston dan katup, menyebabkan penumpukan kerak yang semakin memperburuk performa mesin. Dalam jangka panjang, kondisi ini tidak hanya menurunkan daya dan torsi, tetapi juga mempercepat kerusakan pada sistem bahan bakar dan mengganggu kestabilan putaran mesin. Penelitian sebelumnya telah mendukung temuan ini Dziubak dkk., (2023) melaporkan bahwa *filter* udara yang tersumbat mampu menurunkan daya mesin hingga 20% serta meningkatkan konsumsi bahan bakar hingga 15%. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa *filter* kotor memberikan hambatan signifikan terhadap proses masuknya udara bersih ke ruang pembakaran. Selain peningkatan konsumsi bahan bakar, *filter* yang tidak segera diganti juga meningkatkan emisi gas buang akibat pembakaran tidak sempurna, khususnya karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang berlebih. Oleh karena itu, menjaga kebersihan *filter* udara melalui pembersihan dan penggantian secara berkala merupakan langkah penting dalam mempertahankan performa optimal, efisiensi bahan bakar, dan umur pakai mesin.

Kondisi tanpa *filter* tetapi dengan *box* menunjukkan hasil di antara dua ekstrem konfigurasi, dengan daya rata-rata sebesar 8,00 HP dan torsi maksimal mencapai 18,83 Nm. Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun elemen *filter* dihilangkan, keberadaan *box* masih memberikan sedikit hambatan terhadap aliran udara masuk ke ruang bakar. *Box filter*, meskipun tidak mengandung media penyaring, tetap memiliki bentuk dan volume yang memengaruhi karakteristik aliran udara, seperti turbulensi dan tekanan dinamis. Oleh karena itu, performa mesin dalam konfigurasi ini lebih tinggi dibandingkan saat menggunakan *filter* lengkap, namun tidak seoptimal kondisi tanpa *filter* dan tanpa *box*. Fenomena ini menunjukkan bahwa setiap komponen dalam sistem asupan udara memiliki kontribusi terhadap efisiensi volumetrik dan respons pembakaran.

Dari hasil ini, dapat dipahami bahwa kondisi *filter* udara berperan penting dalam performa mesin, tidak hanya sebagai penyaring partikel, tetapi juga sebagai pengatur karakteristik aliran udara. Sebagaimana disebutkan oleh Nunes dkk., (2021), perawatan *filter* udara secara rutin dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar hingga 5% serta menjaga performa mesin tetap optimal dalam jangka panjang. Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa meskipun kondisi tanpa *filter* dapat menghasilkan daya dan torsi yang lebih tinggi dalam pengujian jangka pendek, risiko kerusakan komponen akibat masuknya partikel abrasif jauh lebih besar. Kontaminasi partikel halus dapat mempercepat keausan silinder, ring piston, dan katup, serta menurunkan kualitas pelumasan internal. Oleh karena itu, pendekatan optimal dalam penggunaan kendaraan sehari-hari adalah menjaga kebersihan *filter* udara dan menggantinya secara berkala sesuai rekomendasi pabrikan. Langkah ini tidak hanya menjaga performa mesin tetap stabil, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar, pengurangan emisi, dan perpanjangan umur pakai komponen mesin. Dalam konteks rekayasa kendaraan, keseimbangan antara performa dan ketahanan menjadi kunci utama dalam menentukan konfigurasi sistem asupan udara yang ideal.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini memperkuat bukti empiris mengenai pentingnya kondisi *filter* udara terhadap performa, efisiensi, dan ketahanan mesin sepeda motor. Hasil yang diperoleh menunjukkan hubungan yang konsisten antara kebersihan *filter* udara dan peningkatan daya serta torsi, sekaligus menegaskan risiko signifikan dari penggunaan tanpa *filter* terhadap umur pakai mesin. Penelitian ini juga melengkapi hasil-hasil sebelumnya dengan konteks nyata pada sepeda motor Honda Vario 125, yang mewakili karakteristik umum kendaraan roda dua di Indonesia sebagai moda transportasi utama. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan validasi terhadap teori-teori yang telah ada mengenai pengaruh aliran udara terhadap pembakaran internal, tetapi juga menghadirkan kontribusi praktis bagi pengguna dan teknisi dalam upaya pemeliharaan kendaraan agar tetap efisien dan tahan lama. Di masa mendatang, hasil ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan desain sistem filtrasi udara yang lebih efisien serta mendukung penerapan teknologi ramah lingkungan pada kendaraan bermotor.

4. KESIMPULAN

Kondisi filter udara memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja mesin sepeda motor sistem injeksi. Perbedaan hambatan aliran udara pada setiap konfigurasi filter terbukti memengaruhi daya dan torsi yang dihasilkan mesin. Kondisi tanpa filter meningkatkan performa dalam jangka pendek karena minimnya hambatan aliran udara, namun berpotensi mempercepat keausan komponen akibat masuknya partikel abrasif ke dalam ruang bakar. Sebaliknya, penggunaan filter udara dalam kondisi bersih memberikan keseimbangan terbaik antara performa dan perlindungan mesin, sehingga lebih direkomendasikan untuk penggunaan operasional sehari-hari. Sementara itu, filter udara yang kotor menyebabkan penurunan performa akibat terbatasnya suplai udara yang mengganggu efisiensi proses pembakaran. Oleh karena itu, pemeliharaan dan penggantian filter udara secara berkala merupakan langkah penting untuk menjaga stabilitas performa mesin, meningkatkan efisiensi pembakaran, serta memperpanjang umur pakai komponen internal mesin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Negeri Surabaya atas dukungan akademik dan fasilitas penelitian yang diberikan selama proses studi ini. Penghargaan yang sama juga disampaikan kepada tim pengelola Laboratorium Pengujian Performa Mesin Program Studi Pendidikan Teknik Mesin atas bantuan teknis, penyediaan alat uji, serta pendampingan selama pelaksanaan eksperimen. Dukungan dan kerja sama seluruh pihak sangat berkontribusi terhadap kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. R., Shahrudin, N. S., Mamat, R., Mamat, A. M. I., & Zulkifli, A. (2014). Effects of air intake pressure on the engine performance, fuel economy and exhaust emissions of a small gasoline engine. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences* 6, 949–958.
- Ajiban, M. H. (2024). Analisis Perpindahan Panas Berdasarkan Distribusi Temperatur Melalui Variasi Dimensi Fin Engine Block. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 5, 27–31.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2024). Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi Dan Jenis Kendaraan (Unit), 2023. Badan Pusat Statistik Indonesia. Diakses Januari, 2026, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VjJ3NGRGa3dkRk5MTIU1bVNFOTVVbmQyVURSTVFMUMDkjMw%253D%253D/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-provinsi-dan-jenis-kendaraan-unit---2023.html?year=2023>.
- Dziubak, T., & Dziubak, S. D. (2022). A Study on the Effect of Inlet Air Pollution on the Engine Component Wear and Operation. *Energies* 15, 3.
- Dziubak, T., & Karczewski, M. (2022). Experimental Study of the Effect of Air *Filter* Pressure Drop on Internal Combustion Engine Performance. *Energies* 15, 9.
- Dziubak, T., Karczewski, M., & Dziobek, I. (2023). Empirical study of the effect of the air *filter* on the performance and exhaust emissions of a diesel engine. *Combustion Engines* 193, 94–111.
- Fatkhuniam, A., Wijaya, M. B. R., & Septiyanto, A. (2018). Perbandingan Penggunaan *Filter* Udara Standar dan Racing Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor Empat Langkah. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin* 3, 130–137.
- Herwangi, Y., Pradono, P., Syabri, I., & Kustiwan, I. (2017). Transport Affordability and Motorcycle Ownership in Low-income Households: Case of Yogyakarta Urbanised Area, Indonesia. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 11, 14.
- Jankowski, A., & Sandel, A. (2002). Some problems of improvement of fuel efficiency and emissions in internal combustion engines. *Combustion Engines* 1, 333–356.
- Khorshid, E., Alazemi, A., & Alfadhli, A. (2020). Numerical minimisation of abrasive-dust wear in internal combustion engines. *International Journal of Surface Science and Engineering* 14, 68.
- KOMPAS.com. (2025). Pertamina Pastikan Pertamax yang Beredar Saat Ini Sesuai Spesifikasi, Bukan Campuran Peralite. Kompas.com. Diakses Januari, 2026, dari <https://www.kompas.com/tren/read/2025/02/25/154500665/pertamina-pastikan-pertamax-yang-beredar-saat-ini-sesuai-spesifikasi-bukan?page=all>.
- Sugiarto, M., Herdiyato, Y. D., Prasetyo, H., Karyanto, Y., Sadili, R., Hardianto, D., et al. (2025). Air Optimization on Motorcycle Intake Manifold Towards. *Journal Name [Teks Terpotong]* 6, 85–94.
- Thomas, J., West, B., & Huff, S. (2013). Effect of air *filter* condition on diesel vehicle fuel economy. *SAE Technical Papers* 2, Issue January 2009.
- Tian, J., Song, X., & Zhang, J. (2022). Spatial-Temporal Pattern and Driving Factors of Carbon Efficiency in China: Evidence from Panel Data of Urban Governance. *Energies* 15, 1–24.
- Tian, X., Ou, Q., Lu, Y., Liu, J., Liang, Y., Pui, D. Y. H., & Yi, H. (2023). Influence of Oil Content on Particle Loading Characteristics of a Two-Stage Filtration System. *Atmosphere* 14, 3.
- Tuncer, E., Akal, D., & Kumkale, H. M. (2024). Investigation of the Effects of Air *Filter* Design Changes on Engine Performance and Emissions in Portable Single Cylinder Irrigation Engines. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research* 8, 120–128.