

ANALISA PERFORMA *INTERNAL COMBUSTION ENGINE* MOTOR BENSIN PADA BERBAGAI VARIASI PUTARAN MESIN DENGAN ANSYS FORTE

PERFORMANCE ANALYSIS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE GASOLINE MOTORCYCLES IN VARIOUS VARIATIONS OF ENGINE ROTATION SPEED WITH ANSYS FORTE

Riyan Fenando*, I Kade Wiratama, I Made Mara

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62 Mataram,
NTB, 83125, Indonesia

*Corresponding author

E-mail addresses: riyanfenando1980@gmail.com

<https://doi.org/10.29303/empd>.

Received; Received in revised form; Accepted

ABSTRACT

In internal combustion engines, performance is very important, because it can be seen how much indicated power and exhaust emissions are. In this research, to analyze the performance of the internal combustion engine of a petrol motorbike using a simulation method using Ansys Forte software by varying the engine rotation speed of 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm and 6000 rpm. The aim of this research is to find out the indicated power and exhaust emissions. Variations in engine rotation speed in this study greatly influence the performance of the internal combustion engine. In terms of power indication, there is a consistent increase along with increasing rpm. The largest indicated power occurs at 6000 rpm with the highest value of 18,97 kW. At 2000 rpm, data shows high CO levels of 5,3% by volume. CO levels tend to be stable at rpm above 3000 (namely 4000, 5000, and 6000 rpm) with values between 3,5% and 3,7% by volume. At 2000 rpm, HC levels reached 206.14 ppm, which was higher compared to other rpms. This is caused by low engine compression and a fuel mixture that is too rich.

Keywords: Performance Internal Combustion Engine, ANSYS 2023R2, Ansys Forte, power indications, exhaust emissions, Revolution Per Minute.

1. Pendahuluan

Sekarang ini transportasi darat sudah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat. Adapun mode alat transportasi darat yang salah satunya adalah kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor memerlukan mesin sebagai penggerak, baik untuk kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat. Mesin pada kendaraan itulah yang disebut dengan *internal combustion engine* atau mesin pembakaran dalam. *Internal Combustion Engine* merupakan sebuah mesin yang sumber tenaganya berasal dari pembakaran gas-gas panas bertekanan tinggi dimana hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara, berlangsung di dalam ruang bakar [1]. Motor bensin merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang proses pembakaran bahan bakarnya dilakukan

didalam ruang bakar silinder itu sendiri dengan bantuan percikan bunga api dari busi [2]. Kinerja mesin bensin ditunjukkan dalam data Torsi dan Power, berbagai metode dilakukan untuk memperoleh data performa mesin bensin yang mengukur *output* komponen *crankshaft*, suhu *inlet* dan *outlet* ruang bakar dan suhu lingkungan [3].

Dalam *internal combustion engine* performansi merupakan hal yang sangat penting, karena itu harus dapat diketahui berapa besar daya, pemakaian bahan bakar spesifik, *efisiensi thermal brake* dan yang lainnya, serta kita juga dapat melihat perbandingan performansi ketika *internal combustion engine* menggunakan bahan bakar yang berbeda [4]. Kinerja dan performa *internal combustion engine* sangat dipengaruhi oleh proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Untuk menghasilkan suatu kerja yang optimal dari mesin bensin, maka diharapkan pencampuran bahan bakar dengan udara terjadi dengan sempurna sesuai dengan kebutuhan mesin [5].

Untuk menganalisa peforma pada *internal combustion engine* motor bensin ada berbagai metode yang bisa dilakukan yang salah satunya adalah dengan metode simulasi dengan menggunakan perangkat lunak (*software*). Dalam simulasi untuk mengurangi jumlah pengujian eksperimental karena fasilitas dan biaya yang terbatas dapat menjadi solusi. model pembakaran yang digunakan, sangat mempengaruhi hasil simulasi. Beberapa parameter model pembakaran harus diterapkan sesuai dengan pendekatan eksperimental [6].

Pada proses pembakaran dalam nantinya akan menghasilkan emisi gas buang. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor sangat berbahaya bagi lingkungan dan terhadap kesehatan manusia [7]. Di dalam gas buang (emisi) terdapat beberapa unsur kimia seperti air (H₂O), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC) [8]. Maka dari itu untuk mengendalikan pencemaran udara adalah selalu merawat kendaraan secara rutin agar tidak mengakibatkan kerusakan dalam mesin yang mengakibatkan keluarnya gas buang yang sangat berbahaya.

Seiring dengan teknologi komputer sangat pesat khususnya dalam bidang *software*. Penerapan perangkat lunak pada permasalahan Peforma *Internal Combustion Engine* diharapkan meningkatkan kualitas dan keakuratan hasil analisis dengan mendekati hasil sebenarnya.

Dalam penelitian ini menggunakan *software Ansys Forte* untuk menganalisa bagaimana performa *Internal Combustion Engine* motor bensin dengan berbagai variasi putaran mesin dengan *Ansys Forte*. Para peneliti terdahulu sebagian besar meneliti performa *Internal Combustion Engine* pada motor bensin secara experimental. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji performa *internal combustion engine* motor bensin dengan berbagai variasi putaran mesin dengan cara mensimulasikan menggunakan *software Ansys Forte*.

2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini alat dan bahan yang di gunakan yaitu Komputer Intel® Core™ i7-10510U CPU @ 1.80 GHz dengan Windows 11 Profesional 64-bit, *Software Ansys 2023 R2*, *Software Ansys Forte*. Metode penelitian yang di pakai oleh penulis yaitu dengan metode simulasi dengan *software ansys forte*.

• Metode simulasi dengan *ansys forte*

- a. Memilih *analysis system IC engine* dan *setting* pada *ansys*
Pada tahapan ini memilih pada *toolbar Analysis system IC Engine Forte* lalu mengatur dan memasukkan data yang dibutuhkan seperti *Simulatin type*, *Solution type*, *Coneccting rod length*, *Crank radius*, *piston offset*, *minimum lift*, dan *valve profile*.
- b. Geometri *import dan design modeler*
Pada *design modeler geometry* dilakun penginputan beberapa parameter seperti kompresi rasio, penentuan *spark*, *beam*, *valve*, *body valve*, *seat valve*, *spray cone*, dan *injection plane*. Penginputan ini dapat dilakukan pada *toolbar input manager*, *point* dan *x-plane*.
- c. Proses *meshing*
Meshing, yaitu proses membagi geometri menjadi elemen elemen nantinya akan menghasilkan node-node yang digunakan dalam perhitungan komputasi secara elemen hingga. Semakin kecil elemen yang dibentuk maka akan semakin besar pula persamaan yang harus di selesaikan oleh

sistem komputasi sehingga beban komputer akan semakin besar akan tetapi hasil yang di peroleh semakin akurat. Setelah tanda pada geometri sudah tercentang lalu klik 2 kali pada *icon mesh* lalu pada halaman *meshing* klik *update mesh* dan proses *meshing* pun sudah selesai. Cek *meshing* apakah ada kesalahan sebelum ke proses selanjutnya.

d. *IC solver setup*

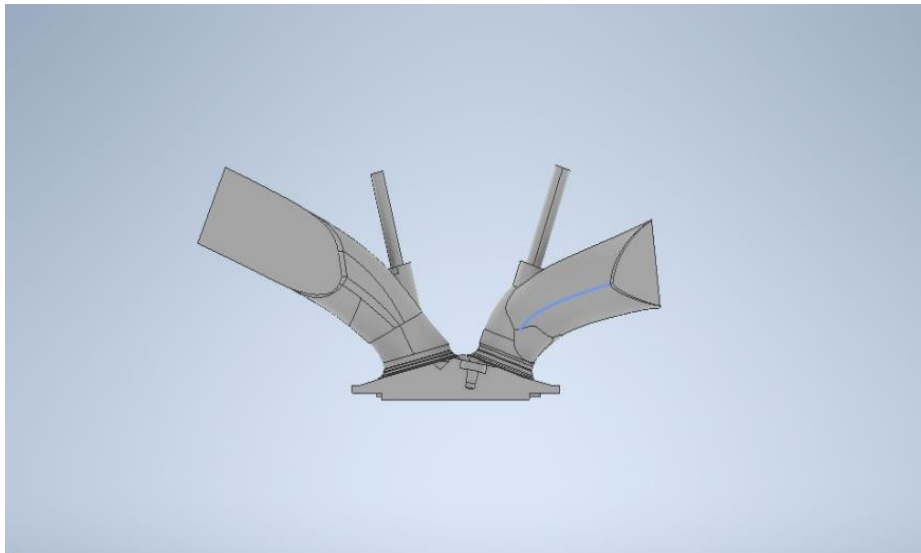
Setelah *geometry* yang terdekomposisi digabungkan dengan benar, maka dapat diatur sudut engkol awal dan akhir, kondisi batas, monitor dan gambar pasca pemrosesan. Dan juga dapat memutuskan data dan gambar mana yang harus di sertakan dalam laporan.

e. *Running and the solution pada ansys forte*

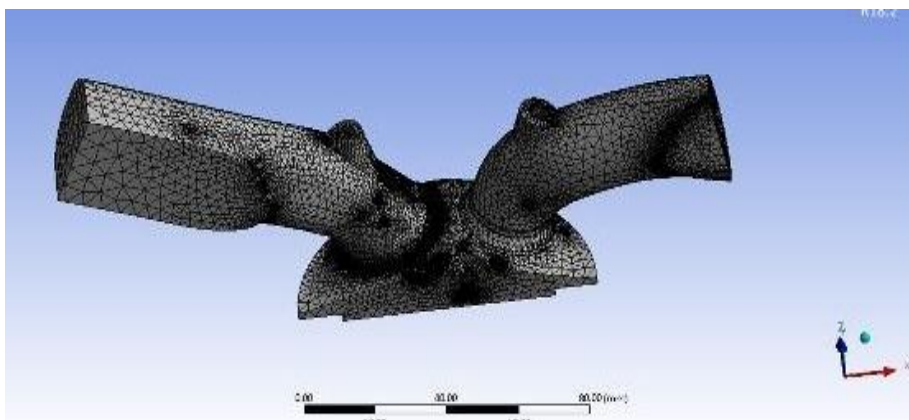
Pada tahap ini akan dibawa ke *Ansys Forte* yang dimana dilakukan pengecekan dan penginputan kembali sebelum melakukan *running simulation*. Pertama dilakukan pengecekan *spray model*, lalu dilakukan penginputan bahan bakar serta *flame speed model* dan dilanjutkan dengan *control simulation* untuk mengatur kecepatan putaran mesin. Setelah semua dirasa benar maka dilakukan *running simulation*.

f. *Results*

Pada tahap ini simulasi sudah selesai dan tinggal mengambil hasil atau data lalu di olah dan di analisa data tersebut. Data dapat berupa diagram, gambar hasil simulasi, grafik dan animasi hasil simulasi.



Gambar 1 Pemodelan *geometry engine head*



Gambar 2 Hasil meshing

3. Hasil dan Pembahasan

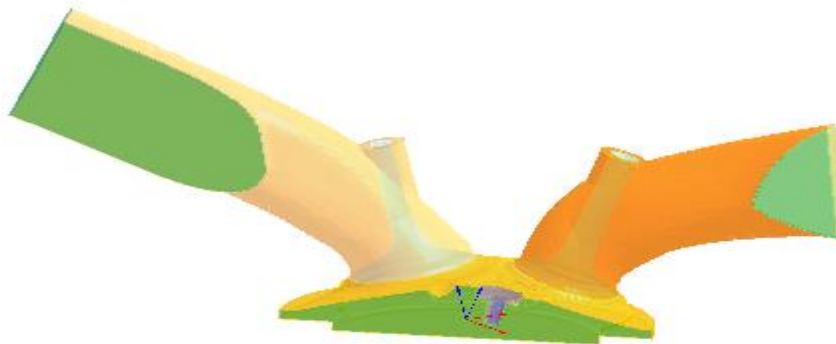
Pada penelitian ini terdapat data hasil penelitian yang berbentuk angka, grafik maupun gambar yang didapatkan dengan metode simulasi menggunakan *Ansys Forte* yang meliputi nilai tekanan dalam silinder, *indicated mean effective pressure*, dan emisi gas buang dengan memvariasikan kecepatan putaran mesin 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, dan 6000 rpm.

Setting spesifikasi engine pada metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dilakukan untuk mendapat hasil simulasi menggunakan *software Ansys Forte*. Berikut *setting spesifikasi engine* yang digunakan.

Tabel 1. *Setting spesifikasi engine*

Keterangan	Unit	Spesifikasi
<i>Engine Type</i>	-	<i>Single cylinder</i>
<i>Combustion Engine Solution Type</i>	-	<i>Full Engine</i>
<i>Stroke</i>	mm	90
<i>Connecting rod</i>	mm	144,3
<i>Diameter bore</i>	mm	84
<i>Piston Offset</i>	mm	0
<i>Compression ratio</i>	-	10:1
<i>Exhaust valve max lift</i>	mm	9,3
<i>Intake valve max lift</i>	mm	9,3
<i>Crank radius</i>	mm	45

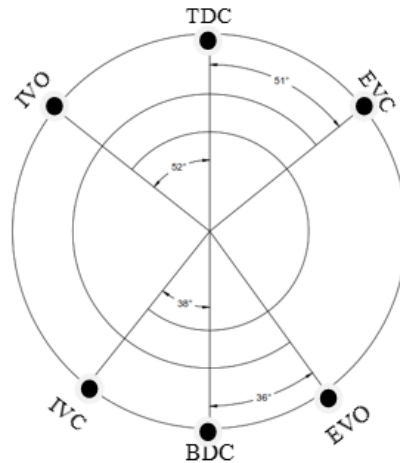
Pada *Ansys Forte* telah disediakan gambar *geometry engine head* untuk proses simulasi *internal combustion engine* yang bisa disesuaikan dengan *setting spesifikasi engine* yang akan digunakan. *Setting spesifikasi engine* yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada tabel 1.



Gambar 3 *Geometry engine head*

Proses simulasi dimulai dari sudut engkol 32° BTDC dengan dan berakhir pada 20° BBDC memvariasikan putaran mesin 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, dan 6000 rpm dan. *Intake Valve Open (IVO)* terjadi pada sudut engkol 52° BTDC dan *Intake Vave Closed (IVC)* terjadi pada sudut engkol 38° ABDC dengan maximum lift 9,3 mm. *Exhaust Valve Open (EVO)* terjadi pada sudut engkol 36° BBDC dan *Exhaust Valve Closed (EVC)* terjadi pada sudut engkol 51° ATDC dengan

maksimum *lift* 9,3 mm. Bahan bakar mulai di injeksikan pada sudut engkol 60° ATDC hingga $78,7^\circ$ ATDC. Busi mulai memercikkan bunga api pada sudut engkol 15° BTDC hingga 5° BTDC.

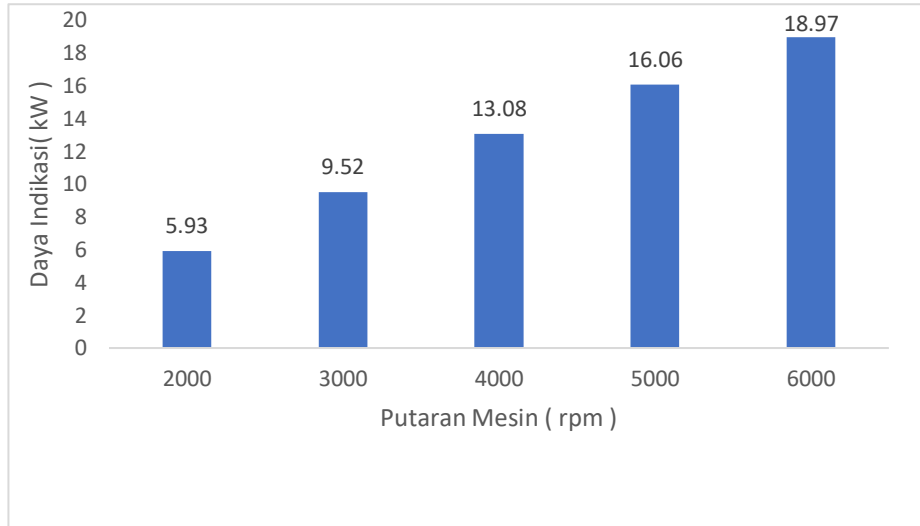


Gambar 4 Diagram valve

Tabel 2. *Indicated Effective Pressure* pada hasil simulasi

RPM	IMEP (kPa)
2000	713,07
3000	763,43
4000	786,10
5000	772,63
6000	760,22

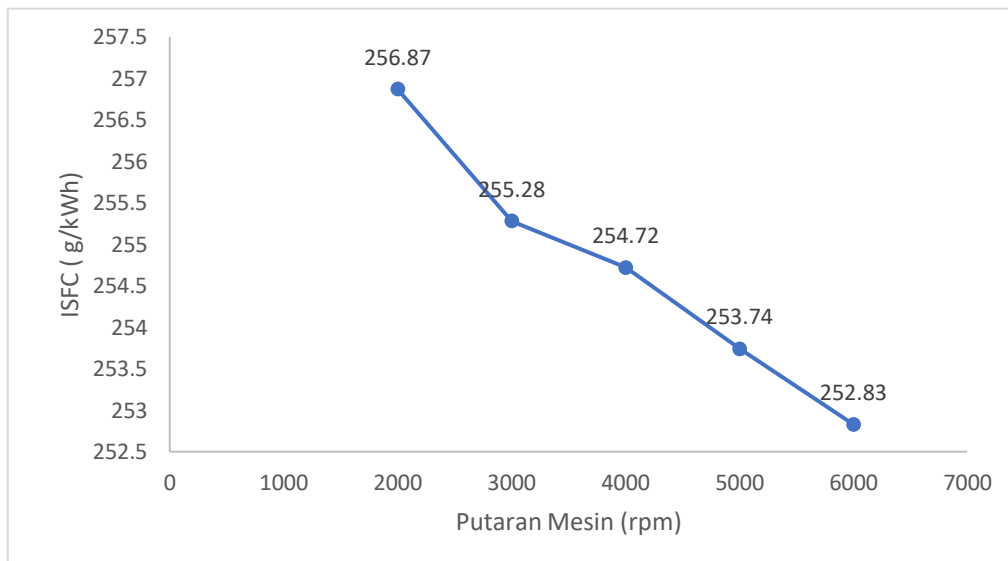
Pada hasil simulasi didapatkan data IMEP yang menunjukkan tren umum peningkatan IMEP dengan kenaikan rpm hingga mencapai puncak pada 4000 RPM sekitar 786,10 kPa, setelah itu IMEP mulai menurun lagi. Puncak IMEP terjadi pada 4000 rpm, peningkatan IMEP disebabkan oleh efisiensi pembakaran yang baik dan *valve overlap* yang sesuai. Meskipun terjadi peningkatan IMEP hingga 4000 rpm, IMEP mulai menurun di atas rpm ini. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pembakaran yang kurang efisien dan penurunan IMEP pada 5000 dan 6000 RPM menunjukkan bahwa *valve overlap* mungkin tidak lagi memberikan manfaat yang sama pada kecepatan yang lebih tinggi. Meskipun terdapat fluktuasi dalam data, IMEP pada 5000 dan 6000 rpm masih berada pada tingkat yang cukup stabil, dengan 772,63 kPa dan 760,22 kPa masing-masing. Ini menunjukkan bahwa mesin telah mencapai tingkat keseimbangan tertentu pada rpm tersebut, di mana kinerjanya stabil. Besarnya IMEP mempengaruhi daya indikasi yang dihasilkan.



Gambar 5 Diagram hubungan daya indikasi dengan putaran mesin

Data menunjukkan peningkatan daya indikasi seiring dengan kenaikan rpm. Semakin tinggi rpm mesin semakin besar daya indikasi yang dihasilkan. Daya indikasi naik disebabkan oleh pembakaran yang efisien, dan pencampuran udara-bahan bakar yang baik. Meskipun terdapat peningkatan daya, peningkatan daya tampaknya semakin lambat pada setiap kenaikan rpm. Ini bisa mengindikasikan bahwa pada rpm yang lebih tinggi, daya bisa saja turun.

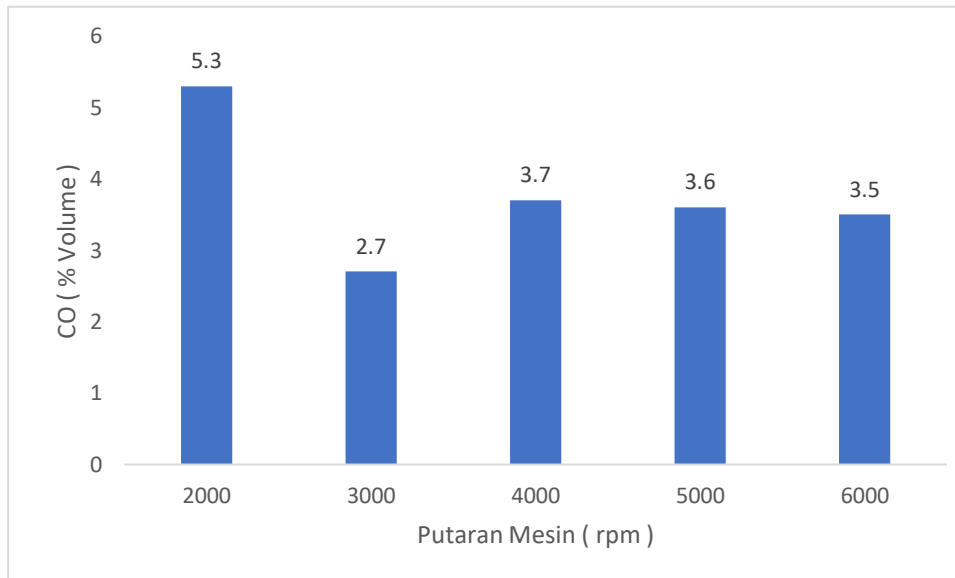
Daya indikasi mempengaruhi *Indicated Specific Fuel Consumption*, mesin yang dapat menghasilkan lebih banyak daya dengan konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit akan dianggap lebih efisien.



Gambar 6 Grafik ISFC terhadap putaran mesin

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran mesin, ISFC semakin menurun. Ini menunjukkan bahwa pada putaran mesin yang lebih tinggi, mesin lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar untuk menghasilkan energi. Ini adalah karakteristik yang diharapkan, karena pada putaran mesin yang lebih tinggi, lebih banyak pekerjaan yang dapat dilakukan per satuan waktu, sehingga menghasilkan lebih banyak energi dengan jumlah bahan bakar yang sama atau lebih sedikit. Jumlah siklus dalam suatu mesin sangat memengaruhi daya total yang dihasilkan. Semakin banyak siklus yang terjadi dalam satu unit waktu, semakin banyak daya yang dapat dihasilkan oleh mesin. Itu sebabnya mesin dengan rpm yang tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak daya. *Valve overlap* dapat juga memengaruhi performa mesin. *Valve overlap* dalam siklus mesin dapat meningkatkan sirkulasi

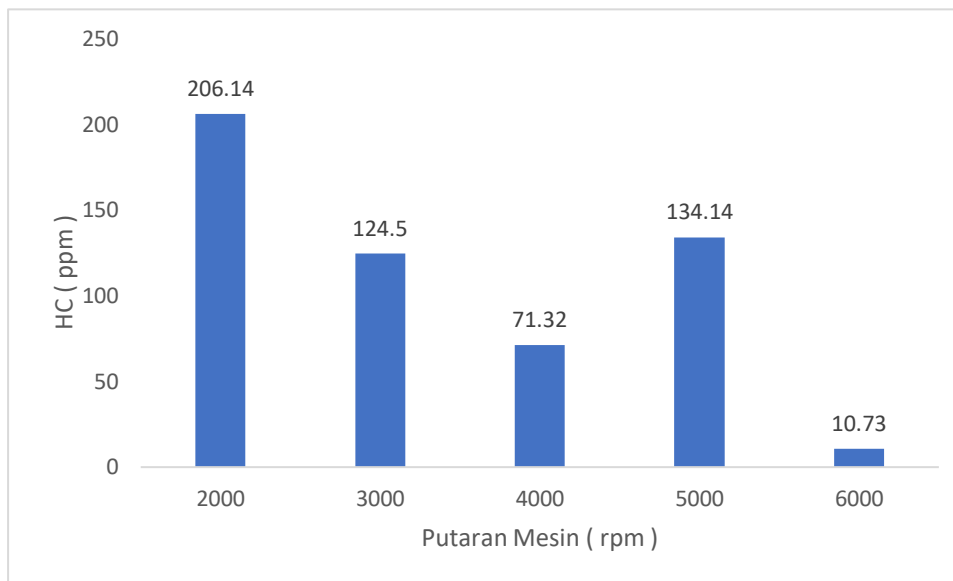
campuran udara-bahan bakar dan gas buang di dalam ruang bakar. Ini dapat memiliki efek positif pada pengisian ruang bakar dan pembakaran yang lebih efisien serta menghasilkan daya yang lebih besar. Dalam beberapa kasus, *valve overlap* dapat membantu meningkatkan daya mesin karena dapat menghasilkan pergerakan campuran udara-bahan bakar yang lebih baik [9].



Gambar 7 CO versus Variasi putaran mesin

Data menunjukkan pada 2000 rpm kadar CO yang tinggi sebesar 5,3% volume. Tingginya emisi gas buang disebabkan oleh kurangnya oksigen untuk menghasilkan pembakaran yang tuntas dan sempurna pada rpm rendah [10]. Meskipun ada penurunan dalam kadar CO seiring dengan kenaikan rpm hingga 3000 rpm, tampaknya kadar CO cenderung stabil pada rpm di atas 3000 (yaitu, 4000, 5000, dan 6000 rpm) dengan nilai antara 3,5% hingga 3,7% volume. Hal ini bisa menunjukkan bahwa pada titik tertentu, mesin mencapai efisiensi pembakaran yang cukup tinggi dan kenaikan lebih lanjut dalam rpm tidak menghasilkan penurunan CO yang signifikan.

Emisi karbon monoksida (CO) dalam mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) memiliki hubungan yang erat dengan rasio udara-bahan bakar AFR (*Air Fuel Ratio*). AFR adalah perbandingan antara jumlah udara yang digunakan dalam proses pembakaran dengan jumlah bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar. Pada campuran kaya konsentrasi CO akan meningkat dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna [6].



Gambar 4.16 HC versus putaran mesin

Data menunjukkan tren menurun pada 6000 rpm dengan semakin rendah kadar HC yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi suhu ruang bakar semakin meningkat dan pembakaran campuran bahan bakar-udara akan lebih cepat terbakar. Kondisi inilah yang akan menyebabkan emisi HC semakin rendah [7]. Pada 2000 rpm, kadar HC mencapai 206,14 ppm, tinggi dibandingkan dengan rpm tertentu lainnya. Ini disebabkan oleh kompresi mesin yang rendah dan campuran bahan bakar yang terlalu kaya [10]. Data menunjukkan bahwa pada 5000 rpm, ada peningkatan signifikan dalam emisi HC menjadi 134,14 ppm. Hal ini menarik karena umumnya diharapkan penurunan emisi HC seiring dengan kenaikan rpm. Peningkatan pada 5000 rpm disebabkan oleh ketidaksempurnaan dalam pencampuran udara-bahan bakar. Kadar HC pada 6000 rpm turun drastis menjadi 10,73 ppm. Ini mengindikasikan bahwa pada titik ini, mesin mencapai kondisi pembakaran yang sangat efisien, dan kenaikan rpm lebih lanjut tidak menyebabkan peningkatan emisi HC.

Emisi hidrokarbon (HC) dalam mesin pembakaran dalam memiliki hubungan yang erat dengan rasio udara-bahan bakar AFR (*Air Fuel Ratio*). Pada AFR yang lebih kaya, emisi HC cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh kelebihan bahan bakar yang tidak dapat dibakar sepenuhnya dalam kondisi ini, sehingga sebagian bahan bakar akan terlepas sebagai HC.

Quenching effect dapat berkontribusi pada peningkatan emisi HC dalam beberapa situasi. Ketika gas panas dari proses pembakaran mendekati dinding ruang bakar yang lebih dingin, ada peluang bahwa bahan bakar yang belum terbakar dalam gas tersebut akan mengkondensasi atau menempel pada dinding ruang bakar. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan emisi HC [7].

Crevice volume dapat memiliki dampak pada emisi hidrokarbon (HC) dalam beberapa cara. *Crevice volume* adalah tempat di mana campuran udara-bahan bakar dapat terperangkap dan tidak terbakar sepenuhnya selama siklus pembakaran. Ini dapat terjadi saat kompresi dan pembakaran bahan bakar [11]. Ketika campuran yang belum terbakar tertahan di *crevice volume*, dapat menghasilkan emisi HC selama fase pembuangan gas buang atau selama fase kompresi berikutnya.

4. Kesimpulan

Variasi kecepatan putaran mesin pada penelitian ini sangat berpengaruh pada performa *internal combustion engine* dengan terdapat peningkatan konsisten dalam daya indikasi seiring dengan kenaikan rpm. Daya indikasi terbesar terjadi pada 6000 rpm dengan nilai tertinggi sebesar 18,97 kW. Ini disebabkan oleh pembakaran yang efisien, dan pencampuran udara-bahan bakar yang baik. Peningkatan daya tampaknya semakin lambat seiring kenaikan rpm. Hal ini mengindikasikan bahwa pada rpm yang lebih tinggi, daya indikasi bisa turun. Variasi kecepatan putaran mesin pada penelitian kali ini juga sangat berpengaruh pada emisi gas buang CO dan HC dimana terdapat hubungan negatif antara rpm

mesin dengan kadar CO dan HC yang dihasilkan. Pada 2000 rpm, data menunjukkan kadar CO yang tinggi sebesar 5,3% volume dan HC 206,14 ppm. Ini disebabkan oleh kompresi mesin yang rendah dan campuran bahan bakar yang terlalu kaya sehingga menyebabkan pembakaran yang tidak tuntas dan sempurna pada rpm rendah. Kadar CO cenderung stabil pada rpm di atas 3000 (yaitu, 4000, 5000, dan 6000 rpm) dengan nilai antara 3,5% hingga 3,7% volume. Sedangkan kadar HC turun drastis menjadi 10,73 ppm pada 6000 rpm. Ini mengindikasikan bahwa pada titik ini, mesin mencapai kondisi pembakaran yang efisien, dan kenaikan lebih lanjut dalam rpm tidak menyebabkan peningkatan emisi HC.

Daftar Notasi

AFR	<i>Air Fuel Ratio</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
ICE	<i>Internal Combustion Engine</i>
ISFC	<i>Indicated Spesific Fuel Comsumption</i>
IMEP	<i>Indicated Mean Effectife Pressure</i>
rpm	<i>Revolution Per Minute</i>
ppm	<i>part per million</i>
kW	<i>kilowatt</i>
kPa	<i>kilopascal</i>

Daftar Pustaka

- [1] Aji, I. S. B. (2022). *Analisa Performa Internal Combustion Engine Satu Silinder 150cc Bahan Bakar Ron 92 Dengan Variasi Air-Fuel* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [2] Ghozali, I. (2020). *Pengaruh Ketebalan Gasket Cylinder Head 0, 3 mm dan 0, 5 mm terhadap Performa Mesin Astrea Grand* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Malang).
- [3] Irfan, M. (2021). *Studi Eksperimental Performa Motor Bensin Terhadap Pemakaian Gasohol* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- [4] Tampubolon, A. P., Sitorus, T. B., Sabri, M., Terang, U. H. S. G., & Siregar, A. H. (2015). *Simulasi Perhitungan Performansi Motor Bakar Dengan Menggunakan Program Visual Basic*. *Dinamis*, 3(4), 15-15.
- [5] Sudono, R. H. (2021). *Analisis Injeksi Bahan Bakar Pada Intake Manifold Mesin Bensin 4 Tak Berbahan Bakar Bensin Dengan Simulasi Pemodelan*. *Jurnal Teknik dan Informatika (JTI)*, 1(1), 63-78.
- [6] Rosid, R., & Naubnome, V. (2017). *Simulasi Karakteristik Proses Pembakaran pada Motor Bensin 3000 cc*. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 4(1), 53-60.
- [7] Mara, I. M., Nuarsa, I. M., Alit, I. B., & Sayoga, I. M. A. (2019). *Analisis emisi gas buang kendaraan berbahan bakar etanol*. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 9(1), 45-57.
- [8] Sudarwanto, H. W., Utami, I. W., Asmoro, R., & Wulandari, A. A. (2020, September). *Bahaya emisi gas buang kendaraan berbahan bakar bensin dan menumbuhkan lingkungan hijau di perkotaan*. In *Prosiding Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains dan Teknologi* (Vol. 1, pp. 101-101).
- [9] Wijanata, D. E. (2014). *Pengaruh Variasi Lobe Separation Angle (Lsa) Pada Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Mesin Supra X 125 Tahun 2008*. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(01).
- [10] Husni, T. (2018). *Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Mitsubishi Lancer Tahun 2003*. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 5(1), 37-45.
- [11] Siahaan, H. H., Tambunan, A. H., & Wirawan, S. S. (2020). *Rancang Bangun dan Pengujian Penghalang Heliks sebagai Pencampur Udara-Biogas pada Motor Otto*. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 8(3), 89-96.