



## ANALISIS PENGUKURAN EFISIENSI VOLUMETRIK MESIN DIESEL ALAT UJI PRESTASI

Ihat Solihat<sup>1</sup>, Ersam Mahendrawan<sup>2</sup>, Sukandar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00990@unpam.ac.id<sup>1</sup>

Masuk : 21 Agustus 2023

Direvisi: 25 September 2023

Disetujui: 30 Oktober 2023

**Abstract:** Diesel engine performance is greatly affected by the amount of air entering the combustion chamber. Diesel engines are not equipped with an ignition system, so the fuel will be self-ignited by compressed air so that the pressure and temperature increase beyond the flash point of the fuel. A four-stroke diesel engine in ideal conditions can suck as much air in the intake stroke as the volume of the piston stroke. However, in reality, not that much air enters the combustion chamber. The ratio between the amount of air sucked in in actual circumstances to the amount of air sucked in in ideal circumstances is called volumetric efficiency. The results of this study are that there is an effect of the average volumetric efficiency of the variation of the inlet valve gap adjustment. Adjustment of the inlet valve gap that is getting tighter at each engine speed, the resulting average volumetric efficiency tends to increase. Likewise, with the higher engine speed of up to 1600 Rpm at each inlet valve gap, the resulting average volumetric efficiency also tends to increase. Suggestions, it is better to adjust the inlet valve gap according to the engine specifications, the hope is that under certain engine speed conditions, the average volumetric efficiency is still achieved at the maximum.

**Keywords:** Volumetric Efficiency; Diesel Engine.

**Abstrak:** Performa mesin diesel sangat dipengaruhi oleh banyaknya udara yang masuk ke ruang bakar. Mesin diesel tidak dilengkapi dengan sistem pengapian, maka bahan bakar akan terbakar dengan sendiri oleh udara yang dikompresikan sehingga tekanan dan suhunya meningkat melebihi titik nyala bahan bakar. Mesin diesel mesin empat langkah pada kondisi idealnya dapat mengisap udara pada langkah hisap sebanyak volume langkah pistonnya. Namun pada kenyataannya udara yang masuk ke ruang bakar tidak sebanyak itu. Perbandingan antara jumlah udara yang terisap dalam keadaan yang sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap dalam keadaan yang ideal disebut efisiensi volumetrik. Hasil dari penelitian ini yaitu bahwa ada pengaruh efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup masuk. Penyetelan celah katup masuk yang semakin rapat pada setiap putaran mesin, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Demikian juga halnya dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 Rpm pada setiap celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Saran, sebaiknya penyetelan celah katup masuk harus sesuai dengan spesifikasi mesin, harapannya agar pada kondisi putaran mesin tertentu efisiensi volumetrik rata-rata tetap tercapai dengan maksimum.

**Kata Kunci:** Efisiensi Volumetrik; Mesin Diesel.

### PENDAHULUAN

Berdasarkan mekanisme pembakaran yang digunakan, jenis motor dibedakan menjadi dua, yaitu motor diesel dan motor bensin. Mekanisme pembakaran motor diesel dikenal dengan sebutan penyalaan dengan kompresi [1]. Udara dikompresikan sampai tekanan dan suhunya melebihi titik nyala bahan bakar dan di akhir langkah kompresi terbakar dengan sendirinya. Tenaga pembakaran ini, kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan piston dan kemudian diubah menjadi tenaga putaran pada poros engkol. Proses kerja motor diesel terbagi dalam beberapa langkah piston yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang. Tenaga yang dihasilkan cukup besar sehingga diperlukan suatu sistem pemenuhan bahan bakar dan udara yang baik serta pembakaran yang sempurna [2].

Kapasitas udara yang dapat masuk ke ruang bakar sangat mempengaruhi performa mesin diesel. Jumlah volume udara yang masuk ke dalam silinder pada saat langkah hisap secara teoritis sama dengan volume langkah torak dari titik mati atas sampai titik mati bawah. Kenyataannya, terdapat beberapa penyimpangan yang menyebabkan volume udara yang masuk ke dalam silinder lebih kecil dari volume langkah torak [3]. Penyimpangan itu antara lain disebabkan oleh beberapa faktor seperti tekanan udara, temperatur udara, sisa – sisa gas bekas, panjang saluran dan bentuk saluran. Besarnya volume udara yang sebenarnya masuk ke dalam silinder dapat dinyatakan dalam suatu angka perbandingan antara volume udara yang masuk dengan volume langkah torak dari titik mati atas sampai titik mati bawah. Angka ini selanjutnya disebut dengan “**Efisiensi Volumetrik**”. Bila harga dari efisiensi volumetrik semakin besar maka semakin banyak udara yang masuk ke dalam silinder. Hal ini berarti akan semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh mesin tersebut.

Kepala silinder motor diesel dilengkapi dengan mekanisme katup. Katup yang dipasang pada kepala silinder terdiri dari katup masuk dan katup buang. Katup masuk adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran masuk sehingga udara dapat masuk ke dalam silinder, jadi dengan kata lain yang menentukan banyaknya udara yang masuk ke ruang bakar adalah besarnya celah katup masuk. Gerakan putar atau keliling poros engkol yang diukur dalam rpm, dengan menggunakan alat ukur tachometer. Gerak putar ini terjadi akibat adanya gas hasil pembakaran yang mendorong torak ke bawah. Dengan perantaraan *connecting rod* gerakan tersebut diubah dan diteruskan ke poros engkol menjadi gerak putar. Putaran mesin sangat ditentukan oleh kualitas pembakaran. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pembakaran di dalam silinder pada motor diesel antara lain : kualitas bahan bakar, tekanan udara masuk, temperatur udara masuk, perbandingan kompresi dan kecepatan motor.

Celah katup masuk disetel rapat maka katup akan membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama yang artinya seluruh langkah isap mendapat laluan katup penuh sehingga pengisapan membutuhkan kerja lebih sedikit dan ruang bakar dapat diisi dengan udara yang lebih banyak (efisiensi volumetriknya tinggi), sedangkan katup buang adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran pembuangan sehingga gas buang dapat keluar dari dalam ruang bakar. Adapun batasan masalah pada penelitian ini bahwa obyek yang diteliti hanya pada celah katup masuk saja tidak pada katup yang lain dan katup masuk yang dilakukan penyetelan hanya pada celah katup masuk 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm; dan 0,6 mm. Permasalahan yang timbul pada penelitian ini yaitu apakah ada pengaruh variasi penyetelan celah katup masuk terhadap efisiensi volumetrik rata-rata. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis adanya pengaruh variasi penyetelan celah katup masuk terhadap efisiensi volumetrik rata-rata pada mesin diesel. Manfaat yang dapat dicapai pada penelitian ini adalah : yang pertama penelitian ini diharapkan dapat dijadikan pembuktian mengenai pengaruh penyetelan celah katup masuk terhadap efisiensi volumetrik rata-rata.

Sistem bahan bakar dan pemasukan udara karena mesin diesel merupakan mesin dengan penyalaan sendiri yaitu penyalaan bahan bakar dengan menggunakan kompresi tinggi sehingga bahan bakar terbakar dengan sendirinya. Pasokan udara yang cukup agar tercipta kondisi kompresi dan suhu yang tinggi di dalam ruang bakar sangat penting bagi mesin diesel. Pada mesin empat langkah udara yang dihisap pada langkah hisap sebanyak volume langkah pistonnya, dan itu merupakan kondisi idealnya [4]. Namun, hal tersebut tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya. Perbandingan antara jumlah udara yang terisap yang sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap dalam keadaan ideal, disebut “efisiensi volumetrik.” Hal – hal yang mempengaruhi besarnya efisiensi volumetrik antara lain : Penyetelan celah katup, bentuk saluran masuk dan masuk, putaran mesin suhu dan tekanan udara dan sebagainya. Kepala silinder motor diesel dilengkapi dengan mekanisme katup. Katup yang dipasang pada kepala silinder terdiri dari katup masuk dan katup buang. Katup masuk adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran masuk sehingga udara dapat masuk ke dalam silinder, jadi dengan kata lain yang menentukan banyaknya udara yang masuk ke ruang bakar adalah besarnya celah katup masuk. Identifikasi masalah yang muncul yaitu penyetelan celah katup masuk apakah mempengaruhi efisiensi volumetrik pada mesin diesel. dan Celah katup masuk disetel rapat maka katup akan membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama yang artinya seluruh langkah isap mendapat laluan melalui bukaan katup penuh sehingga pengisapan membutuhkan kerja lebih sedikit dan ruang bakar dapat diisi dengan udara yang lebih banyak (efisiensi) volumetriknya tinggi), Penggunaan katup buang yang merupakan katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran pembuangan sehingga gas buang dapat terbuang keluar dari dalam ruang bakar. Hal inilah yang akan dianalisis bagaimana pengukuran efisiensi dengan kondisi katup yang berbeda beda. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi katup terhadap efisiensi mesin diesel dan juga pengaruh waktu permukaan dan penutupan katup terhadap efisiensi volumetrik mesin diesel.

Mesin agar dapat bekerja membutuhkan bahan bakar dan udara. Untuk mendapatkan performa mesin yang baik diperlukan pemenuhan kebutuhan yang tepat dari keduanya (bahan bakar dan udara). Pada mesin pembakaran dalam, pemenuhan pemakaian udara yang tepat itu sangat sulit karena aliran yang tidak konstan, disebabkan oleh siklus bawaan dari mesin dan juga karena udara merupakan fluida yang dapat dimampatkan.

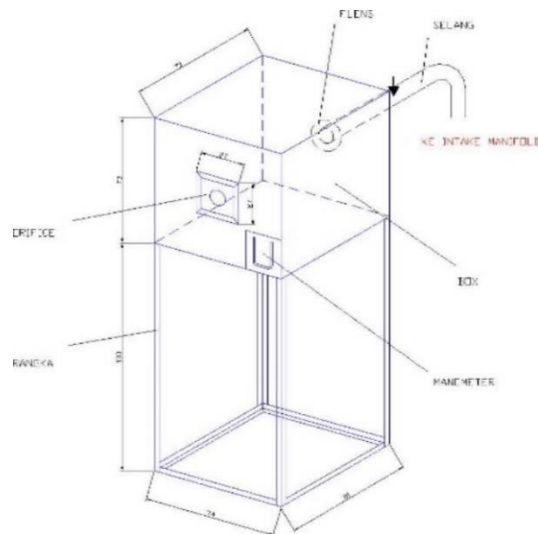
Dengan demikian jika suatu mesin empat langkah dapat menghisap udara pada kondisi hisapnya sebanyak volume langkah pistonnya untuk setiap langkah isap, dan itu merupakan kondisi idealnya [5]. Besarnya efisiensi volumetrik tergantung pada kondisi isap (p,T) yang ditetapkan. Misalnya, jika dipakai saringan udara pada saluran masuk,  $\eta_v$  yang diperoleh dengan menetapkan (p,T) sesudah saringan adalah lebih besar dari pada  $\eta_v$  dengan menetapkan (p,T) sebelum saringan. Hal itu disebabkan karenahambatan saringan akan menyebabkan (p,T) sesudah saringan menjadi lebih rendah dari pada (p,T) sebelum saringan. Jadi makin besar penyebut dalam persamaan tersebut diatas maka makin rendah  $\eta_v$  yang diperoleh. Akan tetapi, dalam pengujian prestasi mesin biasanya tidak dipergunakan saringan udara sehingga kesalahan tersebut dapat dihindari. Oleh karena itu maka kondisi (p,T) ditetapkan sebagai kondisi udara atmosfer [6].

Efisiensi volumetrik pada mesin juga dapat ketahui melalui pengukuran dengan menggunakan alat *Air box meter* seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini yang dinyatakan dengan rumus:

$$\eta_v = \frac{\text{laju aliran volume udara aktual}}{\text{laju aliran volume udara teoritis}} \dots\dots\dots(1)$$

### METODOLOGI

Metode pengumpulan data adalah cara-cara yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian adalah dengan cara melakukan eksperimen. yaitu variasi penyetelan celah katup masuk dilihat pengaruhnya terhadap efisiensi volumetrik rata-rata pada mesin diesel 2300 CC [7]. Eksperimen dibagi menjadi dua tahap yaitu : tahap persiapan yang antara lain terdiri tune up mesin dan menghidupkannya hingga mencapai kondisi kerjanya sedang tahap kedua adalah tahap pelaksanaan eksperimen terdiri dari pekerjaan menghubungkan mesin dengan *air box meter* serta pengambilan data dan mencatat. Langkah-langkah pada tahap persiapan eksperimen dengan menggunakan bahan dan peralatan disiapkan yang akan digunakan selama penelitian. Kemudian dilakukan pengecekan dalam keadaan mesin dalam kondisi normal. *Tune-up* mesin dilakukan agar sesuai dengan spesifikasi mesin. Pemanasan awal mesin dengan asumsi bahwa mesin telah mencapai suhu kerja mesin kira-kira selama 10 – 15 menit. Selanjutnya eksperimen dilakukan di *Airbox meter* dengan Melakukan tahapan penyetelan celah katup masuk yang diinginkan misalnya celah katup masuk 0,4 mm. *Air box meter* dipasang pada mesin yaitu dengan cara menghubungkan slang dari alat ukur ke intake manifold yang mana filter udaranya telah dilepas. Mesin disel dihidupkan dan disetel putaran mesin yang diinginkan misalnya 1000 rpm dengan menggunakan tachometer diesel. Kemudian *stop watch* diaktifkan . Pengukuran diamati bagaimana tinggi fluida pada manometer dan temperatur ruang pada thermometer. Hasil pengamatan dicatat dalam lembar observasi. Percobaan dilakukan percobaan yang sama seperti langkah-langkah yang sudah tersebut diatas untuk celah katup masuk lainnya. Gambar *airbox* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Airbox*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diadakan penelitian data yang diperoleh dikelompokkan dan dibuat tabel yang menunjukkan rata-rata hasil penelitian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian

rpm	Celah Katup Masuk									
	0,2 mm		0,3 mm		0,4 mm		0,5 mm		0,6 mm	
	H (mm)	T (°C)	H (mm)	T (°C)	H(mm)	T (°C)	H (mm)	T (°C)	H (mm)	T (°C)
1000	7	26,5	6,3	27	5,7	26,83	5	26,33	4	26
1200	11,3	26,5	9,7	27	9	27	8	26,5	8	26
1400	19	26,5	18	27	16,67	27	15	26,5	14	26
1600	25	27	23,3	26,5	22	26,83	20,7	26,5	20	26

Data dari tabel 1 di atas hanya menunjukkan rata-rata hasil penelitian tiap setelan katup dan kondisi putaran mesin yang berbeda, Dalam penelitian ini putaran mesin hanya sampai pada 1600 rpm saja, karena pada putaran mesin yang melebihi 1600 rpm, putaran mesinnya cenderung naik terus sehingga sulit untuk mengatur putaran mesin. Hal ini disebabkan oleh karena tidak adanya pembebanan pada mesin pada saat pengambilan data.

**Hasil Pengukuran Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk terhadap Efisiensi Volumetrik Rata-Rata.**

Dari data yang disajikan dalam Tabel 1 kemudian diolah lagi berdasarkan rumus yang ada sehingga diperoleh data hubungan antara efisiensi volumetrik dengan variasi celah katup dan putaran mesin seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Efisiensi Volumetrik Rata-rata dalam %

Putaran Mesin (rpm)	Efisiensi Volumetrik Rata-rata (%)				
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
1000	69,78	64,90	61,38	57,60	51,49
1200	72,29	66,82	64,48	61,99	60,69
1400	80,23	77,43	75,21	71,29	68,81
1600	80,59	77,80	75,58	73,22	71,97

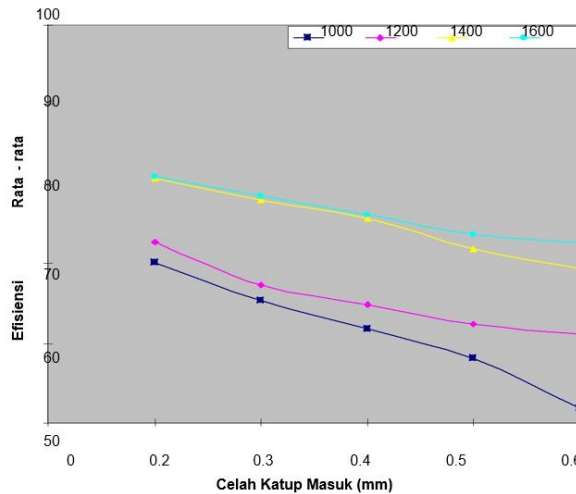
Berdasarkan data hasil pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata pada tabel 4 menunjukkan bahwa dengan celah katup masuk yang semakin rapat efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi penyetelan celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,6 pada putaran mesin 1000 rpm.

Penyetelan celah katup masuk yang rapat akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama, berarti bukaan katupnya lebih lama sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak [9], Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata rata yang dihasilkan semakin besar. Sedangkan dengan penyetelan celah katup yang renggang akan menyebabkan katup membuka lebih lambat dan menutupnya lebih awal berarti bukaan katupnya lebih singkat sehingga udara yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit. Semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata – ratanya semakin kecil. Putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi celah katup masuk efisiensi volumetrik rata – rata yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hal ini karena dengan putaran mesin yang tinggi udara yang masuk ke ruang bakar bergerak lebih cepat akibat hisapan piston yang juga bergerak dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak. Begitu juga sebaliknya. Berdasarkan grafik di bawah menunjukkan bahwa dengan celah katup masuk yang semakin rapat efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi penyetelan celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat juga. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm, sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah dihasilkan pada setelan celah katup masuk 0,6 mm dengan putaran mesin 1000 rpm. Tabel 1 berisi tentang hasil pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata dengan variasi penyetelan celah katup masuk pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm. Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi penyetelan celah katup masuk dapat diketahui perubahannya terhadap efisiensi volumetrik rata-rata pada motor diesel Isuzu Panther.

Penyetelan celah katup masuk yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1000 Rpm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,2 mm yaitu sebesar **69,78%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,6 mm yaitu sebesar **51,49%**. Penyetelan celah katup masuk yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1400 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,2 mm yaitu sebesar **80,23%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,6 mm yaitu sebesar **68,81%**. penyetelan celah katup masuk yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1600 Rpm, efisiensi

volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,2 mm yaitu sebesar **80,59%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,6 mm yaitu sebesar **71,97%**. sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar **51,49 %**.

Berdasarkan tabel hasil pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata di atas dapat dibuat grafik hasil penelitian sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata – rata dengan celah katup masuk

Berdasarkan grafik hasil penelitian pada grafik 1 menunjukkan bahwa dengan celah katup masuk yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat, demikian juga halnya dengan celah katup masuk yang semakin renggang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung menurun.

Penyetelan celah katup masuk yang rapat akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama, berarti bukaan katupnya lebih lama sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak, Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata rata yang dihasilkan semakin besar, hal ini sesuai dengan mekanisme *timing valve* . Sedangkan dengan penyetelan celah katup yang renggang akan menyebabkan katup membuka lebih lambat dan menutupnya lebih awal berarti bukaan katupnya lebih singkat sehingga udara yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit. Semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata – ratanya semakin kecil.<sup>[8]</sup>

Putaran mesin yang semakin tinggi, efisiensi volumetrik rata-rata pada setiap celah katup masuk yang dihasilkan cenderung meningkat. Hal ini karena pada putaran mesin yang tinggi, udara yang masuk ke ruang bakar bergerak lebih cepat akibat hisapan piston yang juga bergerak dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak. Hal ini sesuai dengan rumusan yang menjadi dasar perhitungan dalam penelitian ini yaitu:

$$C = \sqrt{2gh}.$$

Hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut : pada putaran tinggi, tekanan udara di dalam ruang bakar semakin rendah hal ini terjadi karena kebutuhan udara untuk pembakaran semakin banyak<sup>[10]</sup>. Ditambah lagi gerakan translasi piston semakin cepat yang juga mengakibatkan hisapan yang juga semakin cepat. Dengan adanya hisapan yang semakin cepat dan perbedaan tekanan yang semakin tinggi maka semakin banyak pula udara yang dapat dimasukkan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup masuk 0.2 sebesar **80,59%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup masuk 0,6 mm yaitu sebesar **68,81%** pada putaran 100 Rpm. Penyetelan celah katup masuk yang semakin rapat pada setiap putaran mesin, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Hal ini disebabkan penyetelan celah katup masuk yang rapat akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama, berarti pengaruh bukaan katupnya lebih lama menyebabkan udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak, Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata rata yang dihasilkan semakin besar.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] D. Eryadi, T. D. Putra, and I. D. Endayani, "Pengaruh penggunaan alat penghemat bahan bakar berbasis elektromagnetik terhadap unjuk kerja mesin diesel," *PROTON*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [2] Kusnadi, "Pengaruh Penggunaan Turbocharger Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Tipe L 300," *Nozzle J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2014, doi: 10.30591/nozzle.v3i1.195.
- [3] S. Sampurno, D. Wijanarko, and D. R. Winarno, "Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Efisiensi Volumetrik Rata-Rata Pada Motor Diesel Isuzu Panther C 223 T," *Profesional*, vol. 8, no. 1, 2010.
- [4] W. Arismunandar, *Penggerak mula motor bakar torak*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1973.
- [5] W. Arismunandar and K. Tsuda, *Motor diesel putaran tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1986.
- [6] J. P. Holman, *Metode Pengukuran Teknik Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga, 1985.
- [7] V. L. Maleev, *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Jakarta: Erlangga, 1991.