

## Analisis Pengaruh Mekanisme Katub Terhadap Daya Pada Motor Bakar 4 Tak Dengan Bahan Bakar Bensin Mesin 1500 CC

Jandri Fan HT Saragi\*, Jhon Sufriadi Purba

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar

\*Email: [jandrifan@gmail.com](mailto:jandrifan@gmail.com).

### ABSTRACT

*The increasing need for fuel and the increasingly soaring prices have resulted in many automotive manufacturers creating vehicles that consume more fuel efficiently with ideal engine performance. Torque and power are measures that describe the performance output of an internal combustion motor. These two parameters describe two different performance elements, depending on the use of the vehicle. The selection factor for the type of valve mechanism is based on its technological capability in activating engine power, increasing engine efficiency, reducing exhaust emissions, effectiveness and efficiency in reducing fuel consumption. Focusing on reducing fuel consumption, the most important thing is how there is a good system for engine control, on the engine itself, assistive devices and a good overall transmission system, so one of the valve mechanisms that promises to improve fuel efficiency is effective. Also improvements to exhaust emissions are the CVTC (Continuously Variable Timing Control) valve mechanism. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the CVTC valve mechanism on engine power. CVTC has the ability to effectively control the intake camshaft to provide the most optimal valve timing for engine conditions, improve torque at all speed levels, and save fuel.*

**Keywords:** Valve mechanism, Motor power, Combustion motor

### 1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, perkembangan teknologi motor bakar mengalami kemajuan yang sangat pesat. Riset-riset terus dilakukan untuk mencapai kegemilangan penguasaan teknologi tersebut. Perkembangan teknologi motor bakar yang terutama adalah terkonsentrasi pada sistem bahan bakar, sistem pengapian dan sistem mekanisme katup. Perkembangan teknologi tersebut tentu bermuara pada tingkat efisiensi dan efektifitas kerja yang tinggi pada motor bakar termasuk juga hemat pemakaian bahan bakar dan dapat memperbaiki emisi gas buang. Untuk mencapai tujuan tersebut tentu perlu penyempurnaan teknologi pada sistem bahan bakar dan mekanisme katupnya [1].

Karakteristik setiap sistem bahan bakar dan mekanisme katup tentunya perlu dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui sistem yang lebih unggul pada bidang dan kondisi tertentu. Salah satu mekanisme katup yang menjanjikan perbaikan daya efektif efisiensi bahan bakar juga perbaikan emisi gas buang adalah mekanisme katup *Continuously Variable Timing Control* (CVTC) [2].

Kebutuhan bahan bakar yang meningkat dan harga yang semakin melambung, mengakibatkan banyaknya produsen pabrik otomotif menciptakan kendaraan yang mengkonsumsi bahan bakar lebih irit dengan performa mesin yang ideal yakni dengan merubah teknologi pada perangkat mesinnya. Berdasarkan pada kapasitas penumpang maka kendaraan penumpang dapat dibagi pada beberapa kategori yaitu Sedan, berkapasitas sampai dengan 5 (lima) orang penumpang, Van atau Mini Bus, berkapasitas 7 (tujuh) orang penumpang, dan kendaraan SUV jeep dan sekelasnya. Sesuai dengan spesifikasi yang ada maka pada penelitian ini penulis merencanakan jenis kendaraan keluarga dengan kapasitas 7 (tujuh) orang penumpang yaitu jenis Mini bus

untuk kendaraan pribadi atau kendaraan keluarga. Penelitian ini mencakup pembahasan tentang pemodelan dan kontrol pada mesin yang menggunakan sistim mekanisme katup Variabel Valve Timing (VVT) dan mengetahui keefektifitas mekanisme katup CVTC terhadap daya mesin, torsi, efisiensi bahan bakar dan tingkat emisi gas buang.

Torsi dan daya adalah ukuran yang menggambarkan output kinerja dari motor pembakaran dalam. Kedua parameter ini menjelaskan dua elemen kinerja yang berbeda, tergantung penggunaan kendaraan [5,7]. Daya motor bakar diperhitungkan atas daya yang dibutuhkan oleh kendaraan, muatan serta perlengkapan. Didalam pengoperasiannya faktor-faktor hambatan dan tahanan perlawanan yang dialami kendaraan tersebut antara lain, yaitu pemilihan berat kendaraan, berat total kendaraan, tahanan gelinding (rolling resistance), tahanan angin (air resistance), dan tahanan akibat transmisi (transmission resistance) [3]. Pemilihan putaran mesin harus disesuaikan menurut kebutuhan dengan tidak mengabaikan faktor-faktor yang ditimbulkan. Seperti telah diketahui bahwa bila putaran naik maka daya akan semakin besar, tapi putaran ini ada batasnya karena jika putaran naik maka efisiensi mekanis akan turun sehingga walaupun daya besar tetapi sebanding pula dengan kenaikan daya gesek yang merupakan kerugian serta mengakibatkan efisiensi mekanis menjadi turun [6]. Jadi pada saat merancang kendaraan, produsen harus mempertimbangkan kendaraan akan digunakan untuk apa. Sebagai contoh, sebuah mobil sport mungkin memerlukan daya yang besar, namun karena ringan maka tidak selalu memerlukan jumlah torsi yang besar. Sebaliknya, kendaraan yang dirancang untuk membawa beban berat, seperti kendaraan untuk angkutan barang atau orang, mungkin memerlukan torsi lebih besar dan daya yang lebih kecil [4].

Masalah yang ada dilapangan adalah meningkatnya kebutuhan bahan bakar pada saat ini, sehingga perlu dilakukan perhitungan daya dan efisiensi yang dihasilkan mesin dengan konstruksi katup CVTC. Sistem CVTC berguna untuk memperhemat bahan bakar. memperbaiki performa mesin menjadi lebih baik dan mengurangi emisi gas buang. Mekanisme secara kontinuitas yang diharapkan dalam hal waktu pembukaan/penutupan katup masuk adalah berdasarkan kondisi kerja mesin. CVTC (*Continuous Variable Valve Timing Control*) bervariasi waktu buka dan tutup pada katup masuk untuk memperbaiki torsi mesin pada kondisi saat kecepatan mesin medium ke rendah [2].

## 2. METODE PENELITIAN

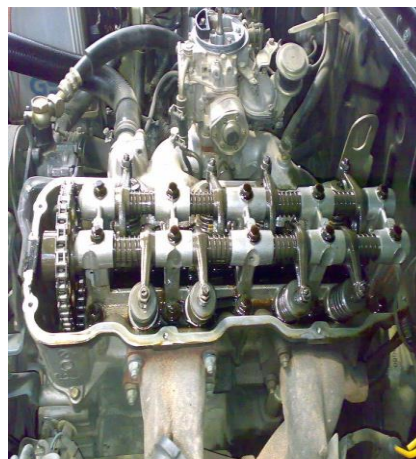
Analisa pengaruh mekanisme katup terhadap daya pada motor bakar 4 tak dengan bahan bakar bensin mesin 1500 cc dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:

**Tabel 1.** Spesifikasi Mesin

Engine	Spesifikasi
Code	HR15DE
Type	4 Cylinder inline, 16 valve, DOHC, CVTC
Displacement(cc)	1498
Bore x stroke(mm)	78.0 x 78.4
Compression ratio	10.5:1
Max. output (PS/rpm)	109 / 6000
Max. torque (kg-m/rpm)	15.1 / 4400
Fuel system	ECCS
Transmission	M/T 5-speed

Steering	Rack & pinion with EPS
Suspension	
Front	McPherson strut with stabilizer
Rear	Torsion beam with stabilizer
Brakes	
System	Standard
Front	Ventilated Disc
Rear	Drums
Length x width x height (mm)	4420 x 1690 x 1595
Wheelbase (mm)	2600
Ground clearance (mm)	185
Curb weight (kg)	1185
Min. turning radius (m)	5.3
Tire size	
Body construction	Monocoque
Fuel tank capacity (L)	52.4 L

Bahan yang menjadi objek pengujian pada penelitian ini adalah tumpang tindih dari pada pembukaan antara katup satu ke yang lainnya, sehingga apakah mekanisme katup pada mobil sangat mempengaruhi daya. Pada saat pengujian alat yang digunakan untuk mendapatkan data pada mobil adalah CONSULT (Computerized On Bord System Universal Tester) dan Dynamometer. Alat yang digunakan untuk mengetahui berbagai informasi penting pada saat mesin dinyalakan seperti tekanan, suhu dalam runag bakar, tekanan oli, derajat pengapian, tumpang tindih katup, putaran mesin dan masih banyak parameter-parameter lainnya yang dihubungkan secara langsung ke soket yang tersedia pada mobil sehingga nilai dari masing-masing parameter akan muncul dengan lengkap.



**Gambar 1.** *Engine SOHC* [2]

Pada prinsipnya, cara kerja CVTC ini adalah meningkatkan efisiensi mesin dengan cara mengatur kerja sistim katup sesuai dengan beban kerja yang sedang berlangsung. Hasilnya, ia dapat menekan konsumsi bahan bakar sesuai dengan kekuatan kerja mesin. Bila beban ringan maka pasokan bahan bakarnya akan menjadi proporsional dan ketika beban mulai meningkat pasokannya juga ikut menyelaraskan, tidak seperti sebelumnya

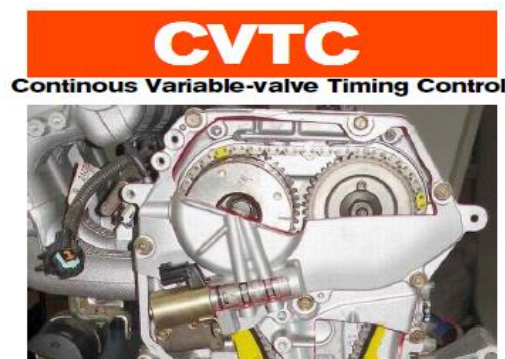
dimana bahan bakar ini akan menyuplai jumlah yang sama di tiap putaran mesin. Gambaran kerja seperti ini akan menjadikan mesin lebih efisien dan dapat meminimalisasi pembuangan emisi.



**Gambar 2.** Engine DOHC CVTC [2]

Pasokan bensin ke ruang bakar dilakukan lewat katup masuk yang dikontrol oleh camshaft. Camshaft itu sendiri merupakan sebuah batang yang melintang diatas silinder dan memiliki beberapa 'tonjolan'. Ketika camshaft berputar pada porosnya, tonjolan ini ikut berputar dan memukul rocker arm yang mendorong batang katup sehingga katup terbuka. Ketika tonjolan sudah lewat katup tertutup kembali. Pada putaran rendah atau idle, kedua katup bergerak sendiri-sendiri. Karena cam sekunder lebih kecil maka bukaan katupnya juga kecil sehingga pasokan bahan bakarnya menjadi sedikit sesuai kebutuhan saat itu. Ketika mesin berputar dengan kekuatan 2200 - 2500 rpm, piston yang terdapat pada rocker arm primer mendapat tekanan dari oli untuk mengunci rocker arm sekunder. Hasilnya, kedua katup bergerak bersama dengan dikontrol oleh cam primer. Maka, bukaan kedua katup menjadi sama besar dan bensin yang masukpun menjadi lebih banyak sehingga power bisa menjadi lebih besar.

Kerja dan VTC ini akan terus dipantau oleh sistem manajemen mesin, yang dibantu oleh beberapa sensor pemberi data ke komputer untuk diolah. Beberapa sensor untuk posisi crankshaft, camshaft actual, tekanan oli, putaran mesin, suhu udara ke ruang bakar dan sebagainya, akan memberikan sinyal ke solenoid untuk memajukan atau memundurkan sudut noken as dan saat untuk mengunci pelatuk pendorong katup.

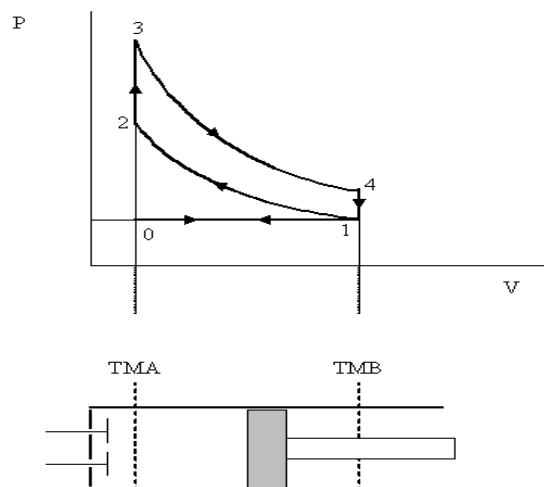


**Gambar 3.** CVTC Engine [2]

Sistem CVTC memaksimalkan tenaga (horsepower) engine, torque dan efisiensi. Sistem ini memungkinkan Intake Camshaft untuk ADVANCE maksimal 15°. Untuk mendapatkan tenaga yang maksimal, pembukaan intake valve yang lebih maju (Advance) dan penutupan intake valve yang lebih lambat (Retard) harus sebesar mungkin. Ketika intake valve terbuka, pada saat putaran engine tinggi, campuran bahan bakar-udara akan terus menerus masuk, walaupun gerakan piston saat itu naik, karena adanya aliran inersia dari gas. Namun pada putaran engine rendah, penutupan intake valve yang terlalu lambat (Retard) akan menyebabkan campuran bahan bakar baru akan berbalik arah. Hal ini akan menyebabkan hilangnya torque secara signifikan. Pengubah posisi Camshaft digunakan untuk meningkatkan tenaga engine dan torque dengan membuat variasi titik pembukaan intake valve. CVTC akan mempercepat penutupan intake valve (dan mempercepat pembukaan intake valve) pada putaran engine bawah hingga menengah. ECM (Engine Control Module) menerima signal posisi Crankshaft, posisi Camshaft, Putaran Engine dan Temperatur Engine. Kemudian ECM akan mengirim signal duty [ON/OFF] kepada intake valve timing control solenoid valve tergantung pada kondisi pengendaraan. Hal ini akan memungkinkan untuk mengontrol waktu membuka/menutupnya intake valve untuk meningkatkan engine torque pada putaran rendah/ menengah dan tenaga pada putaran engine tinggi.

### 2.1. Analisa Termodinamika.

Untuk melakukan analisa pada mesin bensin, digunakan analisa termodinamika berikut [8,9]:



**Gambar 4.** Diagram P-V Volume Konstan

- **Proses 0-1:**

Volume langkah :

Merupakan volume dari langkah torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) adalah :

$$V_L = V_{TMB} - V_{TMA} \quad (1)$$

Volume sisa :

Merupakan volume minimum silinder pada saat torak berada di titik mati atas (TMA), besarnya volume sisa adalah:

$$r_c = \frac{V_d + V_c}{V_c} \quad (2)$$

Volume pada titik 1 :

Merupakan hasil penjumlahan volume langkah ( $V_d$ ) dengan volume sisa ( $V_c$ )

$$V_1 = V_d + V_c \quad (3)$$

Maka kerja yang terjadi pada titik 0-1 adalah dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$W_{0-1} = P_0(V_1 - V_0) \text{ dimana } P_0 = P_1 \quad (4)$$

#### • Proses 1-2:

Langkah kompresi isentropik, semua katup tertutup. Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) :

Tekanan pada titik 2 :

Campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder ditekan dan dimanipulasi oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Akibatnya, tekanan dalam silinder naik menjadi  $P_2$ . Nilai dari  $P_2$  dapat kita hitung dengan :

$$P_2 = P_1 (r_c)^k \quad (5)$$

Temperatur pada titik 2 :

Campuran bahan bakar dan udara yang dimanipulasi oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA) juga mengakibatkan suhu dalam silinder naik menjadi  $T_2$ . Nilai  $T_2$  dapat kita hitung sesuai dengan :

$$T_2 = T_1 (r_c)^{k-1} \quad (6)$$

Volume pada titik 2 :

Nilai dari  $V_2$  dapat kita hitung dengan :

$$V_2 = \frac{m_m R T_2}{P_2} \quad (7)$$

Kerja persiklus 1-2 :

Kerja yang di serap selama langkah kompresi isentropik untuk satu silinder dalam satu siklus dapat kita hitung dengan :

$$W_{1-2} = \frac{m_m R (T_2 - T_1)}{1 - k} \quad (8)$$

#### • Proses 2-3

Proses pembakaran Campuran bahan bakar dan udara terbakar didalam ruang bakar (dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan), semua katup tertutup. Kalor masuk:

$Q_{HV}$  merupakan nilai kalor panas dari bahan bakar. Nilai kalor panas dari centake adalah 43,980 kJ/kg dan di asumsikan terjadi pembakaran sempurna ( $\eta_c = 1$ ). Maka, kalor masuk pada kondisi tekanan konstan dapat kita hitung adalah :

$$Q_{in} = m_f Q_{HV} \eta_c \quad (9)$$

Temperatur pada titik 3:

Dimana  $Q_{in} = m_m C_p (T_3 - T_2)$  maka nilai  $T_3$  dapat kita hitung sebagai berikut :

$$T_3 = \frac{Q_{in} + m_m C_p T_2}{m_m C_p} \quad (10)$$

Volume pada titik 3 :

Volume pada titik 3 dapat kita peroleh dengan menggunakan rumus berikut ini :



$$V_3 = \frac{m_m \cdot R \cdot T_3}{P_3} \quad (11)$$

Kerja pada titik 2-3 :

$$W_{2-3} = P_2(V_3 - V_2) \quad (12)$$

#### • Proses 3-4

Langkah kerja (*Ekspansi*) atau *isentropik* dan semua katup tertutup.

Volume pada titik 4:

Berdasarkan diagram p-v terlihat jelas bahwa  $V_4 = V_1$

Temperatur pada titik 4:

Setelah torak mencapai titik mati bawah (TMB) sejumlah kalor di keluarkan dari dalam silinder sehingga temperatur fluida kerja akan turun menjadi  $T_4$ . Nilai dari  $T_4$  dapat di hitung dengan :

$$T_4 = T_3 \left[ \frac{V_3}{V_4} \right]^{k-1} \quad (13)$$

Tekanan pada titik 4:

Tekanan pada titik 4 di dalam silinder akan mengalami penurunan setelah titik 3. Nilai dari  $P_4$  dapat kita hitung dengan :

$$P_4 = P_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k \quad (14)$$

Kerja persiklus 3-4 :

Untuk kerja yang di hasilkan selama langkah ekspansi ( $W_{3-4}$ ) dapat di hitung :

$$W_{3-4} = \frac{m_m \times R \times (T_4 - T_3)}{1-k} \quad (15)$$

#### • Proses 4-1

Rejeksi panas volume konstan (keluaran berhembus ke bawah) katup keluar terbuka dan katup hisap tertutup.

Titik 1 merupakan proses langkah buang atau di sebut juga proses exhaust blowdown dimana katup keluar terbuka dan katup hisap tertutup. Maka volume pada titik 1 ( $V_1$ ) sama dengan volume pada titik 4 di rumuskan dengan :

$$Q_{4-1} = Q_{out} = m_m c_v (T_3 - T_4) = m_m c_v (T_1 - T_4) \quad (16)$$

#### • Proses 1-0

Tekanan konstan langkah buang, katup buang terbuka dan katup hisap tertutup.

Titik 0 merupakan proses langkah buang pada tekanan konstan ( $P_0 = P_1$ ). Untuk kerja yang dihasilkan pada proses 1-0 ( $W_{1-0}$ ) dapat di hitung :

$$W_{1-0} = P_0 \times (V_0 - V_1) \quad (17)$$

$W_{neet}$  ( Kerja satu siklus):

Kerja yang dihasilkan dalam satu siklus kerja dapat di hitung berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$W_{neet} = (W_{0-1}) + (W_{1-2}) + (W_{2-3}) + (W_{3-4}) + (W_{4-1}) + (W_{1-0}) \quad (18)$$

Untuk efisiensi termal dari satu siklus kerja dari motor bensin dapat di hitung dengan rumus :

$$\eta_{th} = \frac{W_{neet}}{Q_{in}} \quad (19)$$

- **Tekanan Efektif Rata – rata**

Didefinisikan sebagai suatu tekanan yang di bayangkan bekerja pada permukaan piston pada langkah kerja, di rumuskan dengan :

$$mep = \frac{W_{nett}}{V_d} \quad (20)$$

- **Daya Indikator**

Daya indikator adalah daya yang di hasilkan dalam satu silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentu efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder. Besarnya nilai daya indikator ( $W_i$ ) pada putaran 2000 rpm dapat di rumuskan :

$$W_i = \frac{W_{nett} \times N}{n} \quad (21)$$

- **Torsi dan Daya**

Torsi yang di hasilkan dari sebuah mesin dapat di ukur dengan menggunakan *dynamometer* yang di kopel dengan poros *output* mesin. Oleh karena sifat *dynamometer* yang bertidak seolah-olah seperti sebuah rem dalam sebuah mesin, maka daya yang di hasilkan poros output ini sering disebut sebagai daya rem (*brake power*) dan dapat di hitung sesuai dengan persamaan, yaitu:

$$W_b = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} T \quad (22)$$

- **Tumpang Tindih Katub**

Periode terbukanya katup masuk sebelum TMA dan tertutupnya katup buang sesudah TMA dapat di lihat dinyatakan dengan persamaan :

$$t = \frac{\theta / D}{360} \quad (23)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

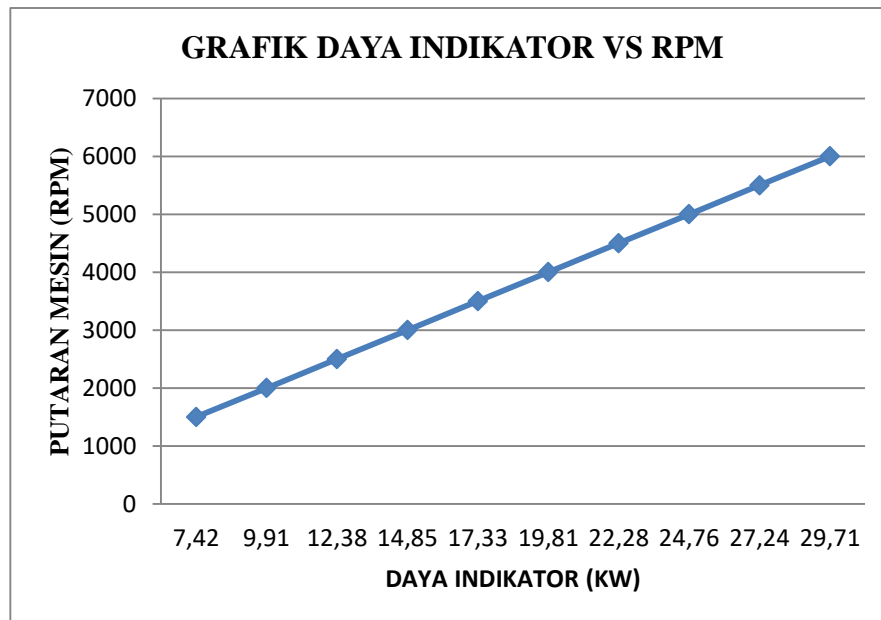
Didalam melakukan analisa data pembahasan, maka hal yang penting untuk di persiapkan adalah data-data utama yang akan diolah untuk mendapatkan informasi lain yang di butuhkan.

**Tabel 2.** Data Spesifikasi Perhitungan Daya

No	Data Spesifikasi Perhitungan Daya	
1	Daya	109PS
2	Putaran	6000rpm
3	Kapasitas	1498cc
4	Momen maksimum	15,1Kg.m pada Putaran ( 4400rpm )
5	Type	Cylinder inline, 16 Valve, DOHC, CVTC
6	Efisiensi Mekanik	85 % ( $\eta_m$ )
7	Diameter Piston	77.965-77.980mm (3,0694-3.0700in)
8	Fuel System	ECCS
9	Piston to Cylinder Bore Clearance	0.020-0.050mm
10	Diameter Piston	77.965-77.980mm (3,0694-3.0700in)
11	Standard inner diameter	78,000-78,015(3,0708-3,0714in)

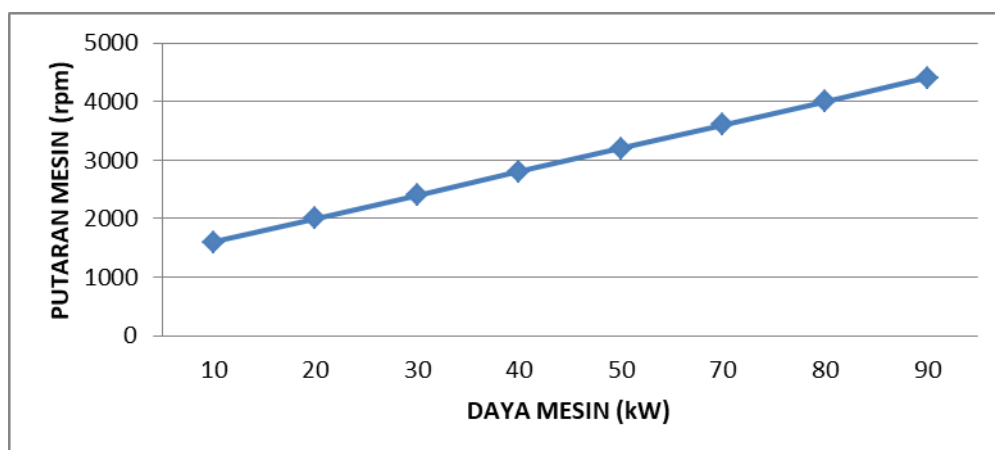


	<i>Cylinder bore</i>	
12	<i>Out of round (Difference between "X" and "Y")</i>	0,015mm(0,0006in)
13	<i>Taper Limit (Difference between "A" and "C")</i>	0,010mm (0,00040in)



**Gambar 5.** Grafik Daya Indikator Mesin

Berdasarkan gambar di atas dapat kita perhatikan bahwa pada putaran terendah (1000 rpm) daya mesin yang dihasilkan sebesar 4,95 kW dan pada putaran tertinggi (5500 rpm) daya mesin yang dihasilkan sebesar 27,24 kW. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya putaran mesin, otomatis akan meningkatkan daya indikator. Hal ini secara terus menerus akan meningkat seiring dengan putaran mesin yang bertambah.



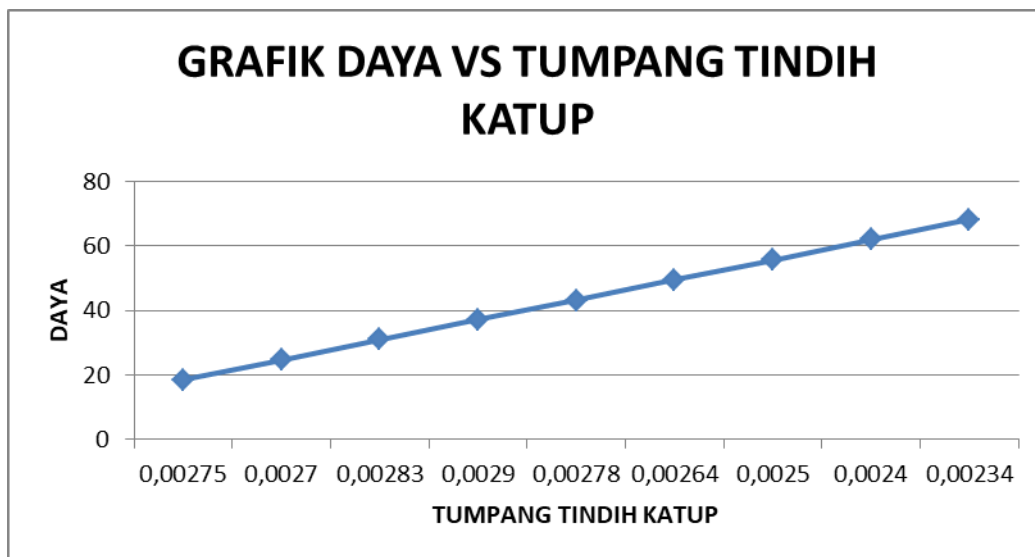
**Gambar 6.** Grafik Daya Mesin

Berdasarkan dengan gambar di atas dapat di simpulkan bahwa putaran mesin meningkat akan membuat daya mesin semakin bertambah. Hal ini adalah hal yang wajar dimana ketika sebuah mesin mempercepat laju kendaraan maka otomatis daya yang di butuhkan akan semakin bertambah.

**Tabel 3.** Tumpang Tindih Katup

(Rpm)	Katup Isap		Katup Buang		Tumpang Tindih Katup (Detik)	Daya ( kW )	Konsumsi Bahan Bakar ( gram / kW - jam)
	Terbuka > TMA (°)	Tertutup < TMB (°)	Terbuka > TMA (°)	Tertutup < TMB (°)			
1200	5-9	40-38	40-65	15-65	0,00275	18,576	0,1350813
1600	11-16	35-32	40-65	15-65	0,00270	24,768	0,1800633
2000	19-26	30-27	40-65	15-65	0,00283	30,960	0,2249103
2400	27-27	29-25	40-65	15-65	0,0029	37,152	0,2701626
2800	32-35	25-22	40-65	15-65	0,00278	43,080	0,3151446
3200	36-40	22-18	40-65	15-65	0,00264	49,536	0,3599916
3600	41-44	20-17	40-65	15-65	0,0025	55,728	0,4052439
4000	45-46	18-15	40-65	15-65	0,00240	61,920	0,4498207
4400	47-49	16-14	40-65	15-65	0,00234	68,112	0,4952756

Berdasarkan data tabel di atas dapat kita lihat bahwa semakin besar putaran yang di berikan maka pembukaan katup akan semakin lama, dan semakin lama pembukaan katup di putaran tinggi maka daya yang dihasilkanpun semakin besar juga, serta pembukaan pada katup sangat mempengaruhi sebuah daya.



**Gambar 7.** Grafik Daya vs Tumpang Tindih Katup

Konstruksi mesin dengan mekanisme katup CVTC adalah terdiri dari camshaft, crankshaft, katup, pegas katup, piston, *connecting rod* dan lain-lain. Pada gambar dibawah ini adalah gambaran dan konstruksi mesin CVTC.



**Gambar 8.** Konstruksi CVTC [2]

Aspek utama dari Pengereman *regeneratif* adalah untuk merebut kembali energi sebanyak mungkin selama perlambatan. Karena motor listrik yang juga berfungsi sebagai generator listrik, dipasang langsung ke poros engkol mesin, mesin perlu memberikan sedikit hambatan semampu selama perlambatan agar generator menghasilkan listrik tingkat tinggi dan mengisi baterai. Dalam mesin tradisional, aksi pemompaan silinder benar-benar akan memberikan daya tahan dalam jumlah sedang, atau pengereman mesin, selama deselerasi (kecuali netral atau bila kopling bergerak dalam transmisi manual). *Cylinder Idling System* secara efektif mengurangi drag mesin dengan menutup katup *intake* dan *exhaust* hingga tiga dari empat silinder dan membiarkan piston bergerak lebih bebas di dalam silinder, sehingga memungkinkan generator memberikan daya tahan maksimal (bukan mesin) dan akibatnya menghasilkan lebih banyak listrik.

Sistem ini menggunakan teknologi CVTC (*Continuous Variable Valve Timing Control*) untuk menutup katup intake dan exhaust hingga 3 dari 4 silinder di rpm serendah 1000 untuk mengurangi aksi pemompaan di mesin. Sedangkan aplikasi tradisional CVTC melibatkan profil cam alternatif pada putaran tinggi dan tekanan oli tinggi untuk meningkatkan kinerja, sistem CVTC ini bergerak pada putaran rendah dan tekanan rendah minyak untuk menutup katup dengan berbagai jenis peningkatan kinerja mengurangi ketahanan mesin selama perlambatan. Mekanisme katup dengan *Continuous Variable Valve Timing Control* (CVCT) mempunyai potensial untuk mengimprovisasi pemakaian bahan bakar secara ekonomis, meningkatkan performa dan menurunkan level emisi gas buang pada motor bakar bensin.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem CVTC berguna untuk memperhemat bahan bakar. memperbaiki performa mesin menjadi lebih baik. Mekanisme secara kontinuitas yang diharapkan dalam hal waktu pembukaan/penutupan katup masuk adalah berdasarkan kondisi kerja mesin. CVTC (*Continuous Variable Valve Timing Control*) bervariasi waktu buka dan tutup pada katup masuk untuk memperbaiki torsi mesin pada kondisi saat kecepatan mesin medium ke rendah. Secara garis besar CVTC mempunyai kemampuan yang efektif untuk mengontrol intake camshaft untuk memberikan valve timing yang paling

optimal untuk kondisi mesin, memperbaiki torsi disemua tingkat kecepatan, dan penghematan bahan bakar.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] K. A. R. Campuran, P. Dengan, E. Dan, K. Etanol, M. Bensin, and U. Kerja, "ANALISIS PERFORMA MESIN MOBIL NISSAN GRAND LIVINA 1500 CC BERBAHAN BA-," pp. 9–13, 2013.
- [2] H. R. Engine, "Advanced technology takes the next generation of Nissan ' s world-renowned VQ engine to new pinnacles of high-rev performance Major technologies."
- [3] Z. Lou and G. Zhu, "Review of advancement in variable valve actuation of internal combustion engines," Appl. Sci., vol. 10, no. 4, 2020, doi: 10.3390/app10041216.
- [4] himsar ambarita. tulus b hotlan m, "Studi Kinerja Mesin Otto Menggunakan Bahan Bakar," Stud. Kinerja Mesin Otto Menggunakan Bahan Bakar Bensin Dan Etanol, vol. 4, no. 4, pp. 251–264, 2013.
- [5] J. B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals. N. York: McGraw-Hill. 1988.
- [6] L. Mianzo and H. Peng, "Modeling and control of a variable valve timing engine," Proc. Am. Control Conf., vol. 1, no. June, pp. 554–558, 2000, doi: 10.1109/ACC.2000.878961.
- [7] M. Nagano, S. Watanabe, Y. Sukegawa, and K. Amou, "Port-injection Engine-control System for Environmental Protection," pp. 200–204, 2004.
- [8] Arends BPM., dan Berenschot, H. Motor Bensin. Jakarta: Erlangga, 1992.
- [9] Philip Kristanto, Motor Bakar Torak, Teori Aplikasi. Yogyakarta: ANDI, 2015