

ANALISIS VARIABLE VALVE TIMING – INTELLIGENT DENGAN NON-VARIABLE VALVE TIMING – INTELLIGENT TERHADAP DEBIT BAHAN BAKAR DI INJEKTOR

Cecep Deni Mulyadi¹, Ilham Akbar²
^{1,2} Teknik Mesin, Universitas Sangga Buana

¹ korespondensi: cecep.deni@usbypkp.ac.id

ABSTRACT

The Valve mechanism is a system that functions to regulate the opening and closing of valves in internal combustion engine, the better the valve mechanism, the fuel injector discharge can be optimal. In order to find out how much fuel discharge in the injector and its flow rate on the valve mechanism variable valve timing - intelligent with non-variable valve timing - intelligent can be done inspection and calculation of injector voltage and injector electric current on the engine. From the research results, on the Engineusing variable valve timing - intelligent technology, the maximum discharge in the injector is 3.26 cm³ and the maximum flow rate is 178.80 m/s, at a maximum voltage of 5 V and a current in the injector of 2.08 A and on the Engine that uses non-variable valve timing - intelligent the maximum discharge in the injector is 3.86 cm³ at the maximum flow rate in the injector is 211.71 m/s, and the maximum voltage is 5 V and the current in the injector is 4.67 A. The maximum injection velocity in the injector is 178.80 m/s and the maximum velocity in the injector is 178.80 m/s, at the maximum voltage is 5 V and the current in the injector is 4.67 A. The size of the voltage, the electric current in the injector affects the discharge and flow rate in the injector.

Keywords: Valve Mechanism, Electronic Fuel Injection, Valve Mechanism Measurement Technique

ABSTRAK

Mekanisme katup adalah sistem yang berfungsi untuk pengaturan bukaan dan tutup katup pada motor pembakaran dalam, semakin baik mekanisme katup tersebut maka debit injector bahan bakar dapat dioptimalkan. Agar ditemukan berapa debit bahan bakar di injector dan laju alirannya pada mekanisme katup variable valve timing – intelligent dengan non-variable valve timing – intelligent dapat dilakukan pemeriksaan dan hitungan tegangan injektor dan arus listrik injektor pada mesin tersebut. Dari hasil penelitian, mesin yang menggunakan teknologi variable valve timing – intelligent, debit maksimum di injektor 3,26 cm³ dan laju aliran maksimumnya 178,80 m/s, pada tegangan maksimum 5 V dan Arus diinjektor 2,08 A dan pada mesin yang menggunakan non-variable valve timing – intelligent debit maksimum diinjektor 3,86 cm³ pada laju alirannya maksimum di injektor 211,71 m/s, dan tegangan maksimum 5 V dan Arus diinjektor 4,67 A. Besar kecilnya tegangan, Arus listrik di injektor berpengaruh terhadap debit dan laju aliran di injektor.

Kata kunci: Mekanisme Katup, Injeksi Bahan Bakar Elektronik, Teknik Pengukuran Mekanisme Katup

PENDAHULUAN

Cara kerja sistem VVT-i dari sensor-sensor yang terkait lalu mengirimkan data kondisi mesin ke ECU. Engine ECU memberikan sinyal ke camshaft timing oil control valve. Camshaft timing oil control valve mengalirkan oli bertekanan ke VVT-i controller yang akan mendorong vane bergerak maju (*advanced*) atau mundur (*retard*) sesuai perintah ECU. Vane VVT-i controller bergerak maju

(*advanced*) untuk memajukan timing terbukanya katup intake dan bergerak mundur (*retard*) untuk memundurkan timing terbukanya katup intake (1).

Variable Valve Timing with Intelligence bekerja mengoptimalkan torsi mesin setiap, Mekanisme tersebut akhirnya akan membuahkan konsumsi BBM menjadi lebih efisien serta emisi gas buang menjadi lebih

rendah. Di mana dengan pijakan pedal gas dan beban yang ditanggung untuk menghasilkan torsi optimal di tiap putaran dan beban mesin (2).

Pengertian *variable valve timing - intelligent* (VVT-i) yaitu mengoptimalkan torsi mesin pada setiap rpm mesin dengan konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien dan mengurangi tingkat polusi, cara kerja dari VVT-i yaitu untuk menghitung bukaan tutup katup (*valve timing*) yang optimal oleh ECU (Electronic Control Unit) sesuai rpm mesin, volume udara masuk, posisi *throttle* dan *temperature air* (3).

Putaran 3500 rpm, daya VVT-i sebesar 44,179 kW, sedangkan tanpa teknologi VVT-i 43,154 kw sehingga kenaikannya 2,32%. Untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, konsumsi bahan bakar teknologi VVT-i sebesar 251,5098 gr/kw jam, sedangkan untuk platina konsumsi bahan bakarnya sebesar 260,0889 gr/kw jam, sehingga penurunan 3,41% (4).

Prinsip kerja VVTi pengaturan pembukaan dan penutupan katup in/masuk dengan menggunakan media fluida yang disuply dari OCV (*oil Control Valve* yang diatur saat kapan mulai bekerja oleh TVT (*target Valve Timing*). Panjang langkah maju atau mundur dari sebuah kerja *intake camshaft* akan diatur oleh gerak maju mundur spool valve OCV berdasarkan besar kecilnya sinyal pulsa dari TVT Engine ECU (5).

Teknologi Dual VVT-I melakukan *overlapping* pada katup *intake* dan *exhaust* sehingga di klaim lebih efisien dan ramah lingkungan dari VVT-I. Berdasarkan hasil

pengujian, kendaraan Dual VVT-I memiliki keunggulan konsumsi bahan bakar lebih irit 0,38 liter atau setara 1,17 Km/L di banding kendaraan dengan VVT-I. Sedangkan pada pengujian emisi gas buang kendaraan dengan Dual VVT-I menghasilkan kadar emisi gas buang CO dan HC yang lebih baik di banding kendaraan dengan VVT-I (6).

Sensor pada sistem VVT-i memiliki bentuk dan konektor yang berbeda karena jumlah dan nama juga berbeda serta fungsinya berbeda . Cara kerja VVT-i dengan merubah timing terbukanya katup *intake* yang memanfaatkan tekanan oli yang dialirkan *camshaft position sensor* berdasarkan perintah ECU untuk menggerakkan vane pada VVT-i controller (7). Uji konsumsi bahan bakar biogasoline pada kendaraan injeksi VVT-i dan dual VVT-I dengan proses perekayasaan pada sistem penyaluran bahan bakar. Bahan bakar jenis B10 merupakan bahan bakar terbaik (8).

Penerapan sistem injeksi bahan bakar elektrik untuk membandingkan mesin K3-DE dengan mesin K3-VE 1300 cc bahan bakar premium, terhadap torsi mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Dari semua data pengujian mesin K3-VE lebih unggul dari mesin K3-DE (9).

Dari permasalahan di atas yang belum di teliti yaitu tentang debit bahan bakar di *injector* pada sistem teknologi VVT-i dengan non-VVT-I. Mana yang lebih optimal dengan cara melakukan pemeriksaan tegangan, arus di *injector* dan melakukan perhitungan berdasarkan data data tersebut, sehingga akan

di ketahui secara pasti berapa debit yg keluar dari *injector* sesuai tegangan yg di berikan.

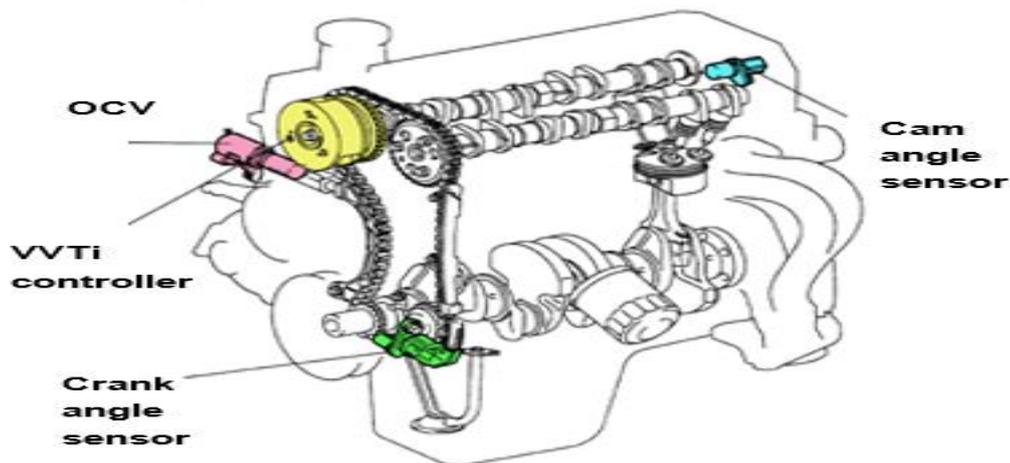
METODE

Data yang diperlukan untuk mendukung proses analisis perbandingan debit bahan bakar di injektor pada mekanisme katup tersebut.

Mekanisme katup

Mekanisme katup adalah proses pengaturan buka dan tutup katup pada motor pembakaran dalam. Katup hisap terbuka pada 30° sebelum Titik mati atas dan menutup pada 58° sesudah Titik mati bawah, katup buang membuka pada 59° sebelum TMB dan menutup 27° sesudah TMA. Sudut overlap 57° .

Pengertian Dasar Sistem VVT-i

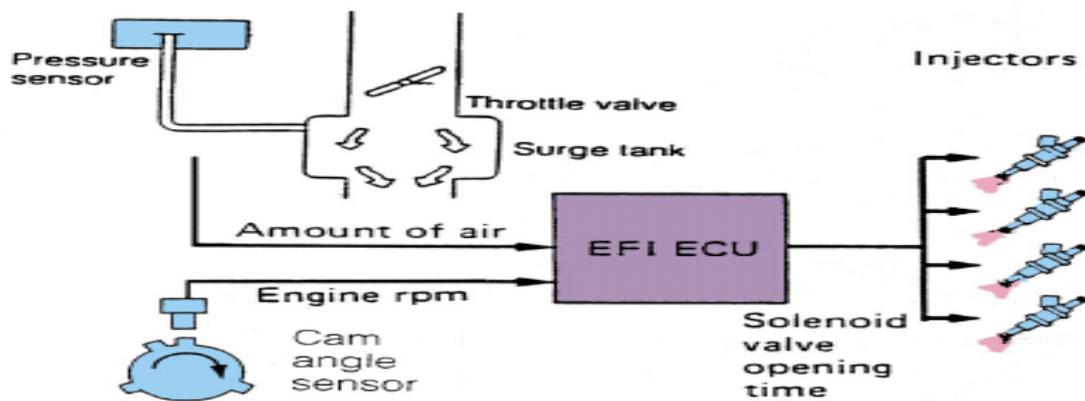


Gambar 1: Sistem VVT-i

Sistem teknologi *Variable Valve Timing* pengaturan sistem kerja katup masuknya bensin dan udara kedalam ruang pembakar mesin (*Intake*) secara elektronik, sehingga tenaga yang dihasilkan lebih optimal, bahan bakar menjadi efisien dan ramah lingkungan. *variable valve timing – intelligent* adalah pengatur waktu pembuka dan penutupan katup yang variatif sesuai dengan keadaan mesin.

Pada mesin non- *variable valve timing – intelligent* waktu bukaan dan penutupan katup hisap selalu sama, baik saat putaran mesin rendah maupun tinggi. Kondisi ini tentu membuat kinerja mesin kurang *optimal*. Agar dapat katup hisap terbuka dan tertutup sesuai kondisi kerja mesin, pada sistem poros *cam* ditambahkan mekanisme *variable valve timing – intelligent* (10,11).

Cara Kerja Injektor



Gambar 2: Alur Control Injektor

Injector bekerja electromagnetic di mana nozzle mengeluarkan bahan bakar sesuai dengan perintah yang diberikan oleh ECU, *injector* dipasangkan pada silinder head dengan menggunakan isolator (12).

Adanya tegangan listrik dari ECU ke konektor *injector* maka terjadi medan magnet pada kumparan solenoid di *injector*. Kemagnetan menghasilkan tarikan plunger naik keatas sehingga akan membuka saluran nozzle. Sehingga akan terjadi penginjeksian bahan bakar (13).

Tabel 1: Spesifikasi Kendaraan VVT-i Kode Mesin

K3-Ve Dohc VVT-i	Volume langkah 1298 cm ³
Jumlah silinder	4 buah segaris
Jumlah katup	16 buah
Bahan Bakar	Bensin
Daya maksimum	92 ps @6000 RPM
Torsi maksimum	12,2 kgf @4400 RPM
Sistem Bahan Bakar	EFI
Rasio Kompresi	11:1

Tabel 2: Spesifikasi Injektor pada Mesin VVT-i

Baterai	11 sampai 14 (Volt)
Tekanan bahan bakar	(2,4 sampai d 3,3 kgf/cm^2)
Pada saat mesin mobil mati/pada saat pompa bensin tidak bekerja	150 kPa tekanan dipertahankan
Tahanan Injektor	12 sampai 20 Ω pada suhu 20 °C (68 °F)
Volume pada saat penginjeksian	44 sampai 49 cm^3 (2,9 sampai dengan 3,26 cm^3/s)
Tahanan pada pompa <i>injector</i>	0,2 sampai dengan 3,0 Ω pada suhu 20 °C (68 °F)
Lubang diameter pada injektor	0,006 in sampai dengan 0,0033 in
Jumlah lubang injektor	Multy hole (3 sampai 18 lubang)

Tabel 3: Spesifikasi Kendaraan Non-VVT-i

Kode mesin	K3-DE DOHC
Volume langkah	1298 cm^3
Jumlah silinder	4 buah segaris
Jumlah katup	16 buah
Bahan	Bakar Bensin
Daya maksimum	86 PS @6000 RPM
Torsi maksimum	11,9 kgf @3200 RPM
Sistem Bahan Bakar	EFI
Rasio Kompresi	10:1

Tabel 4: Spesifikasi Injektor Non-VVT-i

Baterai	11 sampai 14 volt
Tekanan bahan bakar	(2,4 sampai 3,3 kgf/cm^2)
Pada saat mesin mobil mati/pada saat pompa bensin tidak bekerja	150 kPa tekanan dipertahankan
Tahanan Injektor	11,6 sampai 12,4 Ω pada 20°C (68 °F)
Volume pada saat penginjeksian	47 sampai 58 cm^3 (3,18 sampai dengan 3,86 cm^3/s)
Tahanan pada pompa <i>injector</i>	0,2 sampai 3,0 Ω pada suhu 20 °C (68 °F)
Diameter lubang pada injektor	0,006 in sampai 0,0033 in
Jumlah lubang injektor	Multy hole (3 sampai 18 lubang)

Sumber: Spesifikasi *Injector* Pada Mesin Non-VVT-i, 2017

1. Tekanan pada injektor yaitu :

$$F = P \times A \dots \dots \dots [1]$$

Keterangan:

P = laju tekanan pada selang *injector* (kgf/cm)

F = gaya dorong pada selang *injector* (N)

A = luas lubang pada *injector* (cm²)

Keterangan :

P = tekanan (kgf/cm²)

F = gaya (N)

A = luas (cm²)

Apabila laju tekanan pada *injector* diketahui sebesar P = 2,4 sampai dengan 3,3 kgf/cm², maka perhitungan untuk mencari gaya dorong pada selang *injector/delivery pipe*.

2. Setelah diketahui tekanan pada pipe *injector* maka debit bahan bakar yang keluar oleh *injector* yaitu :

$$Q = A \times V \dots \dots \dots [2]$$

Keterangan:

Q = debit bahan bakar pada *injector* (cm³/s)

A = luas pada lubang injektor dihitung (cm²)

V = kecepatan aliran pada *injector* (m/s)

Di mana bila debit pada *injector* diketahui Q Dan luas pada lubang injeksi diketahui A. Maka ditanyakan V = kecepatan aliran bahan bakar yaitu (14):

$$V = \frac{Q \text{ (debit bahan bakar maximum)}}{A \text{ (Luas lubang injektor)}} \dots \dots \dots [3]$$

3. Pengaruh tahanan dan tegangan pada putaran rendah atau pada saat idle, putaran sedang dan putaran tinggi pada *injector* terhadap bahan bakar yang keluar yaitu: tegangan max pada *injector* adalah 5 volt

$$V = I \times R \dots \dots \dots [4]$$

Keterangan:

V = adalah tegangan pada *injector* (volt)

I = kuat arus listrik pada injektor (Ampere)

R = adalah tahanan pada *injector* (Ohm)

Apabila tegangan pada max pada *injector* sebesar 5 volt pada saat rpm tinggi maka perhitungan kuat arus pada *injector* adalah sebagai berikut (15):

$$i_1 \text{ (pada saat idle)} = \frac{\text{tegangan injektor (v)}}{\text{tahanan injektor (R)}} \dots [5]$$

$$i_2 \text{ (pada saat sedang)} = \frac{\text{tegangan injektor (v)}}{\text{tahanan injektor (R)}} \dots \dots \dots [6]$$

$$i_3 \text{ (pada saat max)} = \frac{\text{tegangan injektor (v)}}{\text{tahanan injektor (R)}} \dots [7]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis diperoleh bahwa penggunaan mesin berteknologi *variable valve timing – intelligent* dapat menurunkan debit bahan bakar di *injector* di bandingkan dengan mesin berteknologi non-*variable valve timing – intelligent* untuk spesifikasi mesin yang sama dan tekanan *injector* yang sama yaitu sebesar 319 sampai dengan 329 kPa (3,3 sampai dengan 2,4 kgf/cm²) 46 sampai dengan 48 psi.

Namun pada kecepatan aliran bahan dan tegangan bahan bakar di injektor terdapat perbedaan yaitu dapat dilihat Tabel 5.

1. Debit bahan bakar di *injector* pada mesin *variable valve timing – intelligent*

Dapat dijelaskan debit bahan bakar di *injector* pada mesin VVT-i pada debit bahan bakar rendah yaitu sebesar 2.936 cm³ maka laju aliran bahan bakar yang dikeluarkan dari

injector sebesar 161,0335846 m/s, debit bahan bakar maksimum adalah sebesar 3,26 cm³/s

maka laju aliran bahan bakar maksimumnya adalah 178,80 m/s dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Debit Bahan Bakar pada Mesin *Variable Valve Timing – Intelligent*

Q (cm ³)	diameter (cm)	V (m/s)	A (cm ²)
3.26	0.01524	178.8043208	0.000182
3.233	0.01524	177.3234261	0.000182
3.206	0.01524	175.8425314	0.000182
3.179	0.01524	174.3616368	0.000182
3.152	0.01524	172.8807421	0.000182
3.125	0.01524	171.3998474	0.000182
3.098	0.01524	169.9189527	0.000182
3.071	0.01524	168.438058	0.000182
3.044	0.01524	166.9571634	0.000182
3.017	0.01524	165.4762687	0.000182
2.99	0.01524	163.995374	0.000182
2.963	0.01524	162.5144793	0.000182
2.936	0.01524	161.0335846	0.000182

2. Debit bahan bakar di *injector* pada mesin non-*variable valve timing – intelligent*

Maka debit bahan bakar di *injector* pada mesin non-*variable valve timing – intelligent* pada debit bahan bakar rendah yaitu sebesar 3.188 cm³ maka laju aliran bahan bakar yang

dikeluarkan dari *injector* sebesar 174,8552683 m/s, dan debit bahan bakar maksimum adalah sebesar 3,86 cm³ maka kecepatan aliran bahan bakar maximumnya adalah 211,7130915 m/s. dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: Debit Bahan Bakar pada Mesin Non-*Variable Valve Timing – Intelligent*

Q(cm ³)	diameter (cm)	V (m/s)	A (cm ²)
3.86	0.01524	211.7130915	0.000182
3.812	0.01524	209.0803899	0.000182
3.764	0.01524	206.4476882	0.000182
3.716	0.01524	203.8149865	0.000182
3.668	0.01524	201.1822849	0.000182
3.62	0.01524	198.5495832	0.000182
3.572	0.01524	195.9168816	0.000182
3.524	0.01524	193.2841799	0.000182
3.476	0.01524	190.6514783	0.000182
3.428	0.01524	188.0187766	0.000182

Q(cm ³)	diameter (cm)	V (m/s)	A (cm ²)
3.38	0.01524	185.3860749	0.000182
3.332	0.01524	182.7533733	0.000182
3.284	0.01524	180.1206716	0.000182
3.236	0.01524	177.48797	0.000182
3.188	0.01524	174.8552683	0.000182

3. Tegangan dan tahanan *injector* pada mesin *variable valve timing – intelligent* dan *non-variable valve timing – intelligent*

Menunjukkan bahwa mesin yang menggunakan teknologi *variable valve timing – intelligent* menghasilkan tegangan pada *injector* sebesar pada tegangan rendah yaitu sebesar 0,45 volt maka tahanan yang dihasilkan sebesar 20 Ω dan arus yang dihasilkan yaitu sebesar 0,0225 A dan pada tegangan maximumnya yaitu sebesar 5 volt maka tahanan arus listrik *injector* sebesar 2,4

Ω maka arus yang keluar adalah sebesar 2,08 A. sedangkan pada *non-variable valve timing – intelligent* menunjukkan bahwa mesin yang belum menggunakan teknologi *variable valve timing – intelligent* menghasilkan tegangan pada *injector* sebesar pada tegangan rendah yaitu sebesar 0,45 volt maka tahanan pada *injector* yaitu sebesar 12,4 Ω maka arus pada *injector* yaitu sebesar 0,0362 A dan pada tegangan maximumnya yaitu sebesar 5 volt maka tahanan pada *injector* sebesar 1,07 Ω maka arus pada *injector* adalah sebesar 4,67 A dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7: Tegangan dan Tahanan *Injector* pada Mesin VVT-i

V (volt)	R (ohm)	A(Amper)
0.45	20	0.0225
0.901	18.4	0.048967
1.44	16.8	0.085714
1.9	15.2	0.125
2.37	13.6	0.174265
2.84	12	0.236667
3.31	10.4	0.318269
3.78	8.8	0.429545
4.24	7.2	0.588889
4.538	5.6	0.810357
4.538	4	1.1345
5	2.4	2.083333

Tabel 8: Tegangan dan Tahanan *Injector* pada Mesin Non-VVT-i

V (volt)	R (ohm)	A(Amper)
0.45	12.4	0.03629032
0.901	11.37	0.07924362
1.44	10.34	0.13926499
1.9	9.31	0.20408163
2.37	8.28	0.28623188
2.84	7.25	0.39172414
3.31	6.22	0.53215434
3.78	5.19	0.7283237
4.24	4.16	1.01923077
4.538	3.13	1.44984026
4.538	2.1	2.16095238
5	1.07	4.6728972

SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini debit bahan bakar maksimum di injektor pada mesin *variable valve timing – intelligent*, yaitu sebesar 3.26 cm³ dan laju kecepatan aliran bahan bakar maksimum yaitu sebesar 178,8043 m/s, sedangkan pada mesin yang belum menggunakan *variable valve timing – intelligent* debit bahan bakar maksimumnya sebesar 3,86 cm³ dan laju kecepatan aliran bahan bakar maksimumnya sebesar 211,713 cm/s, dan Pada mesin yang menggunakan teknologi *variable valve timing –intelligent* arus listrik pada injektor maksimumnya sebesar 2,08 A, sedangkan pada mesin yang belum menggunakan *variable valve timing – intelligent* arus listrik injektor maksimumnya sebesar 4,67 A. Dengan data tersebut dapat diartikan bahwa yang menggunakan system pengaturan elektronik lebih baik untuk mengatur arus, tegangan dan debit bahan

bakar sehingga penggunaan bahan bakar yang lebih hemat karena diatur dengan benar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ageng Ryan Firmansyah. (Vvt-I) Mata Kuliah Suspensi & Geometri Roda. In: Politeknik Negeri Malang. 2020.
2. Dwiaji Yc, Mahendra O. Analisis Perbandingan Teoritis Performansi Daya Mesin Mobil Dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Berteknologi Vvt-I Dan Non-Vvt-I. J Appl Mech Eng Renew Energy. 2021;1(1):6–15.
3. Toyota. Perkembangan Teknologi Otomotif. In: Toyota. 2020. P. 1–63.
4. Saragih De. Perbandingan Antara Mesin Bensin Yang Berteknologi Vvt-I Dengan Platina. Jsik. 2019;3(1):56–67.
5. Al Smk, Sirampog H. Pengetahuan Dasar Mesin “ Mekanisme Katup .” In: Smk Al Hikmah 1 Sirampog. 2017. P. 1–14.
6. Efisiensi P, Bakar B, Gas E, Kendaraan B, Prasetyo I, Saputro Y, Et Al. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha Comparison Of Fuel

- Efficiency And *Exhaust* Emissions For Vehicles With Vvt-I Technology With Dual Vvt-I. 2021;9(1):42–9.
7. Andy Yk. Identifikasi Sistem Vvt-I Kijang Innova. Universitas Negeri Semarang; 2015.
 8. Wahyu M. Rekayasa Uji Konsumsi Biogasoline Kendaraan Vvt-I Dan Dual Vvt-I. *Semin Nas Teknol Terap.* 2019 Aug;5(1):56–63.
 9. Joko P. Tampilan Perbedaan Pengaruh Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektrik Dengan Dan Tanpa Dilengkapi Sistem Pengaturan Waktu Buka Tutup Katup, Terhadap Peforma Mesin, Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang. *Presisi.* 2020;22(01):10–7.
 10. Sitorus Tb. Tinjauan Teoritis Performansi Mesin Berteknologi Vvt-I. *J Din.* 2009;I(5):19–29.
 11. Teknologi Dual Vvt-I Toyota | News & Update - Pt Toyota Motor Manufacturing Indonesia.
 12. Kurniawan Ay. Identifikasi Sistem Vvt-I Kijang Innova. Universitas Negeri Semarang 2015. Universitas Negeri Semarang; 2015.
 13. Alam Y, Paryono P, Mustaman M. Pengaruh Variasi Tekanan Penyemprotan Dengan Penambahan Putaran Ulir Nosel Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Daya Mesin Dan Kepekatan Gas Buang Pada Isuzu Panther Hi Grade. *J Tek Mesin.* 2015;23(1):77–87.
 14. Subagyo R. *Mekanika Fluida.* Universitas Lambung Mangkurat. 2018. 1–50 P.
 15. Hyundai. *EngineMechanical 1* Textbook. 2003. 1–160 P.
 16. Mayssara A. Abo Hassanin Supervised A. Rangkaian Dasar Listrik. Paper Knowledge . Toward A Media History Of Documents. 2014.