

ANALISIS TEORITIS PERFORMANSI MESIN BERTEKNOLOGI VVT-i DAN NON VVT-i

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana Untuk
Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin*

OLEH :

ARIZAL SARI GUNAWAN SIREGAR

08 813 0001



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2012

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR NOTASI.....	vi
ABSTRAK.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Metode Penulisan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Dasar.....	5
2.2 Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin.....	6
2.1.2 Sistim VVT-i dan Catalytic Converter.....	6
2.2.1 Sistim VVT-i.....	6
2.2.3 ECU (Electronic Control Unit).....	11
2.2.4 Camshaf Position sensor.....	11
2.2.5 Camshaf Timing Oil Control Valve.....	12
2.1.3 Catalytic Converter.....	13
2.1.3 Catalytic Converter.....	13
UNIVERSITAS MEDAN AREA Position Sensor.....	13

2.1.4 Siklus Ideal Otto (Siklus Volume Konstan).....	17
2.1.5 Siklus Aktual.....	21
2.1.6 Parameter Performansi Mesin.....	22
2.2.1 Spesifikasi Mesin.....	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pengambilan Data	27
3.2 Waktu dan Tempat	27
3.3 Prosedur Penelitian	28
3.4 Jadwal Penelitian	29

BAB IV ANALISA TERMODINAMIKA DAN PRESTASI MESIN PADA MESIN VVT-i DAN NON VVT-i

4.1. Mesin VVT-i	30
4.1.1. Analisa Termodinamika	30
4.1.2 Parameter Performansi Mesin.....	37
4.2 Mesin Non VVT-i	40
4.2.1 Analisa Termodinamika	40
4.2.2 Parameter Performansi Mesin	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55

ABSTRAK

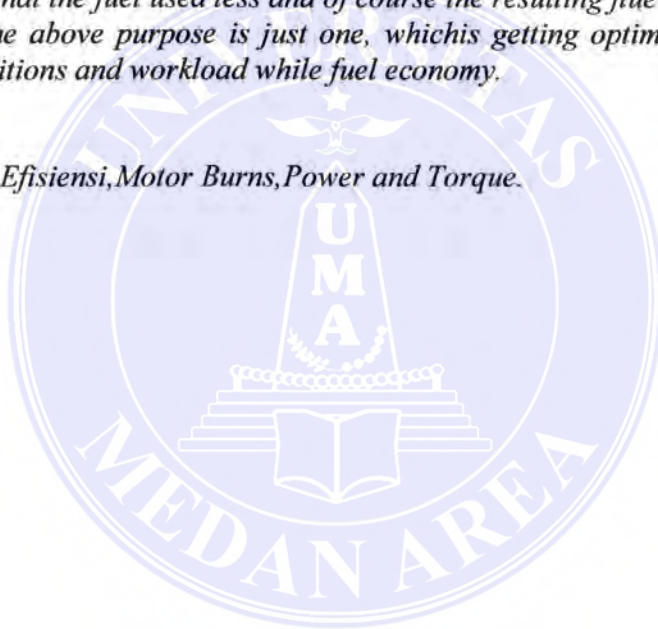
VVT-i merupakan salah satu aplikasi teknologi informasi pada industri otomotif khususnya dalam hal penyempurnaan performansi mesin. VVT-i adalah teknologi pengaturan katup pembakaran. Perbedaan mendasar yang dimiliki oleh sistem VVT-i adalah perputaran intake cam tidak perlu sama persis dengan perputaran mesin. Pada mobil tanpa system VVT-i, intake cam hanya mempunyai satu pola bukaan katup sehingga membuat mesin tidak dapat memaksimalkan tenaga mesin pada saat tenaga besar dibutuhkan dan tidak dapat meminimalkan bahan bakar yang dipergunakan ketika tenaga yang dibutuhkan tidak besar. Sedangkan pada mobil dengan mesin berteknologi VVT-i, ketika pengemudi memerlukan tenaga lebih besar, maka mekanisme katup akan diatur sedemikian rupa sehingga torsi mesin dapat meningkat. Sebaliknya, ketika hanya dibutuhkan sedikit tenaga mesin, maka mekanisme katup akan diatur sedemikian rupa sehingga bahan bakar yang dipergunakan lebih sedikit dan tentunya gas buang yang dihasilkan lebih bersih. Dari paparan diatas tujuannya yaitu mendapatkan power dan torsi yang optimal di semua kondisi dan beban kerja dengan tetap irit bahan bakar.

Kata kunci: VVT-i, Efisiensi, Motor Bakar, power dan torsi

ABSTRACT

VVT-i is one of the information technology applications in the automotive industry especially in terms of performance improvement. VVT-i is the valve settings combustion technology. Fundamental distinction owned by VVT-i system is the velocity of the intake cam does not have exactly the rotation of the machine. The car without VVT-i system, the intake cam has only one valve opening pattern that makes the machine can not maximize engine power when the power is needed and can not minimize fuel in use when the power required is not great. While in the car with VVT-i engine technology, when the driver requires more power, the valve mechanism will be set up in such a way that the engine's torque can be increased. Conversely, when it just needed a bit of engine power, the valve mechanism will be set up in such a way that the fuel used less and of course the resulting flue gas cleaner. Of exposure to the above purpose is just one, which is getting optimum power and torque in all conditions and workload while fuel economy.

Keywords: VVT-i, Efisiensi, Motor Burns, Power and Torque.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dilatar belakangi oleh semakin tingginya tingkat permintaan para pengguna kendaraan agar memiliki mobil dengan mesin yang bertenaga namun tetap irit bahan bakar dan ramah lingkungan telah menjadi pemicu timbulnya teknologi baru yang dikenal dengan nama *Variable Valve Timing-intelegent* atau lebih dikenal dengan sebutan VVT-i.

Teknologi VVT-i merupakan teknologi yang mengatur sistem kerja katup pemasukan bahan bakar (*intake*) secara elektronik baik dalam hal waktu maupun ukuran buka tutup katup sesuai dengan besar putaran mesin sehingga menghasilkan tenaga yang optimal, hemat bahan bakar dan ramah lingkungan.

Cara kerjanya cukup sederhana. Untuk menghitung waktu buka katup (*valve timing*) yang optimal, ECU (*Electronic Control Unit*) menyesuaikan dengan kecepatan mesin, sensor posisi *chamshaft* atau *crankshaft* memberikan sinyal sebagai respon koreksi.

Mudahnya sistem VVT-i akan terus mengoreksi *valve timing* atau jalur keluar masuk bahan bakar dan udara. Disesuaikan dengan pijakan pedal gas dan beban yang ditanggung demi menghasilkan torsi optimal di setiap putaran dan menghemat konsumsi BBM. Adopsi teknologi VVT-i ke mesin mobil juga memberikan kelebihan minimnya biaya pemeliharaan yang harus ditanggung. Seba b *tune-up* seperti setel klep dan lain sebagainya tidak diperlukan lagi.

1.2 Batasan Masalah

Mengingat begitu luasnya cakupan mesin bensin, maka masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah perbandingan performansi antara mesin bensin yang berteknologi

VVT-i dengan yang tanpa VVT-i berupa :

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

- a. Daya
- b. *Sfc* (Specific fuel consumption)
- c. Kontrol VVT-i
- d. *Catalytic Converter*

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui kinerja mesin bensin yang berteknologi VVT-i.
2. Dapat memahami mesin bensin.

1.4 Metode Penulisan

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh dasar penulisan dan referensi dalam penyusunan skripsi.

2. Riset dan Tinjauan Lapangan

Meninjau secara langsung ke lapangan untuk melihat, mengamati dan mempelajari secara langsung keadaan dan sistem kerja mesin bensin berteknologi VVT-i dengan yang tanpa VVT-i.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas sarjana ini terdiri dari beberapa bab dan setiap bab terdiri beberapa sub-bab, uraian dan laporan tugas sarjana ini secara sistematis:

Bab I dimulai dengan latar belakang penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah,

metode penulisan dan sistematika penulisan, dilanjutkan dengan Bab II berisikan tentang

pengertian dasar, prinsip kerja motor bakar bensin, siklus ideal Otto (siklus volume konstan),

siklus Aktual, Parameter Performansi Mesin, Spesifikasi Mesin, sistim VVT-i, ECU (Elektronik Control Unit), camshaft position sensor, camshaft timing oil control valve, cranshaft position sensor dan catalytic converter selanjutnya Bab III berisikan tentang metodologi penelitian. Bab IV berisikan mengenai mesin VVT-i, analisa termodinamika, parameter performansi mesin, Mesin Non VVT-i, analisa termodinamika, parameter performansi mesin dan pada akhir Bab V ini berisikan tentang kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dasar

Apabila meninjau mesin apa saja, pada umumnya adalah suatu pesawat yang dapat merubah bentuk energi tertentu menjadi kerja mekanik. Misalnya, mesin listrik, merupakan mesin yang kerja mekaniknya diperoleh dari sumber pembakaran gas atau mesin.

Mesin bensin dikategorikan sebagai mesin kalor. Yang dimaksud dengan mesin kalor disini adalah mesin yang menggunakan sumber energi termal untuk menghasilkan kerja mekanik, atau mesin yang dapat merubah energi termal menjadi kerja mekanik.

Selanjutnya jika ditinjau dari cara memperoleh sumber termal, jenis mesin kalor dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu mesin pembakaran luar (*external combustion engine*) dan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Yang dimaksud dengan mesin pembakaran luar adalah mesin dimana proses pembakaran terjadi di luar mesin, energi termal dari hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Contohnya adalah mesin uap. Sedangkan yang dimaksud dengan mesin pembakaran dalam, adalah mesin dimana proses pembakaran berlangsung didalam mesin itu sendiri, sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Mesin pembakaran dalam ini umumnya dikenal dengan sebutan motor bakar.

(Arismunandar Wiranto.1973)

2.2 Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin

Motor bensin bekerja dengan gerakan torak bolak balik (bergerak naik turun pada motor tegak). Motor bensin bekerja menurut prinsip 4 langkah (*tak*) dan 2 langkah (*tak*).

Yang dimaksud dengan istilah "langkah" disini adalah perjalanan torak dari satu titik mati

UNIVERSITAS MEDAN AREA
atas ke titik mati bawah

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Langkah Hisap

Torak bergerak ke bawah, katup masuk membuka, katup buang tertutup, terjadilah kevakuman pada waktu torak bergerak ke bawah, campuran bahan bakar udara mengalir ke dalam silinder melalui lubang katup masuk, campuran bahan bakar udara datang dari karburator.

Langkah Kompresi

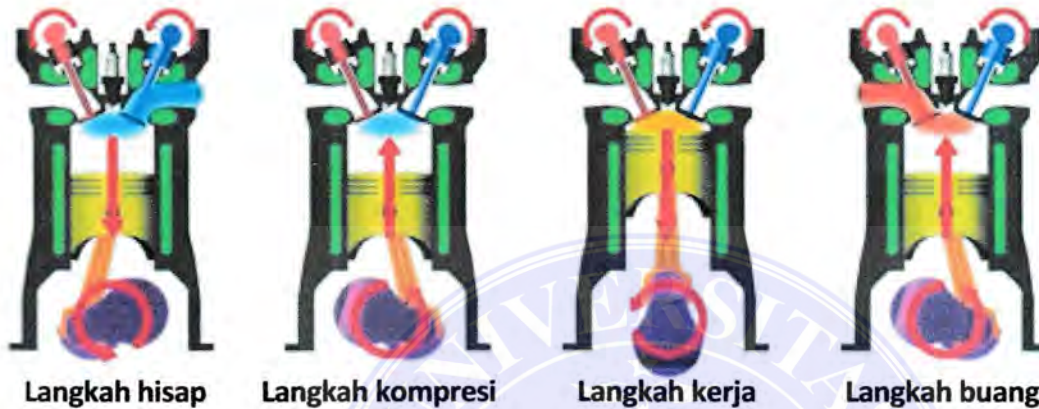
Setelah mencapai titik mati bawah, torak bergerak kembali menuju titik mati atas, sembari saat itu katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Dengan demikian campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder tadi ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas. Akibatnya, tekanan dan suhu dalam silinder naik sehingga sangat mudah bagi bahan bakar untuk terbakar.

Langkah Kerja

Pada saat torak hampir mencapai titik mati atas, campuran bahan bakar dan udara dinyalakan, maka terjadilah ledakan atau proses pembakaran yang mengakibatkan suhu dan tekanan naik dengan cepat. Di lain pihak torak tetap meneruskan perjalanannya menuju titik mati atas, ini berarti ruang bakar atau silinder semakin menyempit sehingga suhu dan tekanan gas di dalam silinder semakin bertambah tinggi lagi. Akhirnya torak mencapai posisi titik mati atas, dan pada kondisi ini gas pembakaran mampu untuk mendorong torak kembali dari posisi titik mati atas ke posisi titik mati bawah dengan tetap katup hisap dan katup buang dalam tertutup. Pada langkah ini volume gas pembakaran di dalam silinder bertambah besar oleh karena itu tekanannya turun.

Langkah Buang

Kemudian pada saat torak mencapai posisi titik mati bawah, katup buang terbuka dan katup hisap tetap tertutup. Torak kembali ke titik atas dan mendesak gas pembakaran keluar silinder melalui saluran katup buang.

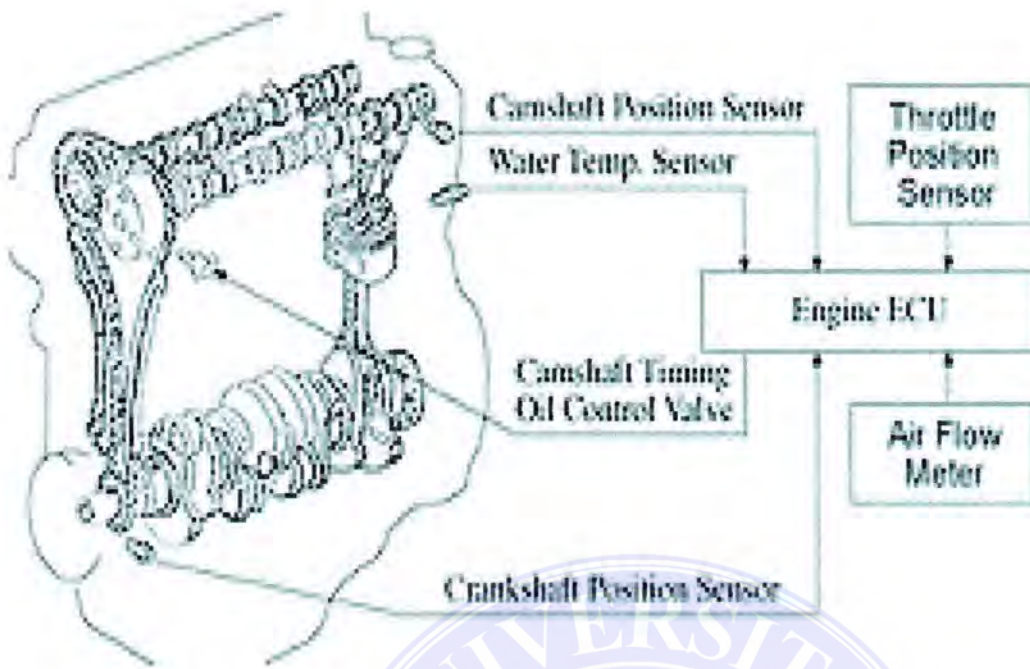


Gambar 2.1 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

2.1.2 Sistem VVT-i dan Catalytic Converter

2.2.1 Sistem VVT-i

Sistem VVT-i (*Variable Valve Timing- intelligent*) merupakan serangkaian peranti untuk mengontrol penggerak *camshaft* yang diperkenalkan pada tahun 1996. Pada VVT-i ini bagian yang divariasikan adalah *timing* (waktu buka-tutup) *intake valve* dengan merubah atau menggeser posisi *intake camshaft* puli *camshaft drive*. Fluida yang digunakan sebagai aktuator untuk menggeser posisi *camshaft* adalah oli mesin yang diberikan tekanan.

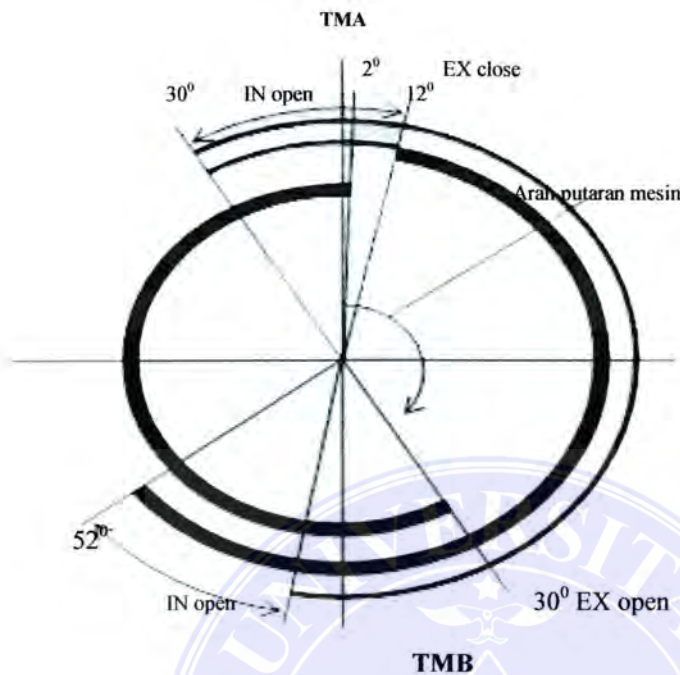


Gambar 2.2.1 Sistem VVT-i

Jadi disini maksudnya puli pada *intake camshaft* adalah fleksibel, *camshaft*-nya bisa diputar maju atau mundur. Gunanya untuk menyesuaikan waktu bukaan katup dengan kondisi mesin sehingga bisa didapat torsi di setiap tingkat kecepatan, sekaligus menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang.

Prinsip Kerja VVT-i

Waktu bukaan *camshaft* bisa bervariasi pada rentang 60° . Misalnya, pada saat *start*, kondisi mesin dingin dan mesin stationer tanpa beban, *timing* dimundurkan 30° . Cara ini akan menghilangkan *overlap* yaitu peristiwa membukanya katup masuk dan buang secara bersamaan di akhir langkah pembuangan karena katup masuk baru akan membuka beberapa saat setelah katup buang menutup penuh. Logikanya, pada kondisi ini mesin tak perlu bekerja ekstra. Dengan tertutupnya katup buang, tak ada bahan bakar yang terbuang saat terhisap ke ruang bakar.



Gambar 2.2.2 Valve Timing VVT-i

Konsumsi bahan bakar jadi hemat dan mesin lebih ramah lingkungan. Sedangkan saat ada beban, *timing* akan maju 30°. Derajat *overlapping* akan meningkat. Tujuannya untuk membantu mendorong gas buang serta memanaskan campuran bahan bakar dan udara yang masuk. Berikut tabel dari *valve timing*.

Tabel 2.2.2 Valve Timing dan Status Operasi

VALVE TIMING	STATUS OPERASI	OBJEK	EFEK
	Saat idling	<ul style="list-style-type: none"> • Meniadakan overlap • Mengurangi gas buang yang balik ke intake port 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembakaran menjadi stabil • Menambah hemat bahan bakar

	<p>Saat beban ringan dan sedang</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menambah overlap • Internal EGR rate bertambah • Mengurangi pumping loss 	<ul style="list-style-type: none"> • Menambah hemat bahan bakar • Mengurangi emisi Nox dan membakar kembali HC
	<p>Saat beban berat kecepatan rendah dan sedang</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Saat menutup intake valve maju • Meniadakan gas buang yang balik ke intake port • Memperbaiki volumetric efficiency 	<p>Meningkatkan torsi pada kecepatan rendah dan sedang</p>
	<p>Saat beban berat kecepatan tinggi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Saat penutupan valve sesuai dengan gaya inersia aliran udara yang masuk • Meningkatkan volumetric efficiency 	<p>Meningkatkan daya keluaran</p>

Untuk mewujudkan, ada VVT-i controller pada *timing gear* di *intake camshaft*. Alat ini terdiri atas *housing* (rumah), kemudian di dalamnya ada ruangan oli untuk menggerakkan *vane* atau baling-baling (lihat gambar 2.2.3). baling-baling itu terhubung dengan *camshaft*. Di dalamnya terdapat dua jalur oli menuju masing-masing ruang oli di dalam rumah VVT-i controller. Dari jalur oli yang berbeda inilah, *vane* akan mengatur waktu bukaan katup.

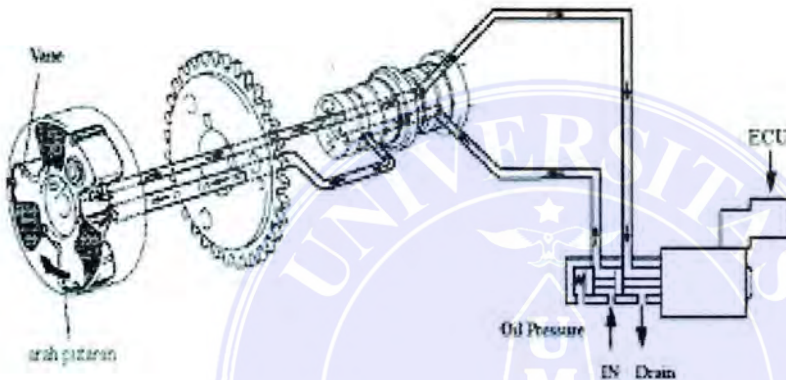


UNIVERSITAS MEDAN AREA

Gambar 2.2.3. VVT-i Controller

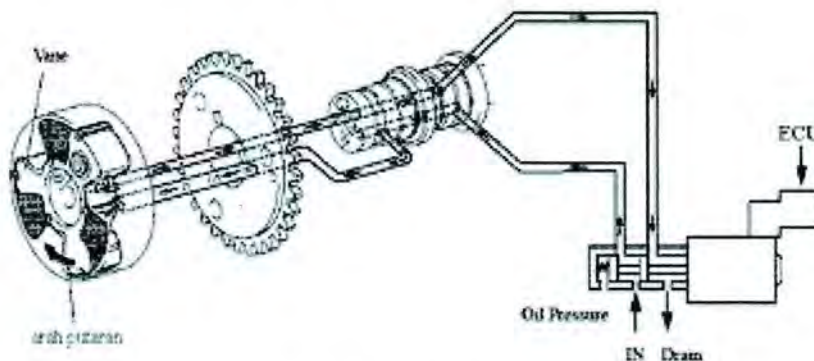
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah.
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From (Repository.uma.ac.id)7/12/23

Posisi *advance timing* (maju) didapat dengan mengisi oli ke ruang belakang masing-masing bilah *vane*. Sehingga *vane* akan bergerak maju dan posisi *timing* pun ikut maju 30 derajat. Tekanan oli yang sendiri disediakan oleh *camshaft timing oli control valve* yang diatur oleh ECU (*Electronic Control Unit*) mesin.



Gambar 2.2.4. Posisi Advance Timing

Kebalikannya, untuk kondisi *retard* (mundur), ruang di depan *vane* akan terisi dan posisi *timing* mundur. Sedangkan kalau dibutuhkan pada kondisi standar, ada pin yang akan mengunci posisi *vane* tetap ada di tengah.



Gambar 2.2.5. Posisi Retard Timing

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

Dari semua paparan diatas tujuannya cuma satu, yaitu mendengarkan *power* dan torsi yang optimal di semua kondisi dan beban kerja dengan tetap irit bahan bakar.

Komponen VVT-i

1. ECU (*Electronic Control Unit*)
2. *Camshaft Position Sensor*
3. *Camshaft Timing Oil Control Valve*
4. *Crankshaft Position Sensor*

2.2.3 ECU (*Electronic Control Unit*)

ECU merupakan perangkat yang bertugas menerima masukan dari sensor yang kemudian dikalkulasi untuk mencari kondisi optimum dan memberi perintah ke aktuator untuk melakukan fungsinya. Misalkan memerintahkan injektor menyemprotkan bahan bakar atau memerintahkan *ignition coil* untuk melepaskan listrik tegangan tinggi ke busi sehingga akan timbul bunga api. Jadi, aktuator berfungsi sebagai kacamata ECU sehingga mesin bekerja dalam kondisi optimalnya.

Guna mengetahui berapa bahan bakar yang harus disemprot dan berapa derajat sebelum titik mati atas busi harus dinyalakan, ECU dilengkapi dengan *database* yang lazim dikenal dengan *engine mapping*. ECU selalu membandingkan hasil masukan sensor dengan *engine mapping* guna mengetahui apa yang harus diperintahkan kepada aktuator.

2.2.4 Camshaft Position Sensor

Camshaft merupakan sebuah alat yang digunakan dalam mesin torak untuk menjalankan *valve*. Dia terdiri dari batangan silinder. Cam membuka katup dengan menekan atau dengan mekanisme bantuan lainnya, ketika mereka berputar.

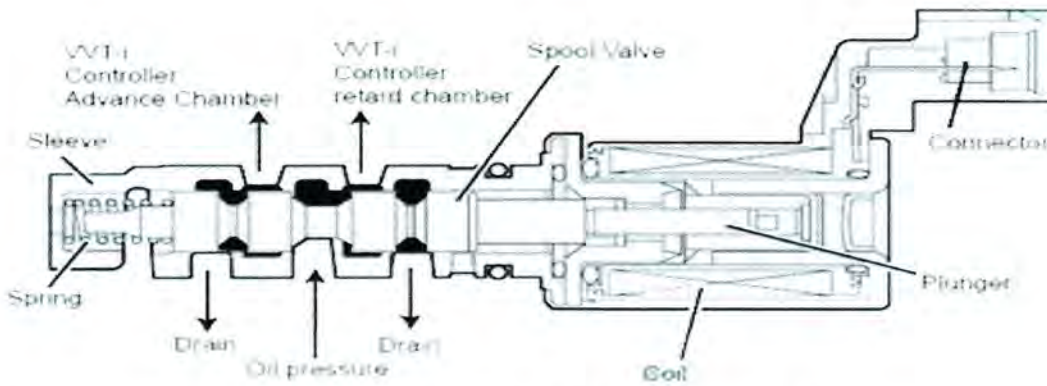
Camshaft Position Sensor (CPS) berguna untuk mengetahui kedudukan *camshaft*. Jika ada perubahan beban mesin atau perubahan putaran mesin yang semuanya diolah oleh ECU dan dihitung untuk mendapatkan sebesar mungkin efisiensi volumetrik, dari perhitungan ECU ini didapatlah kedudukan *camshaft* yang harus diubah. ECU ini akan memerintahkan module VVT-i untuk merubah kedudukan *camshaft*.

Setelah module VVT-i menerima perintah dari ECU untuk mengubah kedudukan *camshaft*, maka module VVT-i akan mengirimkan signal ke OCV (*Oil Control Valve*) untuk mengatur “tekanan oli” yang akan diteruskan ke sprocket. Dengan adanya perubahan tekanan oli yang dilakukan oleh OCV ini yang sampai ke sprocket, maka sprocket akan berubah posisinya. Karena sprocket itu menjadi satu sama *camshaft*, maka *camshaft* akan berubah posisinya sesuai yang diinginkan oleh ECU.

Kedudukan *camshaft* yang baru ini dideteksi oleh CPS dan signalnya dikirimkan ke ECU sebagai *update* posisi/ kedudukan *camshaft* dan kedudukan *camshaft* ini akan menentukan *timing* dari *valve*, begitu seterusnya.

2.2.5 Camshaft Timing Oil Control Valve

Camshaft Timing Oil Control Valve mengendalikan posisi *spool valve* berdasarkan sinyal yang dikirim ECU hingga mengalokasikan tekanan oli ke *VVT-i Controller* untuk sisi maju dan sisi mundur. Ketika mesin berhenti, *Camshaft Timing Oil Controller Valve* berada dalam sisi mundur.



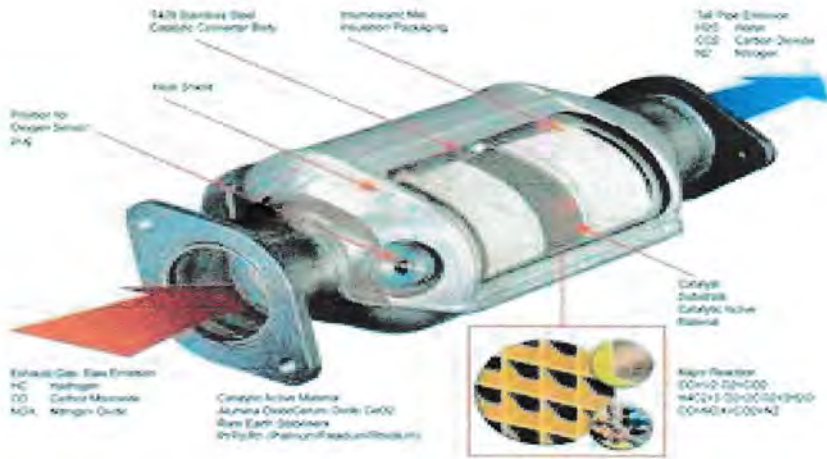
Gambar 2.2.6. Camshaft Timing Oil Control Valve

2.2.6 Crankshaft Position Sensor

Sensor ini memberitahu ECU kecepatan putaran mesin dengan tepat. pada sistem penyemprotan bahan bakar, sensor ini juga memberitahu ECU waktu yang tepat untuk menyemprotkan bahan bakar yang kemudian diteruskan ke fuel injector.

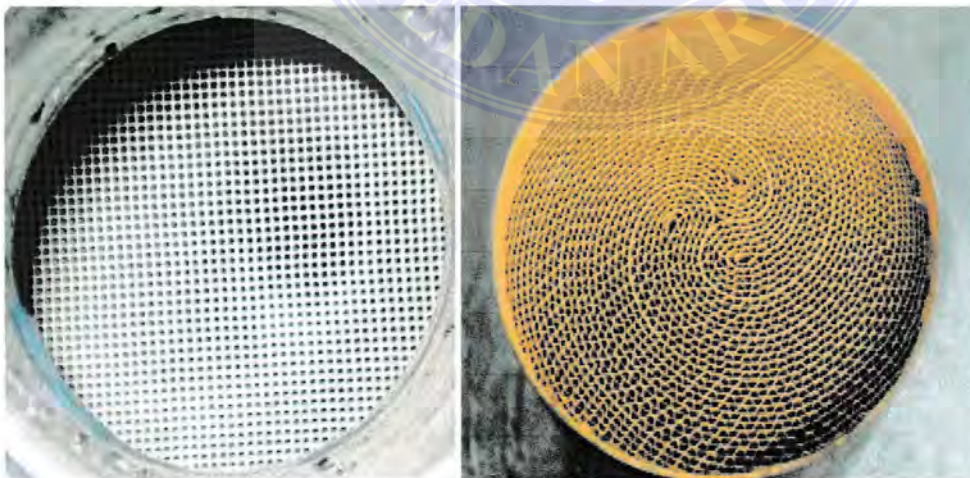
2.1.3. Catalytic Converter

Catalytic Converter merupakan salah satu inovasi terbesar di industri otomotif. Pasalnya, peranti ini mampu mengubah zat-zat hasil pembakaran seperti, hidrokarbon (HC), karbon oksida (CO), dan NO_x , menjadi zat yang lebih ramah lingkungan. *Catalytic Converter* punya umur, yang bila tiba waktunya harus diganti. Indikasinya, bila tercium bau bensin dari ujung knalpot meskipun mesin bergerak halus dan efisien. Karena harganya mahal, maka beri perhatian lebih pada problem-problem kecil yang bisa mengurangi usia pakai *Catalytic Converter*.



Gambar 2.2.7. Catalytic Converter

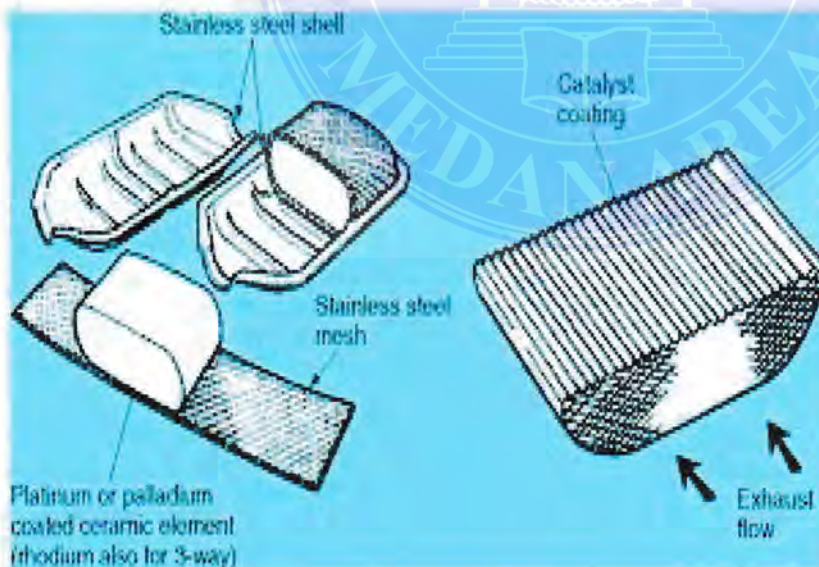
Catalytic Converter berfungsi untuk menyaring berbagai racun yang diakibatkan dari hasil pembakaran (CO, HC, NO_x, dan timbal) yang ditimbulkan karena kondisi mesin yang tidak sempurna bisa dari pengapian, teknologi kompresi dan kebocoran air atau oli dari saluran dalam mesin. *Catalytic Converter* memiliki suhu kerja normal 300⁰C - 500⁰C. Penyebab *catalytic converter* kotor adalah pemakaian bensin bertimbel. Karena timbel terbawa gas buang dan nyangkut dalam sarang tawon *catalytic converter*.



Gambar 2.2.8. (a) Catalytic Converter Berbahan Keramik, (b) Catalytic Converter Berbahan Metal

Kinerja *catalytic converter* lebih maksimal dalam menangkap racun karena adanya sensor O_2 . Kerja sensor O_2 mengirim data ke ECU untuk mengoreksi O_2 yang diterima *catalytic converter*. Jika data yang diterima ECU kurang bensin maka ECU akan memerintahkan injektor menambah debit semprotannya begitu juga sebaliknya, sampai didapat campuran ideal antara bensin dan udara. *Catalytic converter* yang kotor juga menyebabkan kerja sensor oksigen tidak maksimal, menyebabkan udara dan bensin tidak seimbang.

Bentuk *catalytic converter* seperti tabung yang mirip sarang tawon. Bahannya terbuat dari keramik ataupun metal dengan ukuran lubang penyaring antara 1 hingga 2 mm. Secara umum ada dua jenis *catalytic converter* yang dipakai, yaitu jenis *pellet* dan *monolithic*. Jenis *monolithic* merupakan *catalytic converter* yang dipakai saat ini. Alasannya, jenis tersebut memiliki tahanan gas buang yang kecil, lebih ringan dan cepat panas dibandingkan jenis *pellet*



Gambar 2.2.9. Catalytic Converter Jenis Pellet

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Ada dua tipe dari *catalytic converter*, yaitu 3-way catalyst dan 2-way catalyst. 3-way

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

catalytic converter digunakan pada mesin mobil dan motor yang menggunakan bahan bakar bensin

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

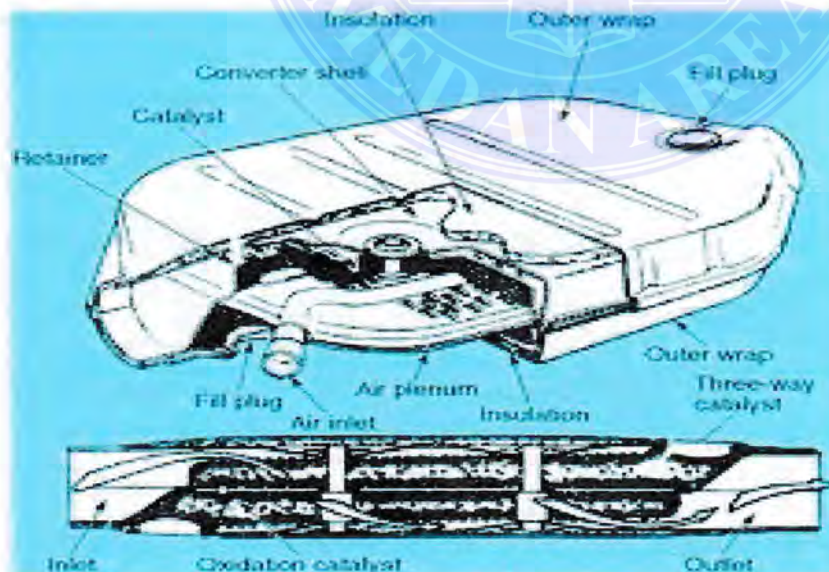
Access From (Repository.uma.ac.id)7/12/23

(Premium, dsb). *3-way catalyst* mengandung platinum dan rhodium yang mampu mengurangi CO, HC dan Nox. Ada tiga tahap dalam proses ini yaitu:

1. Reduksi Nitrogen Oksida menjadi nitrogen dan oksigen : $2\text{Nox} \rightarrow x\text{O}_2 + \text{N}_2$
2. Oksidasi Carbon Monoksida menjadi Karbon Dioksida : $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
3. Oksidasi senyawa Hidrokarbon yang tak terbakar (HC) menjadi Karbon Dioksida dan air : $2\text{C}_x\text{H}_y + (2x+y/2)\text{O}_2 \rightarrow 2x\text{CO}_2 + y\text{H}_2\text{O}$

Reaksi-reaksi di atas akan berjalan efisien bila mesin bekerja dengan perbandingan 14,7 bagian udara dengan 1 bagian bahan bakar.

Sedangkan *2-way catalyst* digunakan pada mesin diesel. Jenis *2-way catalyst* menggunakan material platinum dan paladium, yang dapat mengurangi CO dan HC karena pada daur Mesin Diesel tidak dihasilkan Nitrogen Oksida (NO_x), maka daur yang terjadi hanyalah daur nomor 2 dan 3 saja.



Gambar 2.2.10. Catalytic Converter Jenis Monolithic

UNIVERSITAS MEDAN AREA peka terhadap logam-logam lain yang biasanya terkandung

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

dalam bensin ataupun solar misalnya timbal pada premium, belerang pada solar, lalu seng,

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)7/12/23

mangan, fosfor, silikon, dan sebagainya. Logam-logam tersebut bisa merusak komponen dari *catalytic converter*. Oleh karena itu teknologi ini tidak bisa digunakan di semua daerah terutama daerah yang premiumnya belum diganti dengan Premium Tanpa Timbal.

Catalytic converter ditempatkan di belakang *exhaust manifold* atau diantara *muffler* dengan *header*. Alasannya, *catalytic converter* cepat panas ketika mesin dinyalakan. Selain itu, sensor bisa segera bekerja untuk menginformasikan kebutuhan campuran bahan bakar udara yang tepat ke *Engine Control Machine* (ECU). Peranti *catalytic converter* baru bekerja efektif ketika kondisinya panas.

Pipa buang adalah pipa baja yang mengalirkan gas sisa pembakaran dari *exhaust manifold* ke udara bebas. Konstruksinya dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pipa bagian depan, tengah dan belakang. Susunannya sengaja dibuat demikian untuk mempermudah saat penggantian *catalytic converter* atau *muffler*, tanpa perlu melepas keseluruhan kondrtuksi sistem pembuangan.

Muffler berfungsi untuk mengurangi tekanan dan mendinginkan gas sisa pembakaran. Kalau gas ini langsung disalurkan ke udara luar tanpa *muffler*, gas akan mengembang dengan cepat diiringi dengan suara ledakan yang cukup keras.

2.1.4 Siklus Ideal Otto (siklus volume konstan)

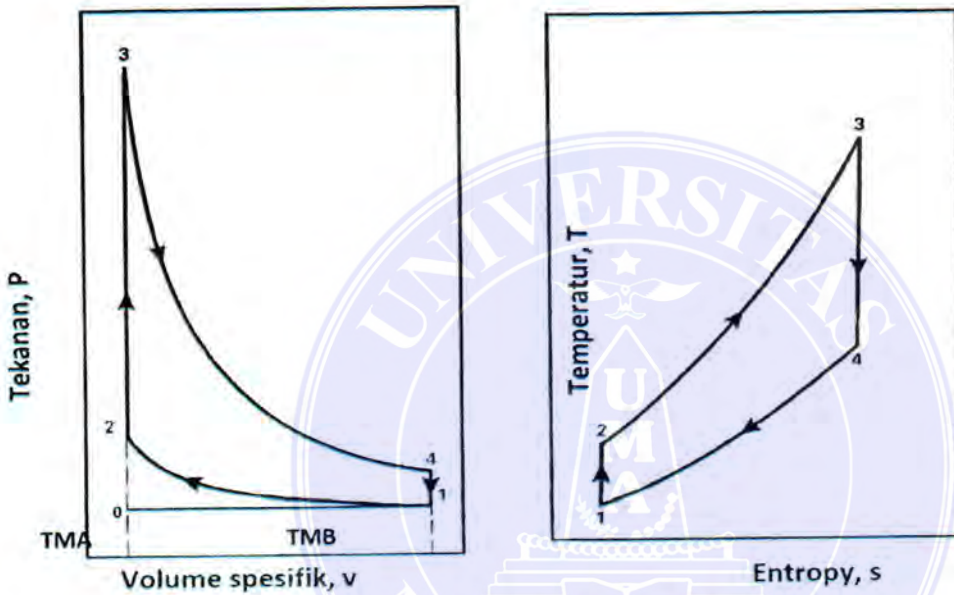
Agar dapat lebih mudah memahami digram p-v motor bakar torak, maka dilakukan terlebih dahulu idealisasi. Proses yang terjadi sebenarnya berbeda dengan proses ideal.

Beberapa idealisasi pada siklus ideal antara lain :

- a. Fluida kerja dalam silinder adalah udara, dianggap gas ideal dengan konstanta kalor yang konstan.
- b. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara isentropik.

c. Proses pembakaran dianggap sebagai proses pemanasan fluida kerja.

- d. Pada akhir proses ekspansi yaitu pada saat torak mencapai titik mati bawah, fluida kerja didinginkan sehingga tekanan dan temperatur turun mencapai tekanan dan temperatur atmosfer.
- e. Tekanan fluida kerja di dalam silinder selama langkah buang dan langkah hisap adalah konstan dan sama dengan tekanan atmosfer.



Gambar 2.2. Diagram P – v dan T – s siklus Otto

Proses siklusnya sebagai berikut :

- a. Proses 0-1 (Langkah Hisap) : Menghisap udara pada tekanan konstan, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Campuran bahan bakar udara mengalir ke dalam silinder melalui lubang katup masuk.

$$p_0 = p_1 \dots\dots\dots (2.1)$$

- b. Proses 1-2 (Kompresi Isentropik) : Semua katup tertutup. Campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder tadi ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Akibatnya, tekanan dan suhu dalam silinder naik

mengadi P_2 dan T_2

$$p_1 V_1 = m_m R T_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$V_1 = V_d + V_c$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \implies T_2 = T_1 (r_c)^{k-1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k \implies P_2 = P_1 (r_c)^k$$

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

$$r_c = (V_d + V_c)/V_c \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

P_1 = tekanan pada titik 1 (kPa)

P_2 = tekanan pada titik 2 (kPa)

T_1 = temperatur spesifik pada titik 1 (K)

T_2 = temperatur spesifik pada titik 2 (K)

V_1 = volume pada titik 1 (m^3)

V_2 = volume pada titik 2 (m^3)

W_{1-2} = kerja pada siklus 1-2 (kJ)

m_m = massa campuran gas di dalam silinder (kg)

r_c = rasio kompresi

$k = c_p/c_v$ = rasio kalor spesifik

c. Proses 2-3 : Proses penambahan kalor pada volume konstan

$$Q_{2-3} = Q_m = m_t Q_{HV} \eta_c = m_m C_v (T_3 - T_2) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \left(\frac{T_3}{T_2}\right)$$

$$V_2 = V_3$$

Dimana :

C_v = panas jenis pada volume konstan ($Kj/kg K$)

P_3 = tekanan pada titik 3 (kPa)

Q_{HV} = Heating Value (Kj/kg)

Q_m = kalor yang masuk (Kj)

T_3 = temperatur pada titik 3 (K)

N_θ = efesiensi pembakaran

d. Proses 3-4 : Ekspansi Isentropik

$$\frac{P_4}{P_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^k = \left(\frac{1}{r_c}\right)^k \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{r_c}\right)^{k-1}$$

Kerja ekspansi dari titik 3 ke titik 4 dari siklus Otto jua merupakan proses isentropis, persamaannya ditunjukkan sebagai berikut :

$$W_{3-4} = \frac{mR(T_4 - T_3)}{(1-k)}$$

Dimana :

T_4 = tekanan pada titik 4 (kPa)

T_3 = temperatur pada titik 3 (kPa)

T_4 = temperatur pada titik 4 (kPa)

W_{3-4} = kerja pada siklus 3-4 (kJ)

V_3 = volume pada titik 3 (m^3)

V_4 = volume pada titik 4 (m^3)

e. Proses 4-1 : Proses pembuangan kalor pada volume konstan

$$Q_{4-1} = Q_{out} = m C_v (T_1 - T_4)$$

..... (2.6) Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{k-1} = r^{k-1}$$

$$W_{net} = W_{1-2} + W_{3-4}$$

$$V_4 - V_1$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$$

Dimana :

W_{4-1} = kalor yang dibuang (KJ)

T_4 = Temperatur pada titik 4 (K)

W_{net} = kerja netto dalam satu siklus (KJ)

η_{th} = efisiensi thermal

2.1.5 Siklus Aktual



GAMBAR 2.3 DIAGRAM SIKLUS AKTUAL

Gambar 2.3 adalah gambar siklus aktual dari mesin Otto. Fluida kerjanya adalah campuran bahan bakar udara, jadi ada proses pembakaran untuk sumber panas. Pada langkah hisap, tekanannya lebih rendah dibandingkan dengan langkah buang. Proses pembakaran dimulai dari penyalaan busi (*ignition*) sampai akhir pembakaran. Proses kompresi dan ekspansi tidak adiabatik karena terdapat kerugian panas yang keluar ruang bakar.

2.1.6 Parameter Performansi Mesin

2.1.6.1 Tekanan efektif rata-rata (*mep*)

Selama siklus berlangsung, temperatur dan tekanannya selalu berubah-ubah. Oleh karena itu sebaiknya dicari harga tekanan tertentu (konstan) yang apabila mendorong torak sepanjang langkahnya dapat menghasilkan kerja persiklus yang sama dengan siklus yang dianalisis. Tekanan tersebut dinamai “tekanan efektif rata-rata”, *mep*, yang diformulasikan sebagai :

$$mep = \frac{W_{nett}}{V_d} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

- mep* = tekanan efektif rata-rata (*kPa*)
- V_d* = volume langkah torak (*m³*)
- W_{nett}* = kerja netto dalam satu siklus (*kJ*)

2.1.6.2 Daya Indikator (*W_i*)

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder.

$$W_i = \frac{W_{nett} \times N}{n} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

- W_i* = daya indikasi (*kW*)
- N* = putaran mesin (*putaran/detik*)
- n* = jumlah putaran dalam satu siklus, untuk empat tak *n* = 2 (*putaran/siklus*)

2.1.6.3 Daya Poros (W_b)

Daya yang dihasilkan suatu mesin pada poros keluarannya disebut sebagai daya poros (atau biasa dikenal dengan *brake horse power*) yang dihitung berdasarkan rumusan :

$$W_b = 2\pi \times N \times \tau \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

W_b = daya poros (kW)

N = putaran mesin (*putaran/detik*)

τ = torsi (Nm)

seperti yang telah diketahui, dari sejumlah gaya yang dihasilkan mesin, maka sebagian darinya dipakai untuk mengatasi gesekan/friksi antara bagian-bagian mesin yang bergerak, sebagian lagi dipakai untuk mengisap udara dan bahan bakar serta mengeluarkannya dalam bentuk gas buang.

2.1.6.4 Konsumsi bahan bakar (Sfc)

Konsumsi bahan bakar didefenisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi persatuan unit daya yang dihasilkan perjam operasi. Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efesiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar.

$$Sfc = \frac{mf}{W_b} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$$mf = \frac{mf \times N \times \text{jumlah silinder}}{n}$$

m_f = laju aliran rata-rata bahan bakar (*kg/detik*)

w_b = massa bahan bakar (*kg*)

m_a = massa udara (*kg*)

2.1.6.5 Efisiensi Termal

Efisiensi termal suatu mesin didefinisikan sebagai perbandingan antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang dihisap ke dalam ruang bakar. Efisiensi termal sesuai definisinya merupakan parameter untuk mengukur efisiensi bahan bakar.

$$\eta_{th} = 1 - (T_1/T_2) \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

η_{th} = efisiensi termal

2.1.6.6 Efisiensi Mekanis

Besarnya kerugian daya diperhitungkan dalam efisiensi mekanis yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_m = W_b/W_i \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

η_m = efisiensi mekanis

2.1.6.7 Efisiensi Volumetrik

Efisiensi ini didefinisikan sebagai perbandingan antara massa udara yang masuk karena dihisap torak pada langkah hisap dan massa udara pada tekanan dan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

temperatur atmosfer yang dapat dihisap masuk ke dalam volume sapuan yang sama

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

$$\eta_v = m_a / (P_a \times V_d) \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

η_v = efisiensi volumetrik

P_a = massa jenis udara (kg/m^3)

2.2 Spesifikasi Mesin

Data diperoleh dari : ASTRA DAIHATSU MEDAN.

2.2.4 VVT-i

Tipe	: Motor bensin 4 langkah
Nama	: K3-VE VVT-i DOHC
Volume langkah	: 1298 cm ³
Jumlah silinder	: 4 buah segaris
Jumlah katup	: 16 buah
Diameter (B) x Langkah (S)	: 72 mm X 79,7 mm
Daya maksimum	: 92 PS. 6000 RPM atau 67,712 KW. 6000 RPM
Torsi maksimum	: 12,2 kgf-m. 4400 RPM
Sistem bahan bakar	: EFI
Rasio kompresi	: 11:1

2.2.5 Non VVT-i

Tipe	: Motor bensin 4 langkah
Nama	: K3- DE DOHC
Volume langkah	: 1298 cm ³
Jumlah silinder	: 4 buah segaris

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Jumlah katup : 16 buah
Diameter (B) x Langkah (S) : 72 mm X 79,7 mm
Daya maksimum : 86 PS. 6000 RPM atau 63,296 KW. 6000 RPM
Sistem bahan bakar : EFI
Rasio kompresi : 10:1



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Pengambilan Data

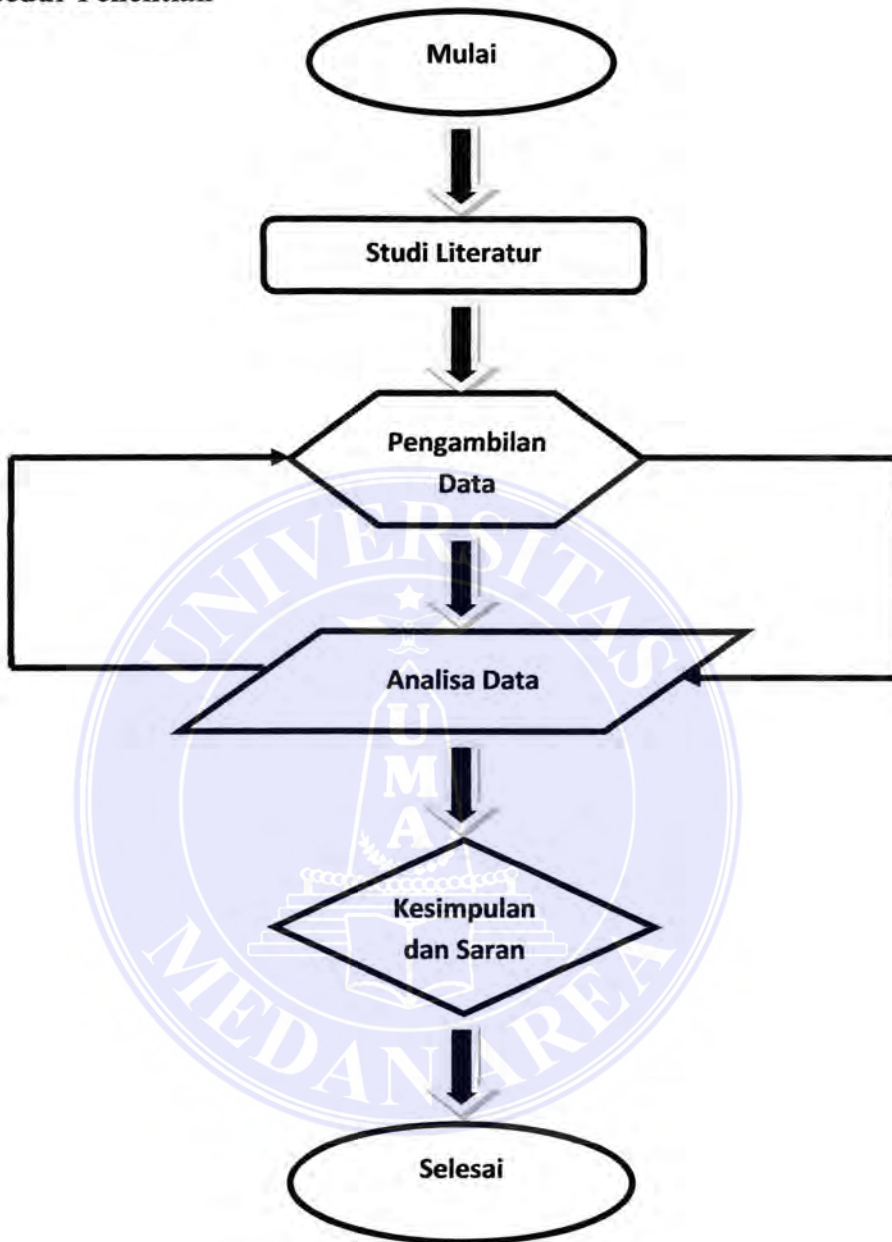
Adapun metode pengambilan data yang digunakan adalah melakukan pengumpulan data-data dari observasi lapangan, buku-buku perpustakaan dan dari internet sebagai bahan untuk menyusun skripsi ini, baik berupa data spesifikasi motor bensin, analisa termodinamika, dan sebagainya yang sebagai faktor pendukung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

3.2. Waktu dan Tempat

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini ialah di PT. ASTRA DAIHATSU INTERNASIONAL MEDAN yang dilaksanakan pada bulan Juni 2012.

Dalam pengerjaan skripsi ini, penulis membuat diagram alir untuk dapat mempermudah pengerjaan secara sistematis. Berikut dapat dilihat pada Diagram 1.

3.3. Prosedur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

3.4. Keterangan Diagram Alir

Penelitian dimulai pada tahap proses pengerjaan yang akan dilaksanakan, dan

UNIVERSITAS MEDAN AREA bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pengerjaan skripsi ini akan dikumpulkan untuk

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

dikerjakan. Dilanjutkan dengan studi literatur, studi literatur dilakukan dengan

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

pengumpulan referensi - referensi mengenai materi yang berhubungan dengan motor bakar torak. Literatur - literatur tersebut didapatkan dari buku referensi, internet, artikel dan paper-paper. Kemudian dilakukan riset dan pengumpulan data spesifikasi mesin Daihatsu xenia non VVT-i dan VVT-i yang digunakan sebagai data awal dalam melakukan proses perhitungan. Dan kemudian dilanjutkan dengan analisis data meliputi perhitungan dengan menggunakan data - data, lalu di masukkan ke dalam rumus kemudian dihitung sehingga akan mendapatkan hasil yang kita inginkan. Pada akhir penelitian ini, akan dibuat kesimpulan dari proses perhitungan serta hasil yang telah dilakukan. Kesimpulan berisi jawaban dari hasil perhitungan dan tujuan analisa seperti yang tertulis pada Bab I. Pada akhir bagian ini juga terdapat saran penulis tentang analisa hasil perhitungan ini, sehingga tulisan ini dapat lebih bermanfaat bagi setiap kalangan.

Tahap pengerjaan skripsi selesai dilaksanakan dengan hasil-hasil yang didapatkan sesuai dengan analisa dan tujuan pengerjaan skripsi, dan kiranya hasil skripsi ini bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, daya yang dihasilkan teknologi VVT-i sebesar 44,179 Kw, sedangkan tanpa teknologi VVT-i daya yang dihasilkan sebesar 43,154. Sehingga kenaikannya 2,32%.
- b. Dari hubungan putaran mesin dan daya mesin dari Gambar 4.2 Grafik Daya Mesin, bahwa daya meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Namun setelah mencapai daya maksimum pada putaran 6000 RPM, secara perlahan daya menurun walaupun putaran mesin terus bertambah.
- c. Untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, konsumsi bahan bakar teknologi VVT-i sebesar 251,5098 gr/kW jam, sedangkan tanpa teknologi VVT-i konsumsi bahan bakarnya sebesar 260,0889 gr/kW jam. Sehingga penurunannya 3,41%.
- d. Dari Gambar 4.1. Grafik Torsi Mesin dapat dilihat bahwa torsi meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Namun setelah mencapai torsi maksimum, secara perlahan torsi menurun walaupun putaran mesin terus bertambah.
- e. Adanya perbedaan torsi dan konsumsi bahan bakar yang signifikan antara mesin yang berteknologi VVT-i dengan mesin yang Non-VVT-i di putaran 5000 RPM. Ini dapat dilihat pada gambar 4.1. Grafik Torsi Mesin dan Gambar 4.3. Grafik SFC Mesin.

Saran

- a. Pilih bensin tanpa timbal dengan angka oktan (*Research Octane Number*) 91 atau lebih tinggi untuk menghindari adanya *kocking*.
- b. Untuk mobil yang memiliki *catalytic converter*, jangan menghidupkan kendaraan dalam

diam, kenaikan suhunya akan melebihi ambang batas aman. Selanjutnya, *catalytic converter* akan membara.



DAFTAR PUSTAKA

1. Pulkrabek Willard W, Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine, Prentice Hall, New Jersey.
2. Heywood John B, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw Hill Book Company, New York, 1988
3. PT. Astra Daihatsu Motor Training Center, Diktat VVT-i
4. Arismunandar Wiranto, Penggerak Mula otor Bakar Torak, ITB ; 1983-B
5. Gordon Van Wylen, Penggerak Mula Motor Bakar Torak, ITB;1983-B
6. Yunus A. Cengel, Thermodynamics An Engineering Approach, 2nd edition, 1994
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Four-stroke_cycle
8. http://.wikipedia.org/wiki/Variable_valve_timing
9. [http:// www.panavi.kz/4runner/215/NCF/lgr-fe_vvtisystem.pdf](http://www.panavi.kz/4runner/215/NCF/lgr-fe_vvtisystem.pdf)
10. http://web.mit.edu/16.unified/www/SRING/propulsion/notes/node25.htm#fig_5:OttoIdeal
11. http://web.mit.edu/16.unified/www/SRING/propulsion/notes/node25.htm#fig_5:OttoReal
12. [http://www.daihatsu.co.id/our%product/Xenia_Spec + Ind.asp](http://www.daihatsu.co.id/our%product/Xenia_Spec+Ind.asp)
13. <http://www.daihatsu.co.id/Technology/Tehnology+In.asp>
14. <http://www.katverwerter.eu/assets/images/AutomotiveCatalyticConverter.jpg>
15. http://toyota.typepad.com/photos/uncategorized/2008/02/08/vvti_actuator.png
16. www.mr2.com/files/mr2/tecinfo/Random%20FSM%20Data/3grfse-2.pdf
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Catalytic_converter
18. <http://webhome.idirect.com/saw/Exhaust/Image12.gif>
19. http://i134.photobucket.com/albums/q102/dna_putra_variasi/axnet/mesin-avanza.jpg