

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI SISTEM VVT-i

KIJANG INNOVA 1TR-FE

**Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Diploma III
Guna Menyandang Gelar Ahli Madya**



Disusun oleh

Nama	: Andy Yusuf Kurniawan
NIM	: 5211312048
Jurusan/Prodi	: Teknik Mesin/Teknik Mesin D3

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andy Yusuf Kurniawan
NIM : 5211312048
Program Studi : Teknik Mesin D3
Judul : Identifikasi Sistem VVT-i Kijang Innova 1TR-FE

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Panitia Ujian

Ketua : Dr. Samsudin Anis, S.T, M.T
NIP. 197601012003121002

Sekretaris : Widi Widayat, S.T, M.T
NIP. 197408152000031001

Dewan Penguji

Pembimbing : Wahyudi, S.Pd, M.Eng
NIP. 198003192005011001

Penguji Utama : Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T, M.T
NIP. 197509272006041002

Penguji Pendamping : Wahyudi, S.Pd, M.Eng
NIP. 198003192005011001

Ditetapkan disemarang
Tanggal : 8 September 2015



ABSTRAK

Andy Yusuf Kurniawan. 2015. Identifikasi Sistem VVT-i Kijang Innova 1TR-FE. Laporan Tugas Akhir. Terknik Mesin D3. Universitas Negeri Semarang

Di masa sekarang ini kendaraan merupakan alat transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat. Kendaraan memiliki beberapa sistem dalam mesinnya yang memiliki berbagai keunggulan, salah satunya sistem VVT-i. Penulisan laporan tugas akhir ini bertujuan untuk mengidentifikasi sistem VVT-i dengan mengenal fungsi komponen, bentuk dan lokasi konektor dan cara kerja kerja dari sistem VVT-i. Dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini digunakan metode observasi, kepustakaan, interview, dan dokumentasi untuk mengumpulkan data laporan tugas akhir ini. Komponen-komponen sistem VVT-i tersebut adalah (a) *Engine Control Unit (ECU)*, berfungsi menerima masukan dari sensor, (b) *Air Flow Meter*, berfungsi memeriksa temperatur dan massa aliran udara pada *intake manifold*, (c) *Camshaft Position Sensor*, berfungsi untuk mengetahui kedudukan *camshaft*, (d) *Crankshaft Position Sensor*, berfungsi memberitahu kecepatan putaran mesin dengan mendeteksi pergerakan *crankshaft* mesin, (e) *Throttle Position Sensor*, berfungsi mendeteksi posisi lebar terbukanya *throttle valve* pada *throttle body*, (f) *Water Temperature Sensor*, berfungsi mengetahui kondisi suhu air pendingin atau *coolant* pada mesin, (g) *Camshaft Oil Control Valve*, berfungsi mengalirkan oli bertekanan ke VVT-i *controller*, (h) VVT-i *Controller*, berfungsi merubah *timing* terbukanya katup *intake*. Sensor-sensor pada sistem VVT-i memiliki bentuk dan konektor yang berbeda-beda juga karena jumlah dan nama terminal masing-masing sensor yang berbeda serta fungsinya yang berbeda pada masing-masing terminalnya. Cara kerja sistem 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* yang memiliki fungsi merubah *timing* terbukanya katup *intake*.

Kata Kunci: Sistem VVT-i, Timing Katup Intake, Mesin Kijang Innova 1TR-FE

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT karena pada kesempatan ini telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir dengan judul “Identifikasi Sistem VVT-i Kijang Innova 1TR-FE”.

Laporan tugas akhir ini selesai tidak lepas dari bantuan, saran dan dukungan dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. M. Khumaedi, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang
2. Widi Widayat, S.T, M.T, Kaprodi D3 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang
3. Wahyudi, S.Pd, M.Eng, Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan laporan tugas akhir
4. R. Imanu Danar Herunandi, Pembimbing Lapangan pembuatan tugas akhir
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan maupun dukungan moral

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan.....	2
C. Tujuan.....	3
D. Manfaat.....	3
E. Metode Pengumpulan Data	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Sistem VVT-i	6
1. Sistem VVT-i Konvensional	9
2. Sistem <i>Dual</i> VVT-i	9
3. <i>Valvematic</i>	10
B. Prinsip Kerja Sistem VVT-i	11

C. Komponen sistem VVT-i	12
1. Sistem Kontrol Unit	12
2. Sensor-sensor	13
3. <i>Actuator</i>	19
D. Cara Kerja Sistem VVT-i.....	21
BAB III. IDENTIFIKASI SISTEM VVT-i	24
A. Alat dan Bahan	24
1. Alat :.....	24
2. Bahan :	24
B. Proses Pelaksanaan	24
1. Pembongkaran.....	25
2. Pemeriksaan	32
3. Perakitan.....	62
BAB IV. PENUTUP	63
Kesimpulan	63
Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem VVT-i	6
Gambar 2.2. Timing Buka Tutupnya Katup.....	11
Gambar 2.3. Timing Katup Sistem VVT-i (Anonim, 2014)	12
Gambar 2.4. Sensor <i>Air Flow Meter</i> (Anonim, 2014)	13
Gambar 2.5. <i>Wiring Air Flow Meter</i>	14
Gambar 2.6. <i>Camshaft Position Sensor</i> (Anonim, 2014)	15
Gambar 2.7. <i>Wiring Camshaft Position Sensor</i>	15
Gambar 2.8. <i>Crankshaft Position Sensor</i> (Anonim, 2014)	16
Gambar 2.9. <i>Wiring Crankshaft Position Sensor</i>	17
Gambar 2.10. <i>Trottle Position Sensor</i> (Anonim, 2014)	17
Gambar 2.11. <i>Wiring Throttle Position Sensor</i>	18
Gambar 2.12. <i>Water Temperature Sensor</i>	18
Gambar 2.13. <i>Wiring Water Temperature Sensor</i>	19
Gambar 2.14. <i>Camshaft Timing Oil Control Valve</i> (Anonim, 2014).....	19
Gambar 2.15. <i>Wiring Timing Oil Control Valve</i>	20
Gambar 2.16. <i>VVT-i Controller</i> (Anonim, 2014).....	20
Gambar 2.17. Cara Kerja Sistem VVT-i (Anonim, 2014)	21
Gambar 2.18. Cara kerja sistem VVT-i saat <i>advanced side</i> atau majunya <i>timing</i> terbukanya katup <i>intake</i> (Anonim, 2014).....	22
Gambar 2.19. Cara kerja sistem VVT-i saat <i>retard side</i> atau mundurnya <i>timing</i> terbukanya katup <i>intake</i> (Anonim, 2014).....	22

Gambar 3.1. Posisi baut penutup kepala silinder	25
Gambar 3.2. Baut tutup kepala silinder dilepaskan	25
Gambar 3.3. Tutup kepala silinder dilepaskan.....	26
Gambar 3.4. Baut pada <i>chain guide</i> dilepaskan	26
Gambar 3.5. Posisi <i>Timing Top 1</i>	27
Gambar 3.6. Posisi Puli <i>Crankshaft Top 1</i>	27
Gambar 3.7. Baut <i>Exhaust Camshaft</i> dilepaskan	28
Gambar 3.8. Baut Penutup <i>Stopper Plat Chain Tensioner</i> dibuka	28
Gambar 3.9. Penguncian <i>Chain Tensioner</i> dibebaskan dengan merubah posisi <i>Stopper Plate</i>	29
Gambar 3.10.Posisi <i>Stopper Plate</i> digeser.....	29
Gambar 3.11. <i>Exhaust Sprocket</i> yang dilepaskan dari <i>Exhaust Camshaft</i>	30
Gambar 3.12. Baut Poros VVT-i <i>Controller</i> yang dilepaskan.....	30
Gambar 3.13. Baut Bantalan <i>Camshaft</i> dilepaskan.....	31
Gambar 3.14. Urutan baut Bantalan <i>Camshaft</i> yang dilepaskan	31
Gambar 3.15. Baut VVT-i <i>Controller</i> yang dilepaskan untuk membuka Bagian Dalam VVT-i <i>Controller</i>	32
Gambar 3.16. <i>Engine Control Unit</i> (ECU)	33
Gambar 3.17. <i>Socket Engine Control Unit</i> (ECU).....	33
Gambar 3.18. <i>Wiring Diagram</i> Sistem VVT-i Toyota Innova 1TR-FE	34
Gambar 3.19. <i>Air Flow Meter</i>	35
Gambar 3.20. Letak <i>Air Flow Meter</i>	36
Gambar 3.21. Terminal pada Konektor <i>Air Flow Meter</i>	37

Gambar 3.22. Pemeriksaan terminal pada Konektor <i>Air Flow Meter</i>	37
Gambar 3.23. Pemeriksaan terminal pada Sensor <i>Air Flow Meter</i>	37
Gambar 3.24. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Mass Air Flow Sensor</i>	38
Gambar 3.25. Terminal E2 dan THA yang akan diperiksa dengan <i>multitester</i>	39
Gambar 3.26. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Intake Air Temperature Sensor</i>	39
Gambar 3.27. <i>Camshaft Position Sensor</i>	40
Gambar 3.28. Letak <i>Camshaft Position Sensor</i> pada mesin	40
Gambar 3.29. Terminal pada Konektor <i>Camshaft Position Sensor</i>	41
Gambar 3.30. Pemeriksaan terminal pada Konektor <i>Camshaft Position Sensor</i> ..	41
Gambar 3.31. Pemeriksaan terminal pada <i>Camshaft Position Sensor</i>	41
Gambar 3.32. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Camshaft Position Sensor</i>	42
Gambar 3.33. Letak <i>Crankshaft Position Sensor</i>	43
Gambar 3.34. Terminal Pada Konektor <i>Crankshaft Position Sensor</i>	43
Gambar 3.35. Pemeriksaan terminal Pada Konektor <i>Crankshaft Position Sensor</i>	44
Gambar 3.36. Pemeriksaan terminal pada <i>Crankshaft Position Sensor</i>	44
Gambar 3.37. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Crankshaft Position Sensor</i>	45
Gambar 3.38. <i>Trottle Position Sensor</i>	45
Gambar 3.39. Letak <i>Trottle Position Sensor</i>	46
Gambar 3.40. Terminal pada Konektor <i>Throttle Position Sensor</i>	47
Gambar 3.41. Pemeriksaan teminal pada Konektor <i>Throttle Position Sensor</i>	47
Gambar 3.42. Pemeriksaan terminal <i>Throttle Position Sensor</i>	47
Gambar 3.43. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Throttle Position Sensor</i>	48
Gambar 3.44. Letak <i>Water Temperature Sensor</i>	49

Gambar 3.45. Terminal pada <i>Water Temperatur Sensor</i>	49
Gambar 3.46. Pemeriksaan pada terminal Konektor <i>Water Temperature Sensor</i>	49
Gambar 3.47. Pemeriksaan pada terminal <i>Water Temperature Sensor</i>	50
Gambar 3.48. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Water Temperature Sensor</i>	50
Gambar 3.49. <i>Camshaft Position Sensor</i> Kijang Innova 1TR-FE	51
Gambar 3.50. Letak <i>Camshaft Timing Oil Control Valve</i>	52
Gambar 3.51. Terminal pada Konektor <i>Camshaft Oil Control Valve</i>	52
Gambar 3.52. Pemeriksaan terminal pada Konektor <i>Camshaft Oil Control Valve</i>	52
Gambar 3.53. Pemeriksaan terminal pada <i>Actuator Camshaft Oil Control Valve</i>	53
Gambar 3.54. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Actuator Camshaft Timing Oil Control Valve</i>	53
Gambar 3.55. <i>VVT-i Controller</i>	54
Gambar 3.56. <i>Intake Camshaft Sprocket</i>	54
Gambar 3.57. Bagian Dalam VVT-i Controller	55
Gambar 3.58. Pemeriksaan lubang oli VVT-i Controller menggunakan kompresor	55
Gambar 3.59. <i>Camshaft</i> Toyota Innova 1TR-FE	56
Gambar 3.60. Pemeriksaan lubang oli pada <i>Intake Camshaft</i> dengan kompresor	57
Gambar 3.61. Cara kerja Sistem VVT-i (Anonim, 2014)	58
Gambar 3.62. <i>Camshaft Timing Oil Control Valve</i>	58
Gambar 3.63. Lubang keluar oli dari <i>Camshaft Timing Oil Control Valve</i>	59

Gambar 3.64. Jalur oli yang mengalirkan oli dari <i>Camshaft Timing Oil Control Valve</i> ke <i>VVT-i Controller</i>	59
Gambar 3.65. Lubang oli pada <i>Intake Camshaft</i>	59
Gambar 3.66. Lubang oli pada <i>Sprocket Intake Camshaft</i>	60
Gambar 3.67. Bagian Dalam <i>VVT-i Controller</i>	60
Gambar 3.68. Cara kerja sistem VVT-i saat <i>advanced side</i> atau majunya <i>timing</i> terbukanya katup <i>intake</i> Kijang Innova 1TR-FE (Anonim, 2014)	60
Gambar 3.69. Cara kerja sistem VVT-i saat <i>retard side</i> atau mundurnya <i>timing</i> terbukanya katup <i>intake</i> Kijang Innova 1TR-FE (Anonim, 2014)	61
Gambar 3.70. Urutan pemasangan Bantalan <i>Camshaft</i>	62
Gambar 3.71. Urutan pemasangan Baut Tutup Kepala SilindRer	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Posisi Terminal Sensor-Sensor dan <i>Actuator</i> Sistem VVT-i pada <i>Socket ECU</i>	35
Tabel 3.2. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Mass Air Flow Sensor</i>	38
Tabel 3.3 Hasil pemeriksaan tahanan <i>Intake Air Temperature</i>	39
Tabel 3.4. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Camshaft Position Sensor</i>	42
Tabel 3.5. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Crankshaft Position Sensor</i>	45
Tabel 3.6 Hasil pemeriksaan tahanan <i>Throttle Position Sensor</i>	48
Tabel 3.7 Hasil pemeriksaan tahanan <i>Water Temperature Sensor</i>	51
Tabel 3.8. Hasil pemeriksaan tahanan <i>Camshaft Oil Control Valve</i>	53
Tabel 3.9. Besar momen pemasangan baut	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Penugasan Dosen Pembimbing Tugas Akhir	81
Lampiran 2. Spesifikasi mesin 1TR-FE Toyota Kijang Innova.....	82
Lampiran 3. Foto Praktikum Tugas Akhir	83

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di masa sekarang ini kendaraan merupakan alat transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat. Toyota merupakan salah satu produsen kendaraan bermotor yang banyak diminati oleh masyarakat di Indonesia, dengan salah satu produk andalannya yaitu Kijang Innova. Mobil ini memiliki beberapa sistem dalam mesinnya yang memiliki berbagai keunggulan, salah satunya sistem VVT-i.

Sistem *variable valve timing intelligent* (VVT-i) merupakan sistem yang mengoreksi jalur masuk bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar dengan mengatur terbukanya katup *intake*. Sistem VVT-i memanfaatkan *overlap* atau waktu terbukanya katup *intake* dan *exhaust* secara bersamaan. Saat putaran mesin masih rendah atau konstan maka *overlap* yang terjadi yaitu *timing* terbukanya katup *intake* akan mundur sehingga katup *intake* baru terbuka setelah katup *exhaust* tertutup penuh sehingga bahan bakar tidak ada yang terbuang ke katup *exhaust*. Sedangkan saat mesin sedang membutuhkan tenaga besar maka *timing* bukaan katup *intake* akan maju menyebabkan katup *intake* terbuka terlebih dahulu sebelum katup *exhaust*. Terjadinya *overlap* dalam katup *intake* adalah bertujuan untuk mempercepat masuknya campuran bahan bakar dan udara saat mesin sedang membutuhkan tenaga sehingga dapat mengoptimalkan kerja mesin pada setiap kecepatan yang membuat konsumsi

bahan bakar menjadi lebih efisien. Cara kerja dari *overlap* VVT-i ini adalah berdasarkan tekanan hidrolik oli dalam mesin.

Cara kerja sistem VVT-i dengan menghitung waktu buka tutup katup (*valve timing*) yang optimal, *electronic control unit* (ECU) menyesuaikan dengan kecepatan mesin, volume udara masuk, posisi *throttle (accelerator)* dan temperatur *coolent* mesin. Agar target *valve timing* selalu tercapai, sensor posisi *camshaft* dan *crankshaft* memberikan sinyal sebagai respon sistem VVT-i akan terus mengoreksi *valve timing* atau jalur keluar masuk bahan bakar dan udara. Sehingga jumlah bahan bakar masuk juga disesuaikan dengan pijakan pedal gas dan kerja mesin agar menghasilkan torsi optimal di setiap putaran dan kecepatan mesin serta mengatur bahan bakar yang sesuai kebutuhan mesin.

Mengingat pentingnya sistem VVT-i dalam mesin beserta kelebihannya terutama dalam penghematan bahan bakar. Identifikasi perlu dilakukan dengan membongkar komponen sistem VVT-i, kemudian memeriksa masing-masing komponennya. Agar dapat mengetahui fungsi, spesifikasi dan cara kerja dari komponen sistem VVT-i sehingga masyarakat terutama di Indonesia yang masih kurang mengetahui tentang sistem VVT-i ini dapat mengenalnya serta mengetahui kelebihannya.

Maka penulis mengambil topik tugas akhir dengan judul "Identifikasi Sistem VVT-i Kijang Innova 1TR-FE".

B. Permasalahan

Dari uraian tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apa yang dimaksud sistem VVT-i ?
2. Apa nama dan fungsi komponen dalam sistem VVT-i pada mesin Kijang Innova 1TR-FE ?
3. Bagaimana bentuk, lokasi dan terminal sensor sistem VVT-i pada mesin Kijang Innova 1TR-FE ?
4. Bagaimana prinsip dan cara kerja sistem VVT-i pada mesin Kijang Innova 1TR-FE ?

C. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis pada penulisan laporan tugas akhir Identifikasi Sistem VVT-i Kijang Innova 1TR-FE yaitu untuk :

1. Mengenal apa itu sistem VVT-i
2. Menjelaskan nama dan fungsi komponen dalam sistem VVT-I pada mesin Kijang Innova 1TR-FE
3. Mengenal bentuk, lokasi dan konektor komponen sensor sistem VVT-I pada mesin Kijang Innova 1TR-FE
4. Menjelaskan prinsip dan cara kerja sistem VVT-i pada mesin Kijang Innova 1TR-FE

D. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil setelah melakukan penelitian dan permasalahan yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa

Menambah pengetahuan mahasiswa terutama mahasiswa jurusan teknik mesin tentang sistem VVT-i pada mesin Kijang Innova 1TR-FE selain apa yang diajarkan pada kegiatan pembelajaran di perkuliahan.

2. Bagi Universitas

Dapat dimanfaatkan oleh universitas khususnya jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik sebagai referensi dan dokumentasi perpustakaan tentang Sistem VVT-i pada Mobil.

3. Bagi Masyarakat

Menambah pengetahuan masyarakat tentang sistem VVT-i terutama pelaku usaha per Bengkelan yang belum mengetahui tentang sistem VVT-i

E. Metode Pengumpulan Data

Selama menjalankan praktik industri di PT. Dirgantara Indonesia penulis mengumpulkan data dengan:

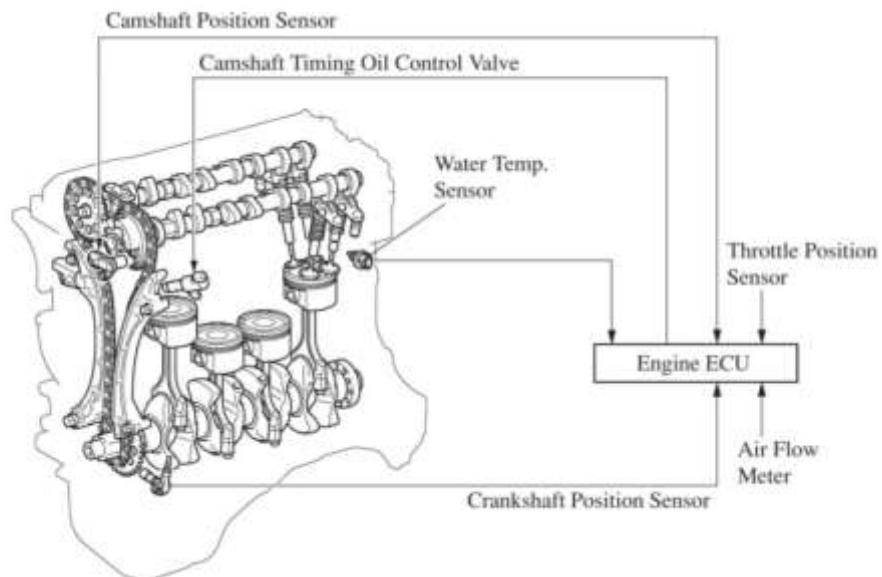
1. Metode Observasi yaitu salah satu cara pengumpulan data dengan cara terjun langsung di lapangan tentang sesuatu yang akan diamati.
2. Metode Kepustakaan yaitu pencarian data dengan melihat buku-buku referensi yang berhubungan dengan sesuatu yang diamati.
3. Metode Interview yaitu metode pengumpulan data dengan menanyakan langsung suatu yang diamati kepada seseorang yang ahli dibidangnya.

4. Metode Dokumentasi yaitu metode pengumpulan data dengan cara memfoto langsung ataupun mencari data yang berbentuk gambar pada buku referensi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem VVT-i



Gambar 2.1. Sistem VVT-i

Variable valve timing adalah teknologi yang mengatur waktu membuka dan menutupnya katup masuk (*intake valve*) bahan bakar secara elektrik menggunakan *engine control unit* (ECU) sesuai kondisi mesin. Hal ini akan membuat campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam mesin menjadi efisien sehingga akan menghasilkan tenaga yang besar, hemat bahan bakar dan emisi yang rendah. Hal ini karena jumlah campuran udara dan bahan bakar banyak sedikitnya dapat disesuaikan dengan mengatur waktu membuka dan menutupnya katup masuk (*intake valve*) yang akan menghasilkan tenaga yang besar dan meningkatkan efisiensi mesin

Teknologi *variable valve timing* memungkinkan mesin dapat menghisap campuran udara dan bahan bakar ke dalam mesin lebih banyak dengan mengatur waktu buka tutupnya katup masuk (*intake valve*) melalui ECU. Pengaturan waktu terbuka katup *intake* oleh ECU lebih lambat pada putaran mesin rendah dan katup *intake* terbuka lebih cepat pada putaran mesin tinggi agar dapat menyuplai campuran udara dan bahan bakar sesuai kebutuhan mesin. Hasilnya performa mesin menjadi optimal untuk setiap kondisi kecepatan mesin.

Putaran mesin tinggi terkadang menyebabkan aliran campuran udara dan bahan bakar tidak dapat mengimbangi gerakan piston sehingga ada jeda aliran campuran udara dan bahan bakar saat katup hisap mulai terbuka (*intake lag*). *Intake lag* terjadi karena jumlah volume campuran udara dan bahan bakar lebih kecil dari volume langkah piston, untuk itu diperlukan pemajuan waktu membukanya katup *intake* bahkan sebelum piston mencapai titik mati atas atau saat *overlap* (waktu terbukanya katup *intake* dan katup buang *exhaust* secara bersamaan).

Hal ini bisa dilakukan dengan memperbesar *overlap* yang berfungsi untuk meningkatkan sirkulasi gas buang serta memanaskan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mesin sehingga menghasilkan tenaga yang besar dan mengurangi kerugian kompresi serta memudahkan bahan bakar masuk ke dalam mesin. Sedangkan pada putaran rendah kevakuman di ruang bakar menjadi sangat tinggi dan bahan bakar mudah mengalir ke ruang bakar, selain itu gerakan piston masih lambat

sehingga tidak diperlukan adanya *overlap* yang besar dengan cara memundurkan *timing* terbukanya katup *intake*.

Hal ini mengakibatkan lebih sedikit campuran udara dan bahan bakar yang keluar bersama gas sisa pembakaran karena *overlap* yang berarti lebih hemat bahan bakar dan pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga menghasilkan tenaga yang besar dan gas buang yang baik.

Variable valve timing pada umumnya tetap (*fixed*) atau tidak dapat divariasikan untuk menghilangkan kerugian pada mesin seperti *intake lag*, borosnya bahan bakar dan emisi gas buang yang buruk. Hal inilah yang mendasari lahirnya VVT-i atau *variable valve timing intelligent* untuk mengatasi kerugian-kerugian tersebut.

Sistem teknologi *variable valve timing intelligent* (VVT-i) merupakan serangkaian peranti untuk mengontrol penggerak *camshaft* yang diperkenalkan pada tahun 1996. Pada teknologi VVT-i ini bagian yang divariasikan adalah waktu buka tutup (*timing*) *intake valve* dengan mengubah atau menggeser posisi *intake camshaft* sesuai posisi *VVT-i controller*. Fluida yang digunakan sebagai *actuator* untuk menggeser posisi *camshaft* adalah oli mesin yang diberikan tekanan oleh *camshaft timing oil control valve* (Sitorus, 2009 : 2).

Sistem VVT-i dapat menggeser posisi *camshaft* karena adanya *VVT-i controller* pada *intake camshaft* yang bersifat fleksibel, sehingga *camshaft* dapat berputar maju atau mundur yang berguna untuk menyesuaikan waktu bukaan katup sesuai kondisi mesin untuk mendapatkan tenaga yang optimal

pada mesin di setiap tingkat kecepatan sehingga menghilangkan *intake lag* sekaligus menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas.

VVT-i pada saat ini telah mengalami beberapa pengembangan sehingga memiliki beberapa variasi pada sistemnya yang dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Sistem VVT-i Konvensional

Sistem VVT-i konvensional merupakan jenis sistem yang digunakan untuk mengatur waktu buka tutup katup *intake* sehingga menjadi bervariasi dan lama pembukaan katup selalu sama. Hal ini dimisalkan pada saat putaran mesin rendah, waktu buka tutup katup *intake* akan diperlambat, dengan cara buka tutup kerja katup ini tidak banyak bahan bakar dan udara yang terbuang dan kinerja mesin menjadi optimal. Sistem ini mengatur waktu buka tutup katup menggunakan VVT-i *controller* pada katup *intake* disesuaikan dengan beban kendaraan dan kecepatan mesin (Anonim, 2013).

2. Sistem *Dual* VVT-i

Penerapan sistem VVT-i pada kendaraan menyebabkan waktu bukaan katup (*valve timing*) bisa disesuaikan kebutuhan mesin. Sistem VVT-i awalnya diaplikasikan pada katup masuk (*intake*) saja. Seiring perkembangan, katup buang (*exhaust*) pun juga ikut dikontrol sehingga lahirlah sistem *dual* VVT-I (Anonim, 2015).

Katup *intake* dan *exhaust* yang diatur membuat pengontrolan udara masuk, maupun gas buang pada segala kondisi kerja mesin jauh lebih baik.

Misalnya pada saat start, sistem dual VVT-i akan mengatur katup agar mesin segera mendapatkan suhu ideal. Keuntungannya sistem *dual* VVT-I yaitu tenaga mesin meningkat di setiap putaran dan gas buang mesin menjadi ramah lingkungan.

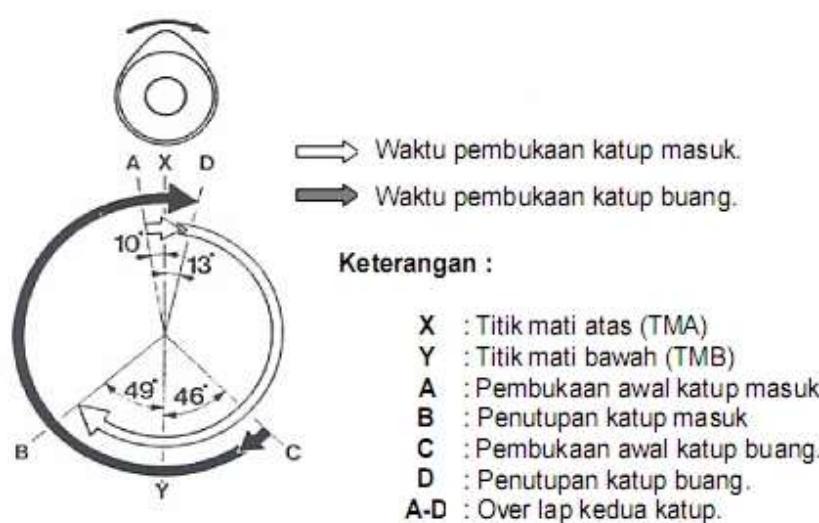
3. *Valvematic*

Valvematic merupakan pengembangan dari teknologi VVT-i, berupa sistem *continues valve lift control* yang bekerja sama dengan sistem *valve timing control* milik VVT-I. *Continues valve lift control* merupakan komponen pada *valvematic* yang terus mengatur lebar jarak terbukanya katup sesuai kondisi mesin menyebabkan lebar jarak terbukanya katup dapat berubah-ubah sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien yang pada umumnya sistem pengatur timing katup *intake*, lebar jarak terbukanya katup tidak bisa diubah (Anonim, 2013).

Sistem ini merupakan kerja sama perpaduan antara VVT-i yang berupa waktu buka tutup katup *intake* yang dapat divariasikan dan lebar jarak terbukanya katup yang dapat divariasikan oleh *continous valve lift control* sehingga pengaturan pembukaan katup masuk dan buang akan lebih presisi. Pembukaan atau lebar jarak buka katup maksimum *valvematic* ini lebih besar dibandingkan katup biasa. Dengan cara kerja tersebut pengaturan suplai bahan bakar sesuai kebutuhan mesin oleh *valvematic* akan lebih presisi karena lebar jarak terbukanya katup *intake* juga dapat divariaskan. Sebagai

contoh saat pedal gas diinjak secara mendadak pun, penyesuaian antara suplai bahan bakar dan lebar jarak terbukanya katup tetap optimal.

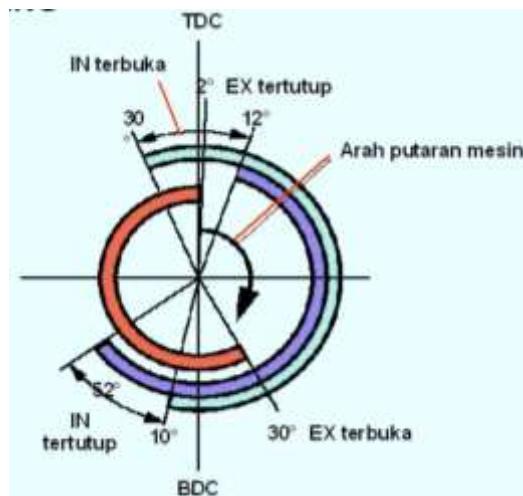
B. Prinsip Kerja Sistem VVT-i



Gambar 2.2. *Timing Buka Tutupnya Katup*

Camshaft pada umumnya terbuka bervariasi pada rentang sudut 60° , semisal pada saat *start* dimana kondisi mesin dingin dan mesin dalam keadaan *stasioner*, *timing* dimundurkan 30° . Hal ini menyebabkan *overlap* yaitu peristiwa membukanya katup *intake* dan katup *exhaust* secara bersamaan, berubah *timing* katup *intake*nya sehingga pada akhir langkah pembuangan katup *intake* baru akan membuka beberapa saat setelah katup *exhaust* menutup penuh. Kondisi seperti ini dapat meringankan kerja mesin sekaligus dengan tertutupnya katup *exhaust* secara penuh saat katup *intake* terbuka dan bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar mesin, tidak akan ada

bahan bakar yang terbuang karena ikut terhisap lewat katup *exhaust* (Sitorus, 2009 : 3).



Gambar 2.3. *Timing* Katup Sistem VVT-i (Anonim, 2014)

Konsumsi bahan bakar menjadi hemat dan mesin menjadi lebih ramah lingkungan. *Valve timing* VVT-i akan berubah apabila kecepatan putaran mesin berubah, *timing* akan maju 30° menyebabkan *overlapping* mesin meningkat atau katup *intake* akan terbuka lebih dahulu dibandingkan katup *exhaust* yang bertujuan membantu mendorong gas buang serta memanaskan campuran bahan bakar dan udara masuk.

C. Komponen sistem VVT-i

Sistem VVT-i terdiri dari sistem kontrol unit, sensor-sensor dan *actuator* dengan masing-masing komponen-komponen yang ada di dalam sistemnya sebagai berikut:

1. Sistem Kontrol Unit

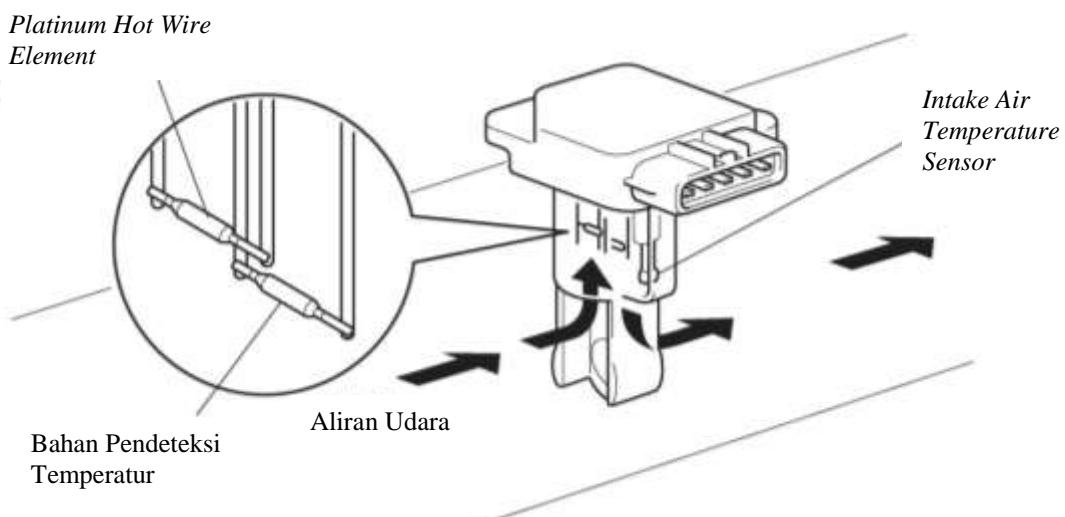
Electronic Control Unit (ECU)

ECU merupakan perangkat yang bertugas menerima masukan dari sensor yang kemudian dikalkulasi untuk mencari kondisi optimum dan memberi perintah ke *actuator* untuk melakukan fungsinya. Misalnya memerintahkan *injector* menyemprotkan bahan bakar atau memerintahkan *ignition coil* untuk melepaskan listrik tegangan tinggi ke busi sehingga akan timbul bunga api.

Sensor berfungsi sebagai peralatan ECU untuk mengetahui kerja mesin dalam kondisi optimalnya guna mengetahui berapa bahan bakar yang harus disemprotkan dan berapa derajat sebelum titik mati atas busi harus dinyalakan, ECU dilengkapi dengan *database* yang lazim dikenal dengan *engine mapping*. (Sitorus, 2009 : 2)

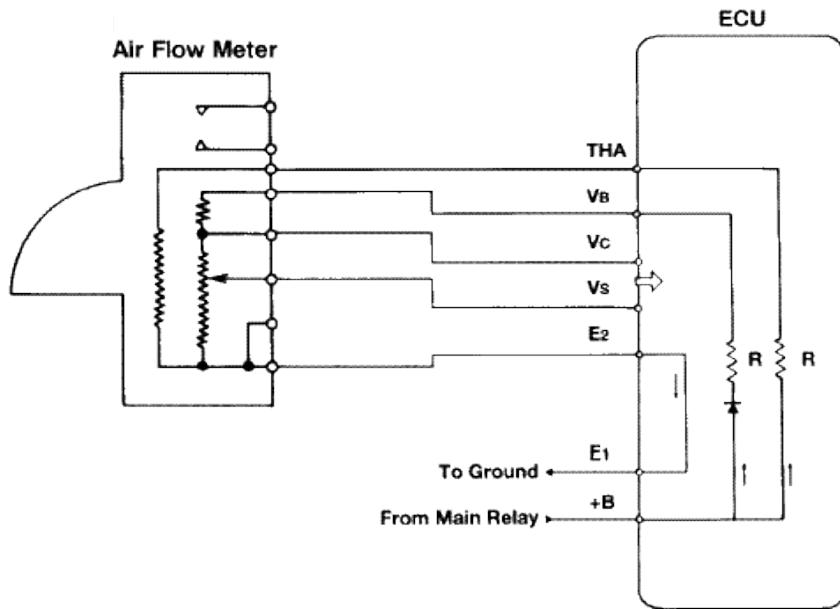
2. Sensor-sensor

I) *Air Flow Meter*



Gambar 2.4. Sensor *Air Flow Meter* (Anonim, 2014)

Air flow meter merupakan sensor yang memeriksa temperatur dan aliran udara pada *intake manifold* yang akan masuk ke dalam ruang bakar dan mengirimkan data hasil sensor ke ECU yang akan diolah untuk menentukan jumlah bahan bakar yang akan disemprotkan di ruang bakar agar mendapatkan campuran bahan bakar bensin dan udara yang baik. (Anonim, 2014)

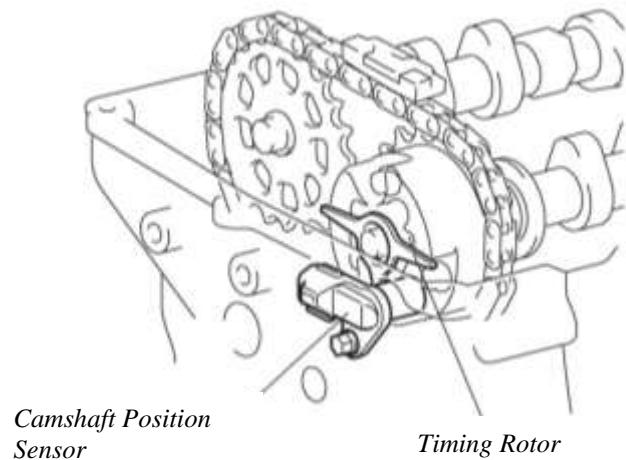


Gambar 2.5. *Wiring Air Flow Meter*

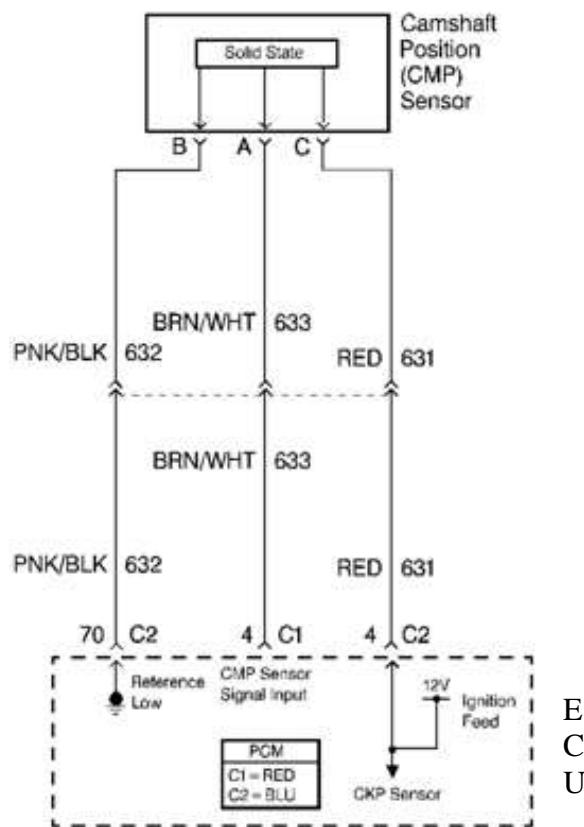
2) Camshaft Position Sensor

Camshaft position sensor berguna untuk mengetahui kedudukan *camshaft*, bila ada perubahan beban mesin atau perubahan kecepatan putaran mesin yang nantinya akan diolah oleh ECU dan dihitung untuk mendapatkan sebesar mungkin efisiensi volumetrik. Hasil perhitungan ECU ini akan didapatkan kedudukan *camshaft* yang harus diubah, kemudian ECU akan

memberikan perintah berupa sinyal ke *camshaft timing oil control valve* untuk mengatur tekanan oli yang akan dialirkan ke *VVT-i controller*.



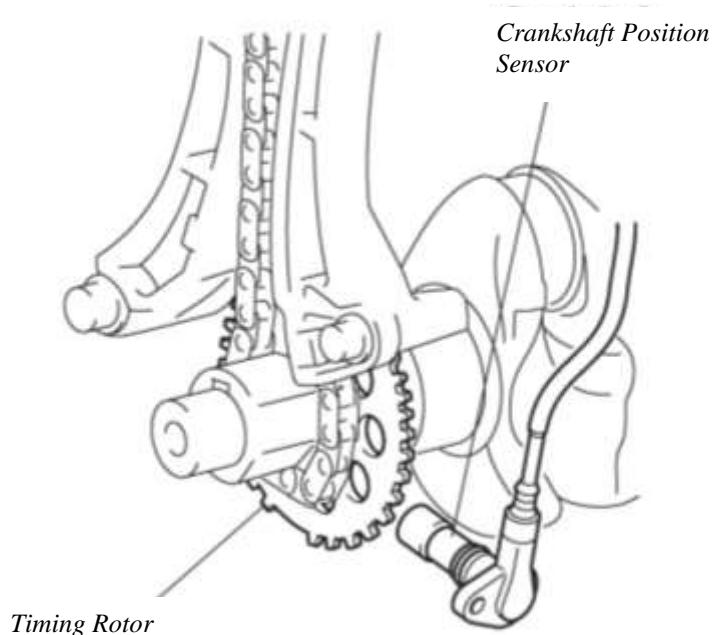
Gambar 2.6. *Camshaft Position Sensor* (Anonim, 2014)



Gambar 2.7. Wiring Camshaft Position Sensor

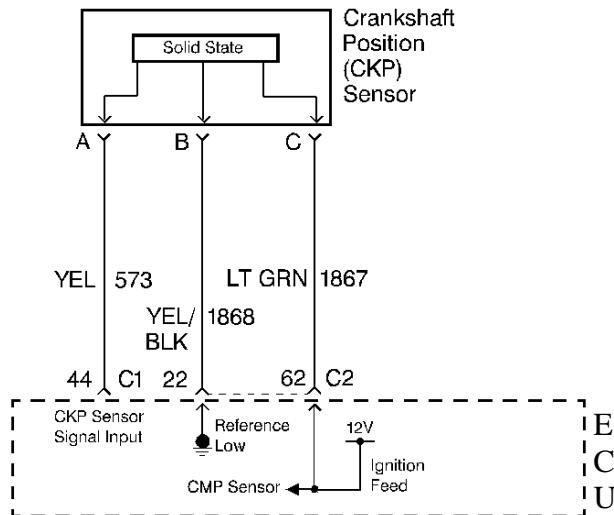
Tekanan oli yang masuk ke dalam *VVT-i controller*, menyebabkan posisi *vane* dalam *VVT-i controller* akan berubah posisinya. *Vane VVT-i controller* menyatu dengan *camshaft*, sehingga apabila *sprocket* berubah posisi akibat tekanan oli maka *camshaft* akan ikut berubah posisi sesuai perintah ECU. (Sitorus, 2009 : 2)

3) Crankshaft Position Sensor



Gambar 2.8. *Crankshaft Position Sensor* (Anonim, 2014)

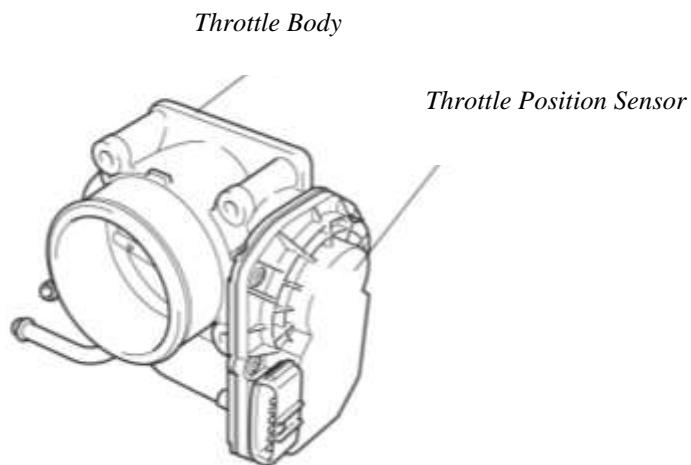
Crankshaft position sensor bekerja memberitahukan kecepatan putaran mesin, pada sistem penyemprotan bahan bakar. Sensor ini juga memberitahu ECU waktu yang tepat untuk menyemprotkan bahan bakar yang kemudian diteruskan ke *injector* bahan bakar. Pada sistem VVT-i, *crankshaft position sensor* akan memberikan data kepada ECU yang diteruskan ECU ke *camshaft timing oil control valve* untuk memerintahkannya mengubah *timing intake* dengan mengalirkan oli bertekanan ke *VVT-I controller*. (Sitorus, 2009 : 2)



Gambar 2.9. Wiring Crankshaft Position Sensor

4) Throttle Position Sensor

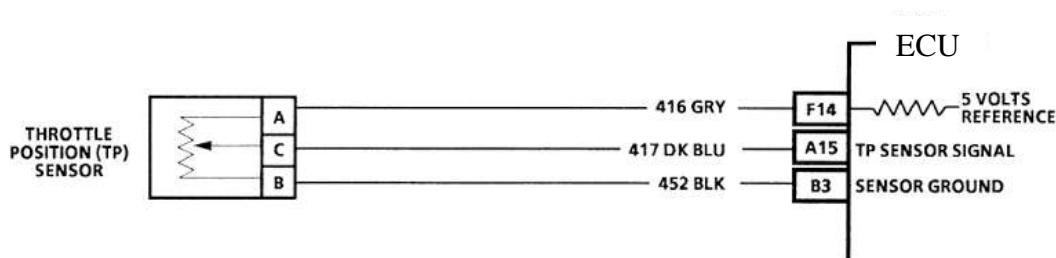
Throttle position sensor terletak menempel pada *throttle body* dan wujudnya adalah *potensiometer* yang dihubungkan dengan poros *throttle valve*, yang berfungsi mendeteksi posisi bukaan *throttle valve* tersebut.



Gambar 2.10. Trottle Position Sensor (Anonim, 2014)

Potensiometer adalah semacam *resistor* yang mengubah gerakan menjadi sebuah *voltage* atau tegangan, kemudian ketika pedal gas yang

ditekan pengemudi membuat *throttle valve* terbuka. *Throttle position sensor* akan mengirimkan sinyal tegangan tinggi pada ECU.



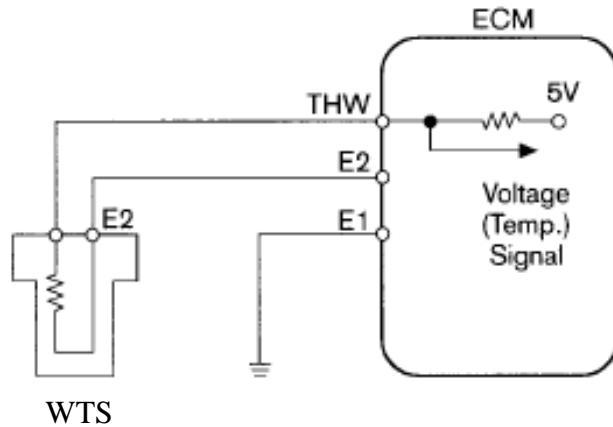
Gambar 2.11. *Wiring Throttle Position Sensor*

5) Water Temperatur Sensor

Water temperature sensor berguna untuk mengetahui kondisi suhu air pendingin atau *coolant* pada mesin yang kemudian akan mengirimkan data ke ECU yang akan menentukan jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar mesin sesuai kebutuhan suhu mesin.



Gambar 2.12. *Water Temperature Sensor*

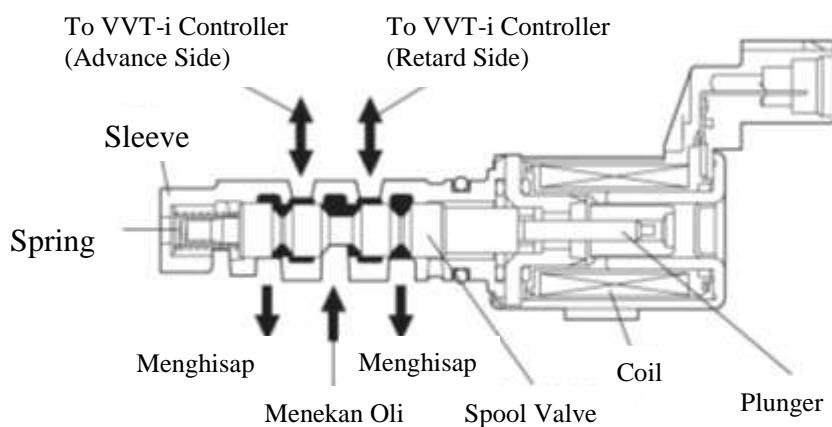


Gambar 2.13. Wiring Water Temperature Sensor

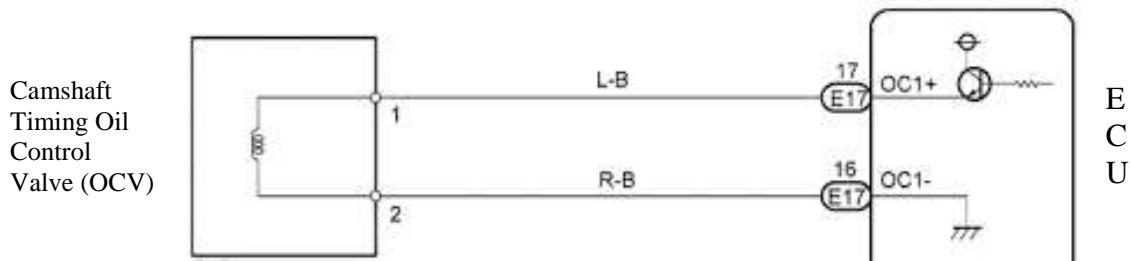
3. Actuator

1) Camshaft Timing Oil Control Valve

ECU mengendalikan kerja *camshaft oil control valve* dengan memberikan sinyal *on* dan *off* untuk mengalirkan oli bertekanan ke *vvt-i controller* untuk merubah *timing* katup *intake* berdasarkan inputan dari sensor *air flow meter*, *camshaft position sensor*, *crankshaft position sensor*, *water temperature sensor*, dan *throttle position sensor* (TPS). (Sitorus, 2009 : 2)



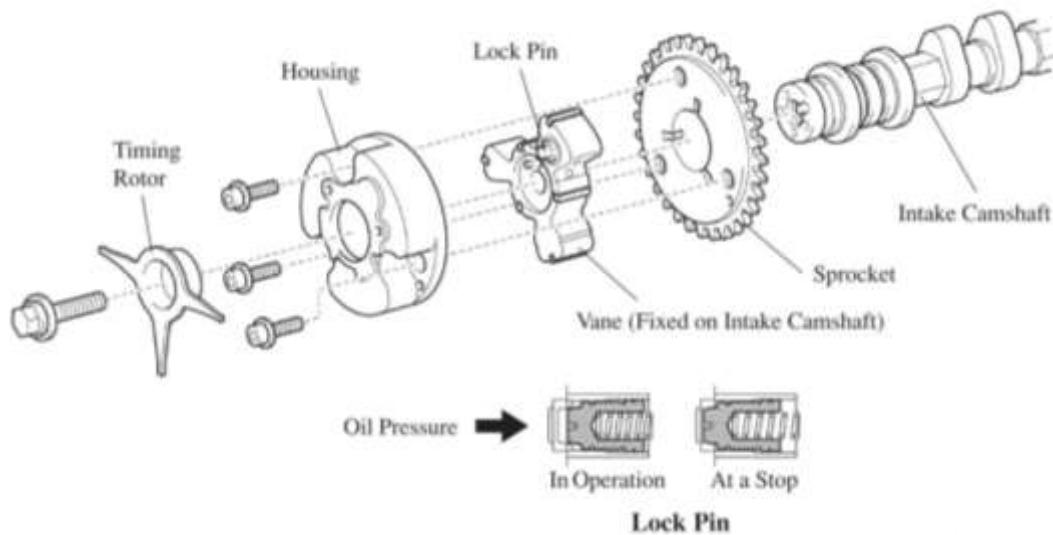
Gambar 2.14. Camshaft Timing Oil Control Valve (Anonim, 2014)



Gambar 2.15. Wiring Camshaft Timing Oil Control Valve

2) VVT-i Controller

VVT-i controller merupakan komponen yang memutar *intake camshaft*, untuk mengubah *valve timing* katup *intake* pada posisi maju, mundur, atau bertahan sesuai dengan posisi dimana tekanan oli dialirkan pada *vane* di dalam *VVT-i controller*.

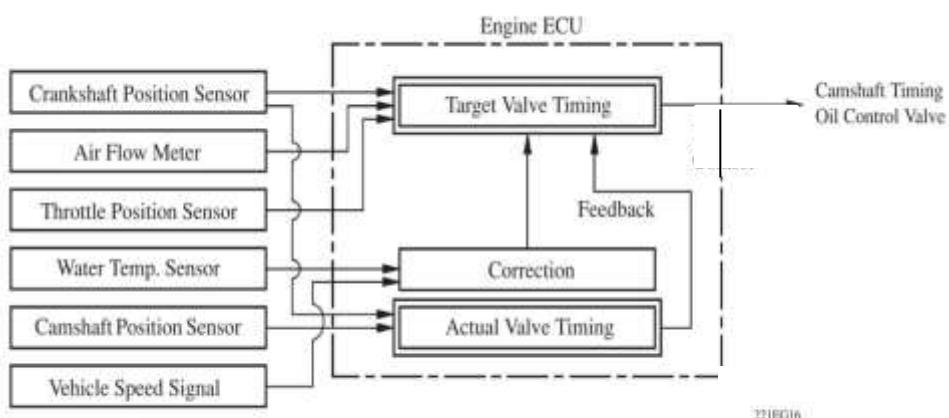


Gambar 2.16. VVT-i Controller (Anonim, 2014)

VVT-i controller mendapat tekanan oli dari *camshaft timing oil control valve* yang bekerja mengalirkan oli ke *VVT-i controller* berdasarkan sinyal maju, mundur atau bertahan yang diberikan ECU. Sinyal yang dikirimkan ECU berdasarkan kondisi mesin. (Anonim, 2013)

D. Cara Kerja Sistem VVT-i

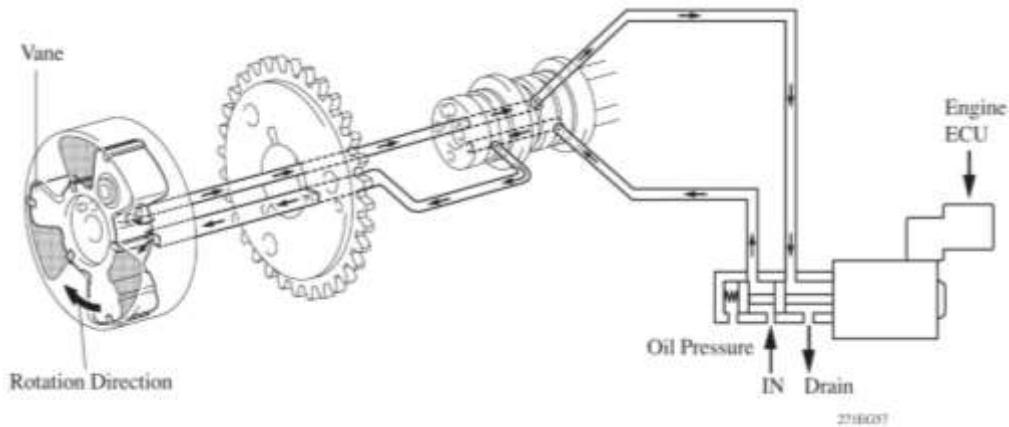
Cara Kerja sistem VVT-i dimulai dari sensor-sensor yang terdiri dari *camshaft position sensor*, *crankshaft position sensor*, *water temperature sensor*, *throttle position sensor* dan *air flow meter* mengirimkan data koreksi kondisi mesin ke engine ECU. Engine ECU memberikan sinyal atau perintah ke *camshaft timing oil control valve*



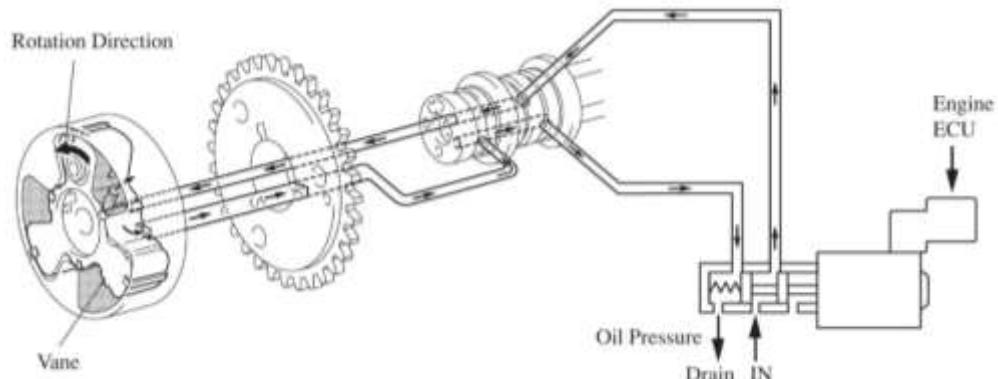
Gambar 2.17. Cara Kerja Sistem VVT-i (Anonim, 2014)

Camshaft timing oil control valve akan mengalirkan oli bertekanan ke *VVT-i controller* yang akan mendorong *vane* bergerak maju (*advanced*) atau mundur (*retard*) sesuai perintah ECU. *Vane* yang bergerak akan

menyebabkan *timing* (waktu terbuka) katup *intake* berubah, sehingga menyebabkan *timing* katup *intake* maju atau mundur.



Gambar 2.18. Cara kerja sistem VVT-i saat *advanced side* atau majunya *timing* terbukanya katup *intake* (Anonim, 2014)



Gambar 2.19. Cara kerja sistem VVT-i saat *retard side* atau mundurnya *timing* terbukanya katup *intake* (Anonim, 2014)

Timing yang maju menyebabkan katup *intake* terbuka lebih awal daripada katup *exhaust* saat *overlap* atau terbukanya katup *intake* dan *exhaust* bersamaan, sedangkan *timing* yang mundur menyebabkan katup *intake* akan

terbuka setelah katup *exhaust* tertutup saat *overlap*. Hal ini disebabkan *vane* terhubung langsung dengan *intake camshaft* maka apabila *vane* bergerak maka *intake camshaft* akan ikut bergerak menyebabkan *timing* berubah.

BAB IV

PENUTUP

Kesimpulan

Laporan tugas akhir dari uraian yang telah di jelaskan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Sistem VVT-i merupakan teknologi pada mesin yang berfungsi merubah *timing* terbukanya katup pada mesin untuk mengurangi atau menghilangkan kekurangan dari sistem *timing* katup tetap (*fixed*) yang masih memiliki banyak kekurangan seperti boros bahan bakar, *intake lag* dan gas buang yang kurang baik. Hasil proses pemeriksaan dapat disimpulkan bahwa sistem VVT-i pada Kijang Innova 1TR-FE termasuk sistem VVT-i konvensional. Hal ini karena sistem perubahan *timing* terbukanya katup hanya terdapat pada *intake camshaft* sehingga hanya dapat merubah *timing* terbukanya katup *intake*.
2. Fungsi dari masing-masing komponen sistem VVT-i pada mesin Toyota Kijang Innova 1TR-FE adalah (a) *Engine Control Unit* (ECU), berfungsi menerima masukan dari sensor kemudian diolah ECU untuk memberi perintah ke *actuator* untuk melakukan fungsinya, (b) *Air Flow Meter*, berfungsi memeriksa temperatur dan massa aliran udara pada *intake manifold*, (c) *Camshaft Position Sensor*, berfungsi untuk mengetahui

kedudukan *camshaft*, (d) *Crankshaft Position Sensor*, berfungsi mengetahui

kecepatan putaran mesin dengan mendeteksi pergerakan *crankshaft* mesin,

(e) *Throttle Position Sensor*, berfungsi mendeteksi posisi lebar terbukanya *throttle valve* pada *throttle body*, (f) *Water Temperature Sensor*, berfungsi untuk mengetahui kondisi suhu air pendingin atau *coolant* pada mesin, (g) *Camshaft Oil Control Valve*, berfungsi mengalirkan oli bertekanan ke *VVT-i controller*, (h) *VVT-i Controller*, berfungsi merubah *timing* terbukanya katup *intake*.

3. Sensor-sensor pada sistem VVT-i memiliki bentuk dan konektor yang berbeda-beda juga karena jumlah dan nama terminal masing-masing sensor yang berbeda serta fungsinya yang berbeda pada masing-masing terminalnya.
4. Cara kerja sistem VVT-i dimulai dari sensor-sensor yang terdiri dari *camshaft position sensor*, *crankshaft position sensor*, *water temperature sensor*, *throttle position sensor* dan *air flow meter* mengirimkan data koreksi kondisi mesin ke *engine ECU*. *Engine ECU* memberikan sinyal atau perintah ke *camshaft timing oil control valve*. *Camshaft timing oil control valve* akan 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*.

Saran

Berdasarkan laporan tugas akhir ini, saran yang dapat diambil dan perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Komponen sistem VVT-i sangat penting pada mesin apabila ada kerusakan atau cacat dapat memengaruhi kinerja dari sistem ini. Kerusakan pada komponen sistem VVT-i perlu diatasi dengan penggantian komponen terutama apabila ada kerusakan pada sensor dan konektor sistem ini.
2. Pemeriksaan pada saluran oli sistem VVT-i dari *camshaft timing oil control valve* sampai VVT-i *controller* perlu dilakukan dengan angin bertekanan dari kompresor. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya sumbatan atau kotoran pada saluran karena apabila terdapat sumbat atau kotoran dapat mengganggu kinerja sistem VVT-i yang diakibatkan oli yang mengalir ke VVT-i *controller* tersumbat atau tidak lancar.
3. Sensor dengan konektor dari sistem VVT-i harus dipasang dengan benar, sebab apabila pemasangan sensor dengan konektor tidak benar menyebabkan sensor tidak dapat bekerja untuk mengirimkan data hasil koreksi ke ECU.
4. Pemasangan baut pada proses perakitan perlu diperhatikan dan disesuaikan dengan momen pengencangannya karena ada komponen yang mudah rusak jika dikencangkan secara berlebihan, contoh : tutup kepala silinder.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Pedoman Reparasi Mesin 1TR-FE Kijang Innova*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Anonim. 2013. *Variable Valve Timing-Inteligent (VVT-i)*. Jawa barat : PT. Astra Internasional Daihatsu
<http://www.slideshare.net/cahyaniwindarto/vvt-i-14582546>
- Anonim. 2013. *Teknologi Terbaru Valvematic pada Toyota NAVI*. PT.Toyota Astra Motor
<http://nasmoco.co.id/2013/teknologi-katup-terbaru-dari-toyota-di-mobil-nav1/>
- Anonim. 2014. *Toyota Hilux Service Repair Manual*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor
- Anonim. 2015. *Teknologi Dual VVT-I*. PT.Toyota Motor Manufacturing Indonesia
<http://www.toyotaindonesiamanufacturing.co.id/news-and-update/toyotas-dual-vvti-technology?lang=id>
- Astawa, Ketut. *Pencapaian Performa Pada Katup Variable Timing Fixed Timing Untuk Mesin Yang Optimal*. Bali : Universitas Udayana
<http://ejournal.umm.ac.id/index.php/industri/article/view/Files/543/653>
- Machmud, Syahril. 2013. *Pengaruh Variasi Untuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin*. Yogyakarta : Universitas Janabadra
<http://jurnalteknik.janabadra.ac.id/wp-content/uploads/2014/03/08-Jurnal-Teknik-edit-2013revisi-pak-sahril.pdf>
- Sitorus, Tulus Burhanuddin. 2009. *Tinjauan Teoritis Performasi Mesin Berteknologi VVT-I*. Medan : Universitas Sumatra Utara
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/12016/1/09E01628.pdf>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Penugasan Dosen Pembimbing Tugas Akhir



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**
 Nomor : A37 /FT - UNNES/2015

**Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR SEMESTER GENAP
TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

Menimbang : Bawa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin DIII Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang membuat Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin DIII Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.

Mengingat

1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No 4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78);
2. SK Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Diploma III UNNES;
3. SK Rektor UNNES No. 162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
4. SK Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor 362/P/2011, tanggal 24 Oktober 2011 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Memperhatikan : Usul Ketua Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin DIII Tanggal 25 Maret 2015

MEMUTUSKAN

Menetapkan PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada :

1. Nama	: Wahyudi, S.Pd., M.Eng.
NIP	: 198003192005011001
Pangkat/Golongan	: Penata, III/c
Jabatan Akademik	: Lektor
Sebagai Pembimbing	

Untuk membimbing mahasiswa penyusun Tugas Akhir:

Nama	: Andy Yusuf Kurniawan
NIM	: 5211312048
Prodi	: D3 Teknik Mesin
Judul	: Identifikasi Sistem Bahan Bakar VVTi

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan



Tembusan :

1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Dosen Pembimbing

Lampiran 2. Spesifikasi mesin 1TR-FE Toyota Kijang Innova

MODEL		1 TR-FE		
Jumlah silinder & susunan		4-cylinder, In-Line		
Mekanisme katup		16 valve, DOHC with VVT-i, <i>Chain Drive</i>		
<i>Displacement [cm³ (cu.in.)]</i>		1998 (121.9)		
<i>Bore x stroke [mm(in.)]</i>		86.0x86.0(3.39x3.39)		
<i>Compression ratio</i>		9.8 : 1		
<i>Maximum output SAE-NET [kW / rpm]</i>		100 / 5,600		
<i>Maximum output SAE-NET [N.m / rpm]</i>		182 / 4,000		
<i>Valve timing</i>	<i>Intake</i>	Buka	0° -45°BTDC	
		Tutup	64° – 19°ABDC	
	<i>Exhaust</i>	Buka	44° BBDC	
		Tutup	8° ATDC	
<i>Fuel octane rating</i>		91 atau lebih		
<i>Oil viscosity / Oil grade</i>		5W-30 / API SL,SJ,EC or ILSAC		
<i>Ignition system</i>		<i>Direct ignition system</i>		

Lampiran 3. Foto Praktikum Tugas Akhir



Gambar Mesin Toyota 1TR-FE



Gambar Melepas Konektor pada Kepala Silinder



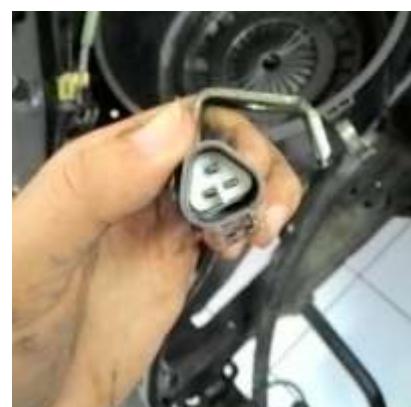
Gambar Melepas Bantalan Camshaft



Gambar Tutup Stopper Plate Chain Tensioner



Gambar Memeriksa Terminal Konektor Air Flow Meter



Gambar Memeriksa Terminal pada Crankshaft Position Sensor



Gambar Memeriksa Terminal pada Konektor *Crankshaft Position Sensor*



Gambar Memeriksa Terminal pada Konektor *Camshaft Position Sensor*



Gambar Memeriksa Kondisi *Camshaft Position sensor*



Gambar Memeriksa Kondisi *Throttle Position Sensor*



Gambar Memeriksa Kondisi *Crankshaft Position Sensor*



Gambar Memeriksa Kondisi *Camshaft Timing Oil Control Valve*



Gambar Memeriksa Kondisi
VVT-i Controller



Gambar Memeriksa Tahanan
Camshaft Position Sensor



Gambar Memeriksa Tahanan
Throttle Position Sensor



Gambar Memeriksa Tahanan
Air Flow Meter