

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Pelaksanaan perbaikan *engine stand* dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap yang pertama tentunya melakukan identifikasi terhadap masalah yang terjadi pada sistem pengapian *engine stand* Toyota Corolla 4A-FE. Dari hasil identifikasi masalah yang diperoleh, maka untuk memecahkan berbagai masalah yang terjadi pada proses perbaikan maka diperlukan adanya pengetahuan tentang komponen maupun fungsinya dalam sistem tersebut. Pengetahuan tentang konsep-konsep dasar yang ada pada sistem pengapian ESA *Engine Stand* Toyota Corolla 4A-FE akan sangat membantu dalam melakukan proses perbaikan. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan di bawah ini:

A. Pengertian Perbaikan

Perbaikan adalah usaha untuk mengembalikan kondisi dan fungsi dari suatu benda atau alat yang mengalami kerusakan akibat pemakaian kembali seperti kondisi semula. Proses perbaikan tidak menuntut penyamaan sesuai dengan kondisi awal, yang diutamakan adalah alat tersebut bisa berfungsi kembali dengan normal. Perbaikan memungkinkan untuk terjadinya penggantian komponen.

Kerusakan pada komponen *engine stand* akan mengakibatkan sistem-sistem *engine stand* yang berhubungan dengan komponen yang rusak tersebut menjadi tidak berfungsi. Dengan dilakukan perbaikan pada *engine stand* maka sistem-sistem yang mengalami kerusakan akan dapat berfungsi kembali sesuai dengan fungsinya.

Perbaikan *engine stand* Toyota Corolla 4A-FE dilakukan untuk memperbaiki semua sistem yang mengalami kerusakan agar *engine stand* tersebut dapat digunakan sebagai *training object* untuk memperlancar proses pembelajaran. Dalam proses perbaikan *engine stand* Toyota Corolla 4A-FE penulis melakukan perbaikan pada sistem pengapian.

B. *Engine Stand* Toyota Corolla 4A-FE

Engine Stand Toyota Corolla 4A-FE merupakan media praktik berupa Mesin Toyota Corolla 4A-FE yang terangkai diatas rangka buatan atau *stand* beroda yang mudah untuk dipindahkan saat praktik, dilengkapi dengan instrumen mesin dan dalam kondisi dapat dioprasikan untuk proses belajar mengajar.

Dengan media praktik *Engine Stand* praktikan akan sangat mudah mempelajari sistem-sistem yang ada pada kendaraan, dibandingkan dengan belajar langsung pada kendaraan yang tempatnya rumit.

1. Spesifikasi *Engine* Toyota Corolla 4A-FE:

Kode mesin	: 4A-FE 1.6 liter
Kapasitas mesin	: 1600 cc, 4 silinder
Mekanisme katup	: DOHC 16 katup
Sistem pengabutan	: Injeksi
Tenaga	: 115 Hp @6000 rpm
Torsi	: 147 Nm @4.700 rpm
Transmisi	: Manual 5 percepatan dan matic 4 percepatan

C. Sistem pengapian

Sistem pengapian kendaraan merupakan sistem yang berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai 12 V menjadi 10 KV atau lebih dengan menggunakan *ignition coil* dan kemudian membagi-bagikan tegangan tinggi tersebut ke masing-masing busi sesuai urutan pembakaran (*firing order*) melalui distributor dan kabel tegangan tinggi. Percikan bunga api yang muncul pada busi harus terjadi di saat yang tepat (pada akhir langkah kompresi) untuk menjamin pembakaran yang baik walaupun kecepatan berubah-ubah, tetapi mesin tetap bekerja dengan halus dan ekonomis (Toyota Astra Motor, 1995: 6-12).

Sistem pengapian kendaraan merupakan sistem yang berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api yang kuat dan tepat pada busi untuk memulai proses pembakaran. Percikan bunga api yang muncul pada busi harus terjadi di saat yang tepat (pada akhir langkah kompresi) untuk menjamin pembakaran yang baik walaupun kecepatan berubah-ubah, tetapi mesin tetap bekerja dengan halus dan ekonomis

Sistem pengapian merupakan salah satu sistem yang mempunyai peran sangat besar terhadap mesin kendaraan terutama jenis mesin bensin selain dari beberapa sistem lain yang juga mempunyai peran besar terhadap mesin. Proses pembakaran yang sempurna, efisiensi bahan bakar, dan kenyamanan kendaraan serta ramah lingkungan emisi gas buangnya dapat tercapai maksimal bila sistem pengapian bekerja secara maksimal pula (Daryanto, 2002: 258).

1. Syarat-Syarat Sistem Pengapian yang Harus Dipenuhi

Fungsi dasar sistem pengapian ialah untuk menghasilkan bunga api yang kuat dan tepat sehingga dapat membakar campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder. Supaya sistem pengapian dapat bekerja dengan baik, maka terdapat beberapa syarat pada sistem pengapian yang harus dipenuhi. Syarat-syarat tersebut diantaranya adalah bunga api yang kuat, saat pengapian yang tepat, dan ketahanan yang cukup (Astra Daihatsu Motor, 2001: 1)

a. Bunga Api yang Kuat

Pada saat campuran udara dan bahan bakar dikompresikan di dalam silinder, sangat sulit bagi bunga api untuk melewati udara (hal ini disebabkan karena udara mempunyai tahanan listrik dan efeknya tahanan ini naik pada saat udara dikompresikan) dengan alasan ini, maka tegangan yang diberikan pada busi harus cukup tinggi untuk dapat menghasilkan bunga api yang kuat di antara elektroda busi, supaya proses pembakaran menjadi optimal.

b. Saat Pengapian yang Tepat

Untuk memperoleh pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang paling efektif, sistem pengapian harus dilengkapi beberapa peralatan tambahan yang dapat merubah saat pengapian sesuai dengan rpm (putaran mesin per menit) dan beban mesin (perubahan sudut poros engkol di mana masing-masing busi menyala). Disebut

pembakaran jika campuran udara dan bahan bakar terkena loncatan bunga api dari busi.

c. Ketahanan yang Cukup

Apabila sistem pengapian tidak bekerja, maka mesin akan mati.

Oleh karena itu sistem pengapian harus mempunyai ketahanan yang cukup untuk menahan getaran dan panas yang dibangkitkan oleh mesin, demikian juga tegangan tinggi yang dibangkitkan oleh sistem pengapian itu sendiri.

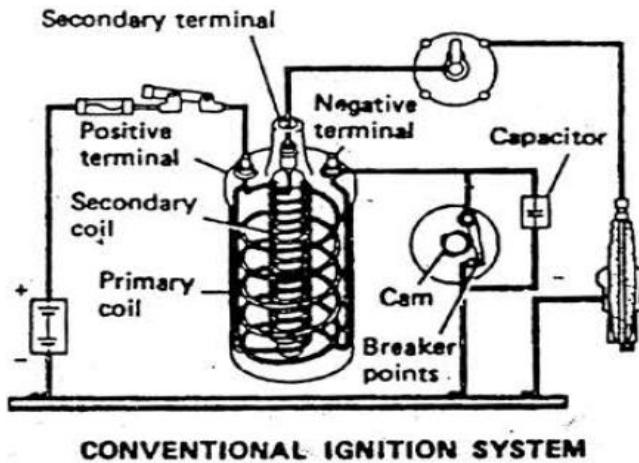
2. Jenis & Macam-Macam Sistem Pengapian

Pada motor bensin terdapat berbagai jenis sistem pengapian yang digunakan. Yang membedakan antara jenis pengapian ini adalah pada sistem pemutusan arus primer pada koil agar terjadi induksi listrik pada sekunder koil. Jenis-jenis sistem pengapian adalah sebagai berikut:

a. Sistem Pengapian Konvensional

Sistem pengapian konvensional merupakan sistem pengapian yang paling sederhana dibandingkan sistem pengapian yang lain. Sistem pengapian konvensional adalah sistem pengapian yang menggunakan kontak pemutus atau platina sebagai komponen pemutus dan penghubung arus pada kumparan primer koil. Ciri khusus sistem pengapian konvensional ini adalah proses pemutusan arus primer dilakukan secara mekanik, yaitu dengan proses membuka dan menutupnya platina. Platina bekerja seperti saklar di mana pada

saat tertutup arus dapat mengalir dan saat platina terbuka arus akan terhenti (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 328). Berikut adalah rangkaian sistem pengapian konvensional:



Gambar 1. Sistem Pengapian Konvensional
(Toyota Astra Motor, 1994: 35)

b. Sistem Pengapian Elektronik

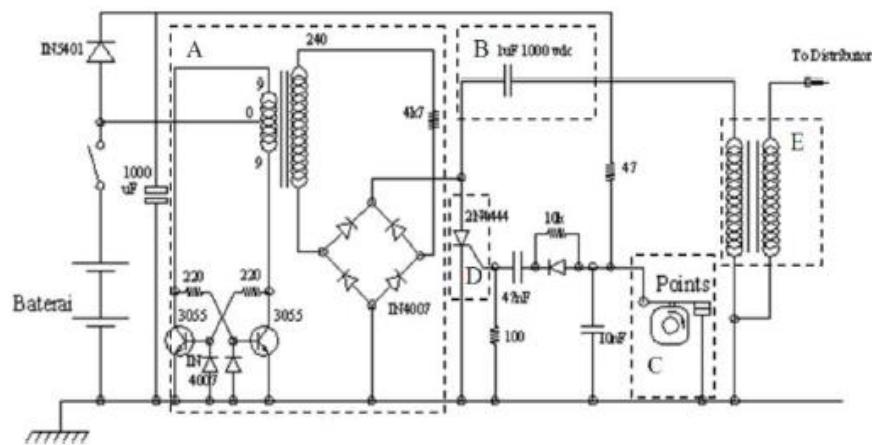
Sistem pengapian ini menggunakan transistor untuk memutus dan mengalirkan arus primer koil. Jika pada sistem pengapian konvensional pemutusan arus primer koil dilakukan secara mekanis dengan membuka dan menutup platina, maka pada sistem pengapian elektronik pemutusan arus primer koil dilakukan secara elektronik melalui suatu power transistor yang difungsikan sebagai saklar (*switching transistor*) (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 335). Berikut macam-macam pengapian elektronik:

a. Pengapian CDI

Kepanjangan dari CDI adalah *Capasitive Discharge Ignition*, yaitu sistem pengapian yang bekerja berdasarkan prinsip

pengisian dan pembuangan muatan kapasitor. Konsep kerja sistem pengapian CDI berbeda dengan sistem pengapian penyimpan induktif. Pada sistem CDI, koil masih digunakan tetapi fungsinya hanya sebagai transformator tegangan tinggi, tidak untuk menyimpan energi. Sebagai pengganti, sebuah kapasitor digunakan sebagai penyimpan energi.

Berdasarkan sumber arus pembangkitnya, sistem CDI dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu arus AC dan arus DC. Ditinjau dari sistem kerja, juga terdapat dua jenis CDI yaitu CDI analog dan CDI digital. Pada sistem CDI AC, sumber arus diperoleh langsung dari generator berupa arus AC dengan besar tegangan kurang lebih 100 V. Sebaliknya untuk CDI DC, sumber listrik diperoleh dari baterai 12 V (Sudarwanto, 2011: 47). Berikut adalah diagram sistem pengapian CDI:



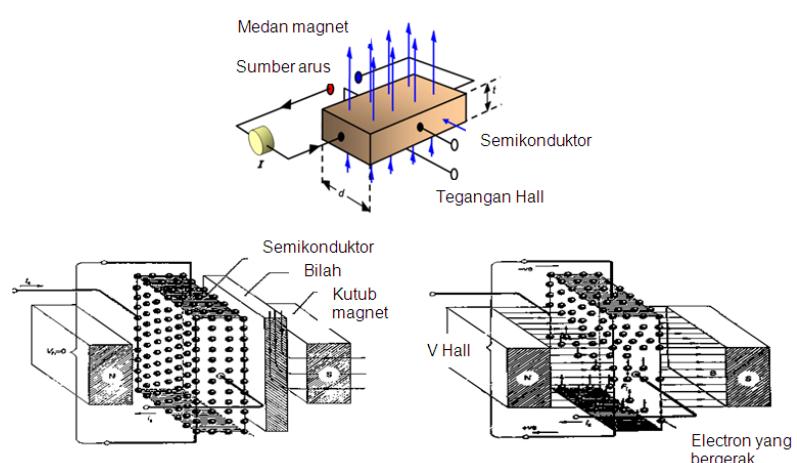
Gambar 2. Diagram Sistem Pengapian CDI
(Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 349)

b. Sistem Pengapian Transistor

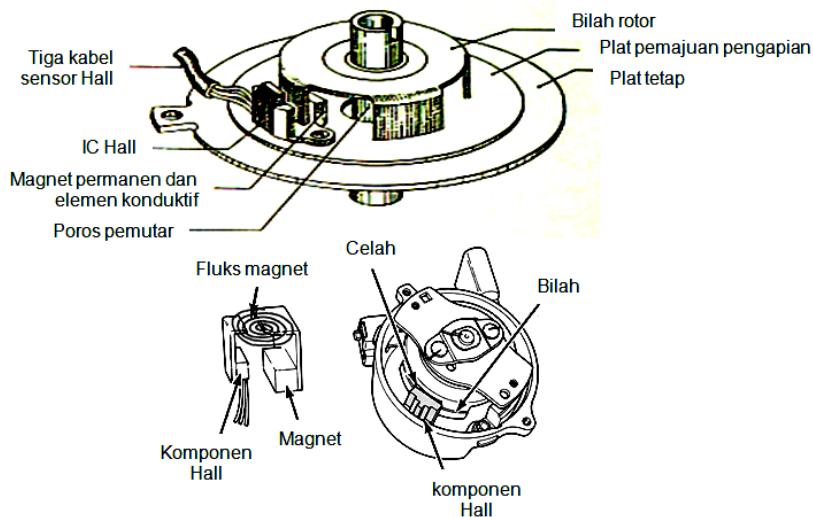
Menurut Astra Daihatsu Motor (2001: 29) sistem pengapian transistor dikembangkan untuk menghapus perlunya pemeliharaan yang pada akhirnya mengurangi biaya pemeliharaan bagi pengguna. Sistem pengapian ini mengaplikasikan transistor dan signal generator dipasang didalam distributor untuk menggantikan *breaker point* dan *cam*. Signal generator akan membangkitkan tegangan untuk mengaktifkan power transistor pada *igniter* sebagai pemutus atau pengontrol arus primer coil. Pada pengapian transistor memiliki beberapa tipe sebagai berikut:

1.) Tipe *Hall Effect*

Sistem pengapian *Hall Effect* adalah sistem pengapian yang menggunakan semi konduktor tipis berbentuk garis pembangkit pulsa untuk mengaktifkan power transistor dengan model *Hall Effect* digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Prinsip *Hall effect*
(Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 343)



Gambar 4. Pembangkit pulsa *hall effect*
(Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 343)

Apabila bahan semi konduktor dialiri arus listrik dari sisi kiri ke kanan dan semi konduktor tersebut berada dalam suatu medan magnet, maka pada arah tegak lurus terhadap aliran arus itu akan timbul tegangan yang disebut dengan tegangan *Hall* (V_h).

Pada gambar diatas dapat dilihat apabila medan magnet yang dihalangi dengan menggunakan plat logam maka medan magnet tidak bisa melewati semi konduktor, dengan begitu tegangan hall akan menuju titik nol dalam hal ini hall adalah $(V_h) = 0$.

Apabila penghalang plat logam dihilangkan maka magnet akan dengan mudah melewati semi konduktor dan akan terjadi yang di sebut dengan tegangan *hall* $V_h \neq 0$. Apabila logam penghalang secara teratur melintasi pada medan

magnet, maka tegangan *hall* akan muncul dan hilang, dengan begitu akan terbentuknya suatu tegangan pulsa yang berbentuk kotak-kotak yang selanjutnya di gunakan transistor untuk memutus dan mengalirkan arus ke primer koil (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 343-344).

2.) Tipe triger optik

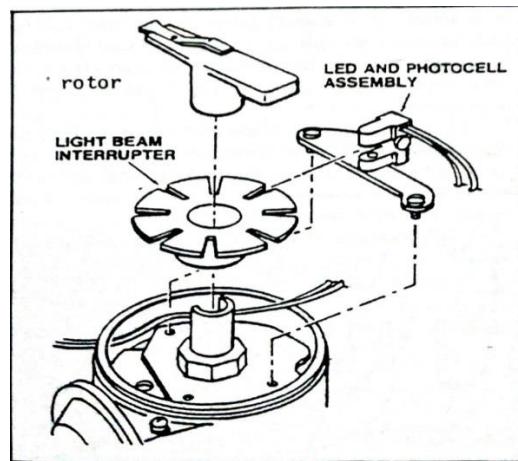
Pengapian triger optik adalah pengapian yang menggunakan phototransistor untuk menghasilkan sinyal yang kemudian di kirim ke unit pengontrol dan memerintah kepada koil untuk menghasilkan tegangan tinggi yang akan di teruskan ke busi sesuai dengan urutan penyalaan. Sinar yang digunakan adalah sinar infra merah yang di hasilkan oleh *light emitting diode* atau LED. Pada pengapian triger optik pengaturan saat penyalaan akan ditentukan oleh *light beam interruptor*.

Apabila *light beam interruptor* pada posisi tidak menghalangi sinar yaitu pada saat sinar berada pada sela-sela cela LBI, maka sinar akan mengenai transistor sehingga transistor akan menjadi “ON” yang kemudian mengirimkan signal atau tanda kepada unit pengontrol untuk mengalirkan arus listrik kelilitan primer koil.

Sedangkan pada saat LBI menghalangi sinar maka transistor akan berubah menjadi “OFF” sehingga unit pengontrol akan menghentikan aliran arus listrik kelilitan

primeri koil. Akibat dari terputusnya arus listrik yang mengalir pada primer koil akan terjadi penginduksi pada koil yang mengakibatkan tegangan tinggi yang di teruskan ke distributor kemudian akan di teruskan ke busi (Suyanto, 1989: 291-292).

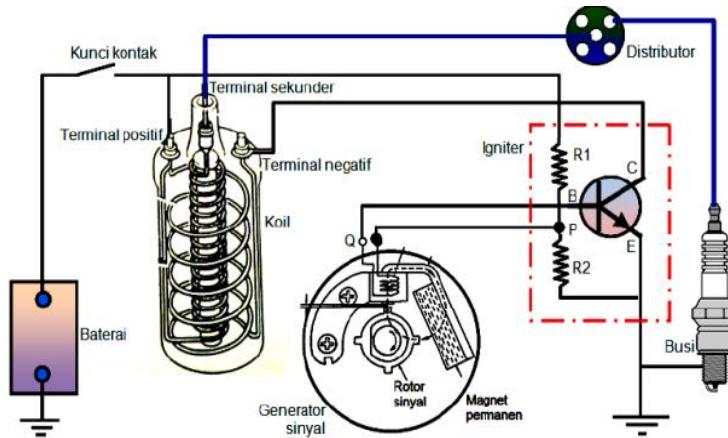
Berikut adalah konstruksi sistem pengapian transistor trigger optik:



Gambar 5. Sistem pengapian trigger optik
(Suyanto, 1989: 291)

3.) Tipe Induktif

Sistem pengapian dengan pembangkit menggunakan pulsa model induktif terdiri dari generator sinyal, ignitier, koil, distributor dan komponen pelengkap lainnya. Sistem pembangkit pulsa induktif terdiri dari kumparan pembangkit pulsa (*pick up coil*), magnet permanen, dan rotor pengarah medan magnet. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (2009: 340). Berikut adalah rangkaian sederhana sistem pengapian transistor model induktif:



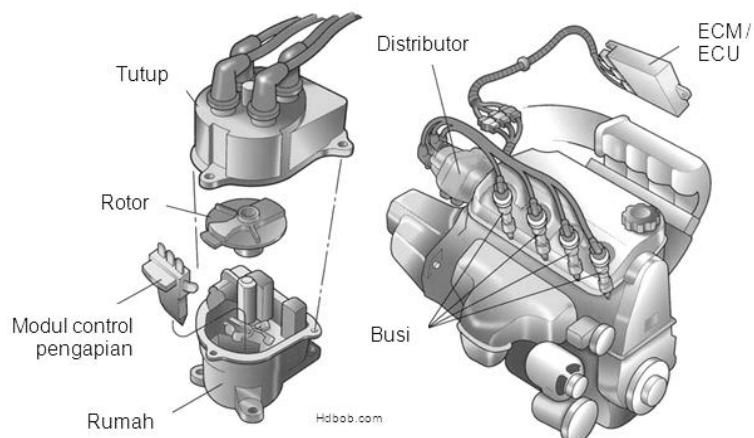
Gambar 6. Diagram sistem pengapian transistor model induktif (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 341)

c. Sistem Pengapian Terkontrol Komputer

Sistem pengapian terkontrol komputer merupakan sistem pengapian yang ada pada mesin yang sudah menggunakan sistem injeksi bahan bakar (EFI). Pengontrolan pengapian dilakukan oleh komputer (*Electronic Control Unit*) yang juga sebagai pengontrol sistem penginjeksian bahan bakar. Pengontrolan ini untuk mengatur sistem pemajuan atau pemunduran saat pengapian (*Ignition Timing*) yang disesuaikan dengan kondisi kerja mesin.

Model pengontrolan ini dikenal sebagai *Engine Management System*, yaitu pengontrolan kerja mesin secara terpadu melalui sistem kontrol elektronik. Dengan pengontrolan model ini, akan diperoleh peningkatan efisiensi bahan bakar, mudah dalam pengendalian, memiliki sistem diagnosa sendiri yang dapat diakses dengan mudah serta menghasilkan emisi gas buang yang rendah

atau ramah lingkungan. Tujuan pengontrolan mesin pada sistem pengapiannya untuk dapat memberikan sistem pengapian yang optimal hingga dapat tercapai torsi yang optimum, emisi gas buang yang rendah, irit dalam penggunaan bahan bakar dan pengendaraan yang baik serta meminimalkan *engine knock* (Sudarwanto, 2011: 49). Berikut merupakan komponen sistem pengapian terkontrol komputer:



Gambar 7. Komponen Sistem Pengapian Terkontrol Komputer (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 350)

Sistem pengapian terkontrol komputer terbagi menjadi beberapa macam, yaitu:

1. Sistem pengapian dengan distributor atau disebut *Electronic Spark Advance* (ESA).
2. Sistem pengapian tanpa distributor atau disebut *Distributor Less Ignition System* (DLI).
3. Sistem pengapian langsung atau disebut *Direct Ignition System* (DIS).

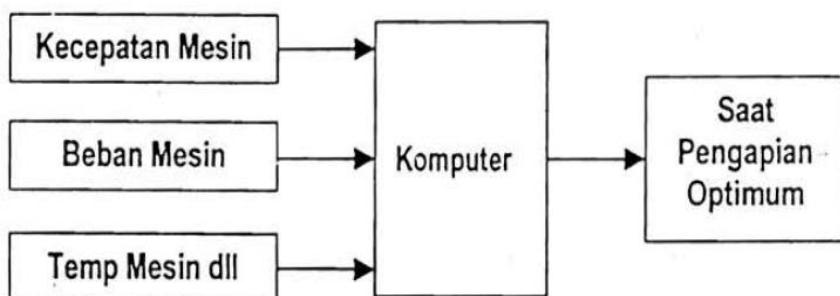
Komponen utama sistem pengapian terkontrol komputer yaitu:

1. Sensor poros engkol (sinyal Ne)
2. Sensor poros nok (sinyal G)
3. Igniter
4. Koil, kabel-kabel, dan busi
5. ECM dan input-inputnya.

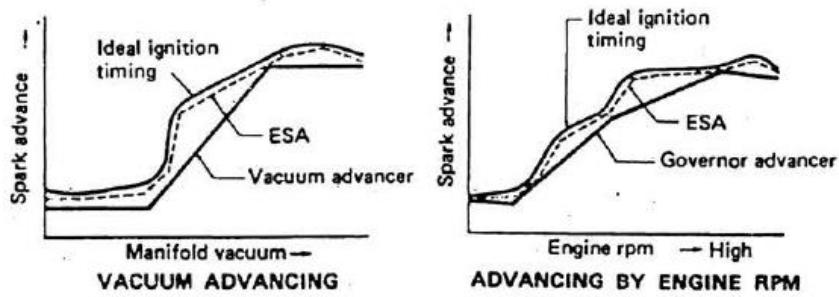
D. Sistem Pengapian Elektronik ESA (*Electronic Spark Advance*)

1. Pengertian Sistem Pengapian *Elektronik Spark Advance*

ESA adalah singkatan “*Electronic Spark Advance*” dalam sistem ini data saat pengapian yang optimal disimpan dalam memori internal *Engine Control Computer* untuk setiap kondisi mesin. Sistem ini bekerja mendeteksi kondisi mesin (putaran mesin, aliran udara masuk, temperatur mesin, dan lain-lain) berdasarkan sinyal dari setiap engine sensor, selanjutnya menentukan saat pengapian yang optimal sesuai dengan kondisi mesin dengan mengirim sinyal pemutusan arus primer ke igniter yang mengontrol saat pengapian (Toyota Astra Motor, 1994: 43). Berikut ini adalah mekanisme kerja sistem pengapian ESA:



Gambar 8. Sistem pengapian ESA
(Toyota Astra Motor, 1994: 43)

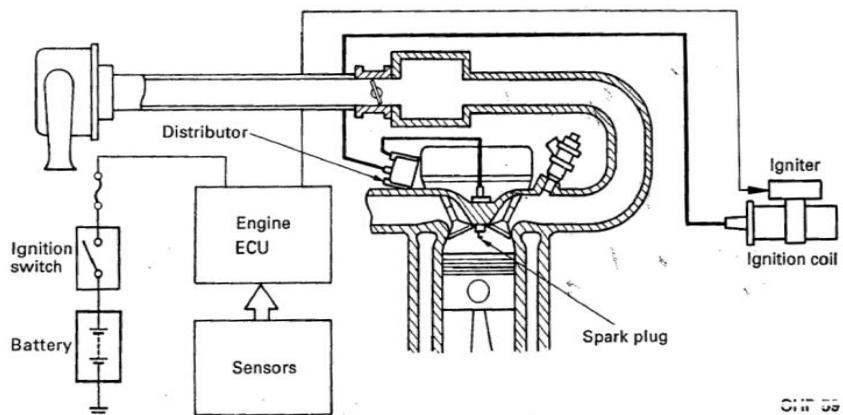


Gambar 9. Pemajuan waktu pengapian ESA
(Toyota Astra Motor, 1994: 43)

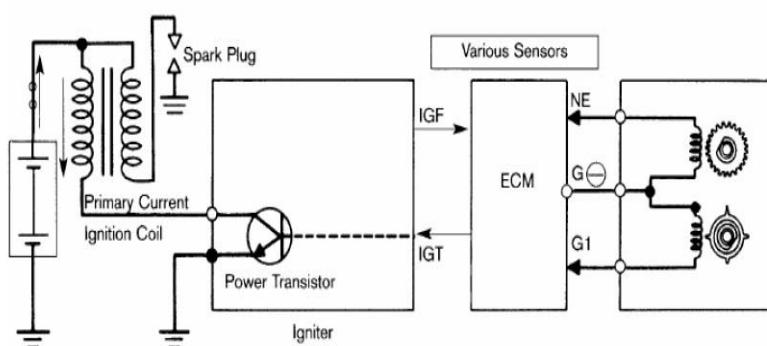
Sistem ESA (*Electronic Spark Advance*) adalah sistem yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi output mesin untuk mengatasi segala kekurangan yang ada pada sistem pengapian sebelumnya. Campuran udara dan bahan bakar harus terbakar bila mencapai tekanan pembakaran maksimum, kira-kira 10 derajat sebelum TMA. Tetapi waktu yang diperlukan untuk penyalaan campuran udara dan bahan bakar sampai bangkitnya tekanan pembakaran maksimum setiap mesin, tergantung dari putaran mesin dan tekanan manifold. Pada rpm yang lebih tinggi, maka tekanan manifold akan turun (yaitu bila kevakuman besar) sehingga penyalaan harus terjadi lebih awal, demikian pula sebaliknya. Pada EFI konvensional, penyalaan dimajukan dan dimundurkan oleh governoor advancer atau vakum advancer pada distributor.

Akan tetapi, saat pengapian yang optimal juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya disamping kecepatan mesin dan volume udara yang masuk, misalnya bentuk ruang bakar, temperatur di dalam ruang bakar, dan seterusnya. Pada sistem ESA, mesin dapat memperoleh karakteristik yang mendekati saat pengapian yang ideal. Hal tersebut

disebabkan karena pada sistem pengapian ESA bekerja dengan cara ECU menentukan saat pengapian dari internal memorinya, dalam internal memori tersebut berisi data-data saat penyalakan optimal untuk setiap kondisi kerja mesin, kemudian ECU mengirimkan sinyal saat pengapian yang tepat ke igniter selanjutnya igniter akan mengendalikan *ignition coil* sehingga busi akan memercikkan bunga api. Dengan cara kerja tersebut, sistem pengapian ESA selalu menjamin saat pengapian yang optimal (Toyota Astra Motor, 1997: 80). Berikut ini adalah konstruksi dasar ESA:



Gambar 10. Konstruksi dasar ESA
(Toyota Astra Motor, 1997: 80)



Gambar 11. Penyederhanaan Sistem Pengapian ESA
(Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 352)

2. Komponen Sistem Pengapian Elektronik

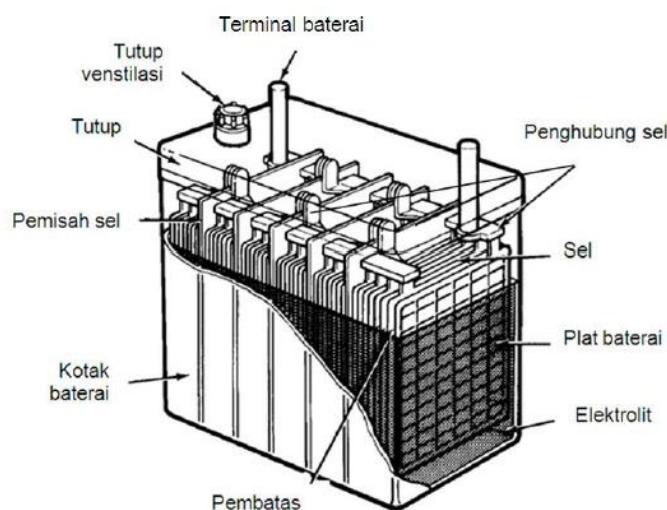
Sistem pengapian terdiri dari beberapa komponen yang saling terintegrasi satu sama lain untuk menghasilkan percikan bunga api yang sesuai dengan syarat pengapian. Komponen-komponen sistem pengapian yaitu sebagai berikut.

a. Baterai

Baterai adalah alat elektro kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke sistem starter mesin, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya. Alat ini menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplainya ke masing-masing sistem kelistrikan atau alat yang membutuhkannya. Karena di dalam proses baterai kehilangan energi kimia, maka alternator mensuplainya kembali ke dalam baterai yang disebut pengisian. Baterai menyimpan listrik dalam bentuk energi, siklus pengisian dan pengeluaran ini terjadi berulang kali secara terus menerus.

Di dalam baterai mobil terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah, Ruangan di dalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit. Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah daripada sel baterai, di mana

satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira-kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar tersebut adalah 12 volt sampai 12,6 volt (Toyota Astra Motor, 1995: 6-2). Berikut ini adalah bagian-bagian baterai:



Gambar 12. Bagian-bagian baterai
(Toyota Astra Motor, 1995: 6-3)

b. Kunci Kontak

Kunci kontak pada sistem pengapian berfungsi untuk memutus atau menghubungkan arus dari baterai ke sistem pengapian. Dengan fungsi tersebut, kunci kontak juga berfungsi untuk mematikan mesin, karena dengan tidak aktifnya sistem pengapian maka mesin tidak akan hidup karena tidak ada proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar motor bensin (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 315). Berikut adalah gambar kunci kontak:



Gambar 13. Kunci Kontak

c. Sekering/fuse

Sekering adalah komponen pengaman yang banyak digunakan sebagai pencegah kerusakan rangkaian akibat kelebihan arus listrik. Sekering mempunyai bagian yang mudah meleleh akibat aliran arus yang dilindungi oleh badan sekering yang biasanya terbuat dari tabung kaca atau plastik. Tegangan baterai diberikan melalui bagian batang penghantar utama. Salah satu ujung sekering dihubungkan dengan batang penghantar utama dan satu ujung lainnya dihubungkan dengan rangkaian yang diamankannya (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 124). Berikut ini adalah tipe *fuse*:



Gambar 14. *Fuse* tipe bilah dan tabung

Tipe sekring *blade* dirancang lebih kompak dengan elemen metal dan rumah pelindung yang tembus pandang serta diberi warna untuk menunjukkan tingkatan arusnya. Kode warna untuk setiap tingkatan arus dapat dijelaskan melalui tabel dibawah (Toyota Astra Motor, 1995: 6-42).

Tabel 1. Kode warna sekring

Warna	Kapasitas
Coklat kekuning-kuningan	5 Ampere
Coklat	7,5 Ampere
Merah	10 Ampere
Biru	15 Ampere
Kuning	20 Ampere
Putih	25 Ampere
Hijau	30 Ampere

d. *Electronic Control Unit (ECU)*

ECU merupakan microcontroller yang berfungsi untuk mengontrol sistem kelistrikan pada kendaraan. ECU bekerja berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang ada pada kendaraan. Kemudian ECU memproses masukan dari sensor untuk mengontrol kerja dari actuator (Moch. Solikin, 2005: 54). ECU mempunyai bagian utama yaitu:

1) *Input Circuit*

Input Circuit berfungsi sebagai terminal masukan signal dari sensor yang ada pada kendaraan. *Input Circuit* akan melakukan berbagai koreksi sehingga signal dapat diproses komputer.

2) A/D *Converter*

A/D *Converter* berfungsi untuk merubah *analog signal* menjadi *digital signal*. Hal ini diperlukan karena sistem komputer hanya akan memproses data dalam bentuk *signal digital*.

3) CPU

CPU berfungsi untuk melakukan proses perhitungan data masukan dan menyimpan data tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam ROM.

4) RAM

RAM berfungsi untuk menyimpan data sementara saat kendaraan beroprasi, ketika *power off* maka data akan terhapus.

5) *Output Circuit*

Output Circuit berfungsi untuk penguat signal agar *actuator* dapat dioprasikan.

Berikut ini adalah ECU Toyota Corolla 4A-FE:



Gambar 15. ECU Toyota Corolla 4A-FE

e. Distributor

Distributor pada sistem pengapian berfungsi untuk mendistribusikan atau membagi-bagikan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil ke tiap-tiap busi sesuai dengan urutan penyalaan (*firing order*). Pada distributor dengan sistem pengapian model konvensional, terdapat beberapa komponen misalnya kontak pemutus (platina), cam, vakum advancer, sentrifugal adancer, rotor, dan kondensor. Pada distributor dengan sistem pengapian elektronik, di dalam distributor tidak ada lagi kontak pemutus. Sebagai penggantinya adalah komponen penghasil pulsa (*pulse generator*) yang terdiri dari rotor, *pick up coil*, dan magnet permanen untuk pengapian sistem induktif. Secara khusus model-model tersebut akan dibahas pada sistem pengapian elektronik.

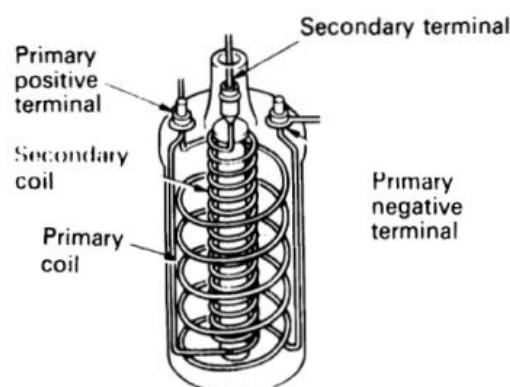
Distributor terdiri dari beberapa bagian utama yang berkaitan dengan kerja sistem yang ada pada distributor tersebut. Bagian-bagian tersebut meliputi 1) bagian pemutus arus primer koil yaitu kontak pemutus (*breaker point*) pada sistem pengapian konvensional atau pembangkit pulsa dan *transistor* di dalam igniter pada sistem pengapian elektronik, 2) bagian pendistribusian tegangan tinggi yaitu rotor dan tutup distributor, 3) bagian pemajuan saat pengapian (*ignition timing advancer*), dan 4) bagian kondensor (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 318). Berikut adalah Distributor Toyota Corolla 4A-FE:



Gambar 16. Distributor Toyota Corolla 4A-FE

f. Koil Pengapian

Koil pengapian berfungsi merubah arus listrik 12V yang diterima dari baterai menjadi tegangan tinggi (10 KV atau lebih) untuk menghasilkan percikan bunga api yang kuat pada elektroda busi. Pada koil pengapian, kumparan primer dan sekunder digulung pada inti besi. Kumparan-kumparan ini akan menaikkan tegangan yang diterima dari baterai menjadi tegangan yang sangat tinggi melalui induksi elektromagnet atau induksi magnet listrik (Toyota Astra Motor, 1995:6-14). Berikut ini adalah bagian koil pengapian:



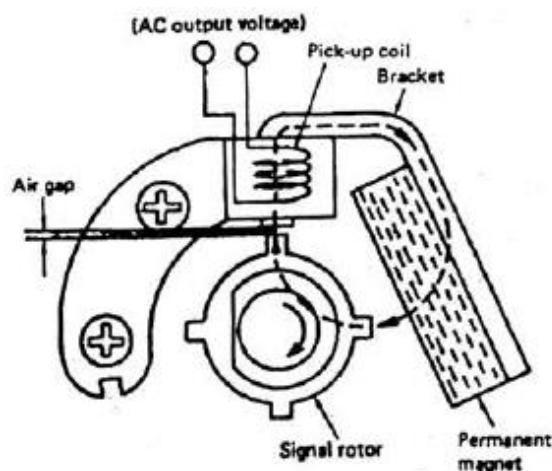
Gambar 17. Koil pengapian
(Toyota Astra Motor, 1995: 6-14)

g. Igniter

Igniter terdiri dari sebuah detector yang mendekati EMF yang digerakkan oleh *signal generator*, *signal amplifier* dan *power transistor*, yang melakukan pemutusan arus primer *ignition coil* pada saat yang tepat sesuai dengan signal yang diperkuat. Pengaturan *dwell angle* untuk mengoreksi *primary signal* sesuai dengan bertambahnya putaran mesin. Beberapa tipe *igniter* dilengkapi dengan sirkuit pembatas arus (*current limiting circuit*) untuk mengatur arus primer maksimum (Toyota Astra Motor, 1994: 37).

h. Signal Generator

Signal generator adalah semacam generator AC (arus bolak-balik) berfungsi untuk menghidupkan *power transistor* di dalam *igniter* untuk memutuskan arus primer koil pengapian pada saat pengapian yang tepat (Toyota Astra Motor, 1994: 36). Berikut ini adalah konstruksi signal generator:



Gambar 18. Konstruksi *signal generator*
(Toyota Astra Motor, 1994: 36)

i. Kabel Tegangan Tinggi

Kabel tegangan tinggi berfungsi untuk mengalirkan tegangan tinggi dari terminal sekunder koil ke tiap-tiap busi sesuai urutan pembakaran (*firing order*) mesin. Kabel pengahantar ini terbuat dari rangkaian tembaga atau karbon yang dicampur dengan fiber sehingga mempunyai tahanan yang tetap atau konstan.

Kabel tegangan tinggi harus memiliki kemampuan yang baik dalam mengalirkan tegangan tinggi dari koil pengapian sampai tiap-tiap busi. Kabel tegangan tinggi harus mencegah terjadinya gangguan akibat frekuensi tinggi pada rangkaian sistem pengapian (Sudarwanto, 2011: 29). Berikut ini adalah kabel tegangan tinggi Toyota Corolla:

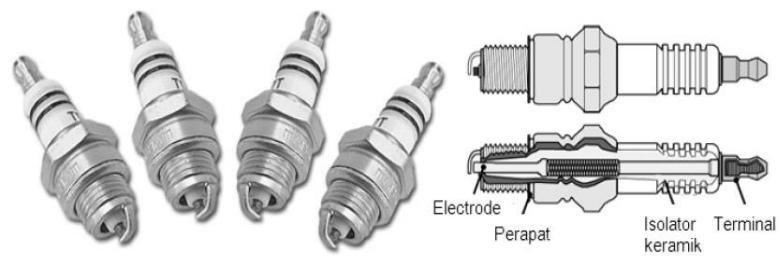


Gambar 19. Kabel tegangan tinggi

j. Busi

Busi merupakan komponen pada sistem pengapian yang berfungsi merubah tegangan tinggi dari koil pengapian menjadi percikan bunga api listrik diantara celah busi. Percikan bunga api listrik yang dihasilkan digunakan untuk memulai proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar (Sudarwanto, 2011: 30).

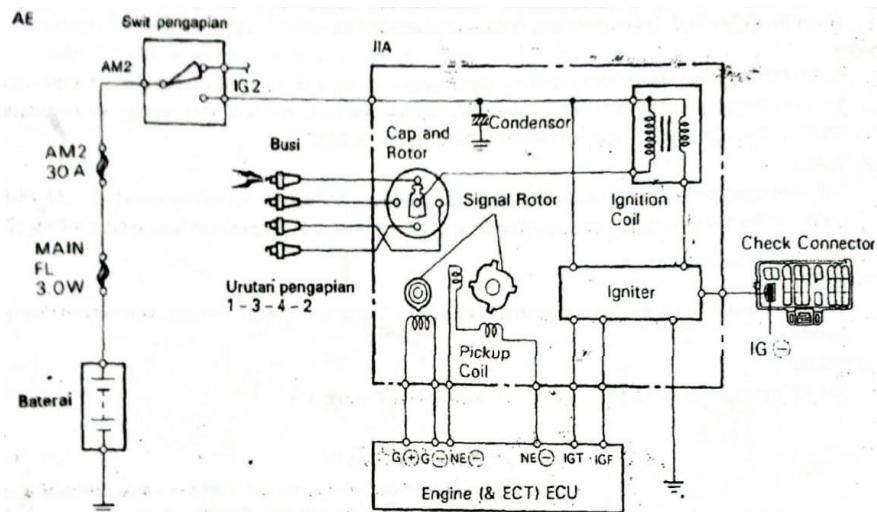
Busi terdiri dari tiga komponen utama yaitu elektroda, insulator dan *shell*. Elektroda terdiri dari elektroda tengah dan elektroda massa. Pada bagian ini dibentuk celah busi yang berfungsi untuk meloncatkan tegangan tinggi dari elektroda tengah ke elektroda negatif busi. Elektroda terbuat dari nikel atau paduan platinum yang memiliki sifat tahan panas dan tahan karat. Insulator adalah komponen yang membungkus elektroda tengah busi yang terbuat dari bahan keramik. Insulator berfungsi sebagai insulator untuk menghindari terjadinya kebocoran tegangan pada elektroda positif atau elektroda tengah busi. *Shell* merupakan komponen logam yang mengelilingi insulator dimana elektroda negatif busi terpasang. Pada bagian ini dibuat ulir supaya busi bisa dipasangkan pada kepala silinder. Insulator berfungsi untuk menghindari terjadinya kebocoran tegangan pada elektroda tengah atau inti busi. Karena itu, insulator harus mempunyai daya isolasi yang cukup baik terhadap listrik, tahan panas, kuat dan stabil. Insulator ini terbuat dari keramic yang mempunyai daya sekat yang baik serta mempunyai penyangga (Sudarwanto, 2011: 30). Berikut ini adalah konstruksi busi:



Gambar 20. Konstruksi busi
(Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2009: 325)

3. Cara Kerja Sistem Pengapian ESA Toyota 4A-FE

Dalam sistem ESA ini ada beberapa komponen yang mendukung terjadinya penyalaan api. Komponen tersebut di antaranya baterai, *fuse*, switch pengapian, kondensor, *ignition coil*, *igniter*, *signal rotor*, *pick up coil*, *cap rotor*, *ECU*, *check* konektor, kabel tegangan tinggi, busi, massa. Jadi semua komponen tersebut harus dalam kondisi normal agar terjadi penyalaan bunga api sesuai *firing order* (saat pengapian). Berikut rangkaian sistem pengapian Toyota Corolla 4A-FE:



Gambar 21. Rangkaian sistem pengapian Toyota Corolla 4A-FE
(Toyota Astra Motor, 1996: API-2)

Cara Kerja Sistem Pengapian ESA

Arus dari baterai melewati kunci kontak kemudian menuju koil pengapian dan *igniter*, tetapi arus berhenti di *igniter* karena belum mendapat sinyal IGT. Ketika mesin berputar karena motor stater berputar, maka *pick up coil* menghasilkan arus pada NE+ dan G+ yang diteruskan ke ECU. Arus ini sebagai pemberi sinyal ke ECU bahwa mesin berputar.

Kemudian ECU akan mengeluarkan arus pada terminal IGT, bila sinyal IGT masuk ke *igniter*, sinyal tersebut menyebabkan *power transistor* menjadi ON sehingga arus dari baterai mengalir ke kumparan primer koil kemudian ke massa yang mengakibatkan timbul kemagnetan pada koil.

Bila tegangan IGT menjadi 0V, transistor dalam *igniter* menjadi off sehingga arus primer terputus yang menyebabkan medan magnet pada koil hilang dengan cepat. Akibatnya, pada kumparan sekunder timbul tegangan tinggi yang kemudian di salurkan ke busi.

E. Diagnosis dan Prosedur Pemeriksaan Sistem Pengapian ESA

Pada *Engine Stand* Toyota Corolla 4A-FE terjadi kerusakan pada sistem pengapiannya yaitu tidak ada percikan bunga api pada busi, sehingga mesin tidak bisa hidup karena tidak ada proses pembakaran di ruang bakar.

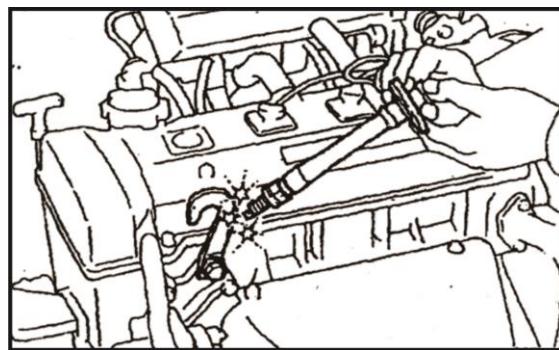
1. Diagnosis

Penyebab kerusakan sistem pengapian kemungkinan terjadi pada: kerusakan busi, kabel tegangan tinggi, koil pengapian, *power suplai*, *igniter*, konektor distributor IIA, sinyal generator, celah udara distributor dan ECU.

2. Prosedur Pemeriksaan

- a. Mengetes loncatan bunga api pada busi
 - 1) Melepas kabel tegangan tinggi dari busi
 - 2) Melepas busi, melepas socket injektor

- 3) Memasang busi pada masing- masing kabel tegangan tinggi
- 4) Menempelkan busi pada massa
- 5) Periksa apakah timbul loncatan bunga api pada saat mesin di start

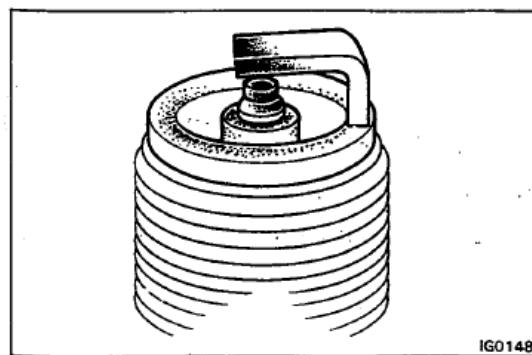


Gambar 22. Pemeriksaan bunga api
(Toyota Astra Motor, 1996: API-6)

b. Memeriksa busi

- 1) Memeriksa busi dengan penglihatan / Visual

Memeriksa keausan elektroda busi, kerusakan ulir dan insulator.

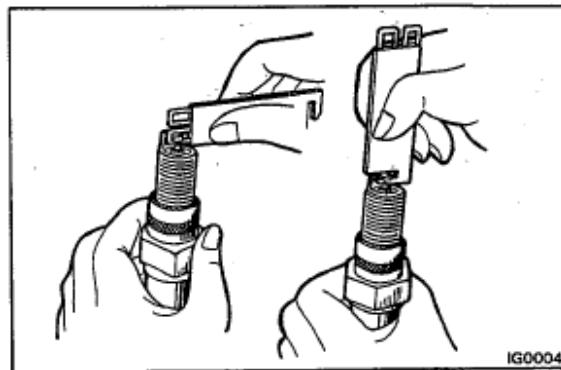


Gambar 23. Pemeriksaan busi visual
(Toyota Astra Motor, 1996: API-9)

2) Menyetel celah elektroda busi

Menyetel celah elektroda dengan cara membengkokkan dengan hati hati elektroda bagian luar untuk mendapatkan celah yang benar

- **Celah elektroda busi = 1.1 mm**



Gambar 24. Menyetel celah elektroda
(Toyota Astra Motor, 1996: API-9)

- 3) Mengecek percikan bunga api pada busi menggunakan *sparktester*
- c. Memeriksa hubungan konektor IIA

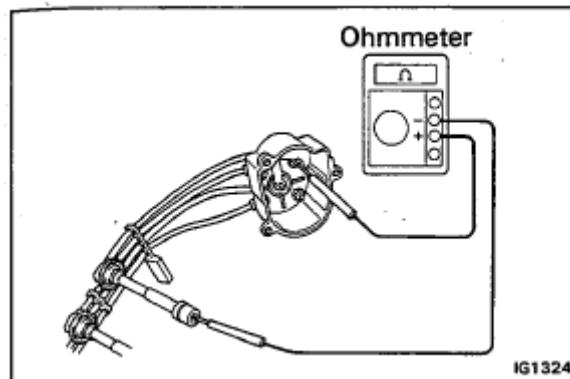
Memeriksa hubungan konektor distributor IIA apakah terhubung dengan sempurna atau tidak, hubungkan konektor distributor IIA jika tidak terhubung dengan sempurna.

- d. Memeriksa tahanan kabel tegangan tinggi

Memeriksa tahanan kabel tegangan tinggi menggunakan ohmmeter

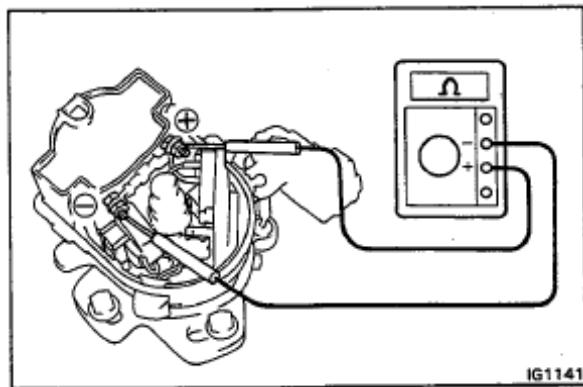
- **Tahanan maksimum = 25k ohm setiap kabel**

Jika tahanan lebih besar dari maksimum, ganti kabel tegangan tinggi



Gambar 25. Memeriksa tahanan kabel tegangan tinggi
(Toyota Astra Motor, 1996: API-7)

- e. Memeriksa *power* suplai ke koil pengapian
- 1) Memutar kunci kontak pada posisi ON
 - 2) Memeriksa tegangan baterai pada terminal (+) koil pengapian
 - 3) Jika tidak ada tegangan pada terminal (+) koil pengapian, periksa *wiring* antara kunci kontak dengan koil pengapian
- f. Memeriksa tahanan koil pengapian
- 1) Memeriksa tahanan koil primer
- Menggunakan ohmmeter, ukur tahanan antara terminal positif (+) dan negatif (-)
- **Tahanan koil primer (dingin) = 1.11 - 1.75 ohm**
 - **Tahanan koil primer (panas) = 1.41 - 2.05 ohm**
- Jika tahanan koil primer tidak sesuai spesifikasi maka koil pengapian harus diganti

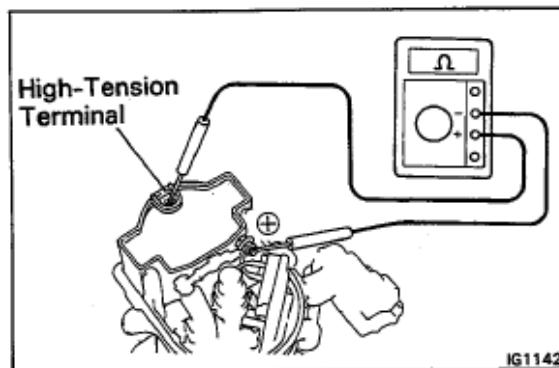


Gambar 26. Memeriksa tahanan koil primer
(Toyota Astra Motor, 1996: API-10)

- 2) Memeriksa tahanan koil sekunder
- Menggunakan ohmmeter, ukur tahanan antara terminal tegangan tinggi dan positif (+)

- **Tahanan koil sekunder (dingin) = 9.0 – 15.7 k ohm**
- **Tahanan koil sekunder (panas) = 11.4 – 18.4 k ohm**

Jika tahanan koil sekunder tidak sesuai spesifikasi maka koil pengapian harus diganti



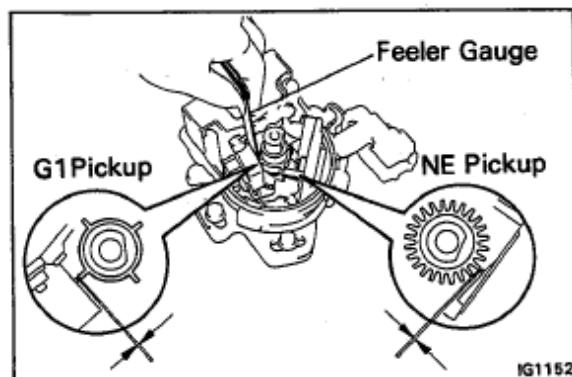
Gambar 27. Memeriksa tahanan koil sekunder
(Toyota Astra Motor, 1996: API-10)

g. Memeriksa celah udara distributor

Menggunakan *feeler gauge*, ukur celah udara antara rotor sinyal dan projeksi *coil pick up*

- **Celah udara = 0.2 – 0.4 mm**

Jika celah udara tidak sesuai spesifikasi, ganti rumah *distributor assy*



Gambar 28. Memeriksa celah udara distributor
(Toyota Astra Motor, 1996: API-10)

h. Memeriksa tahanan sinyal generator (*coil pick up*)

Menggunakan ohmmeter, ukur tahanan antara terminal terminal.

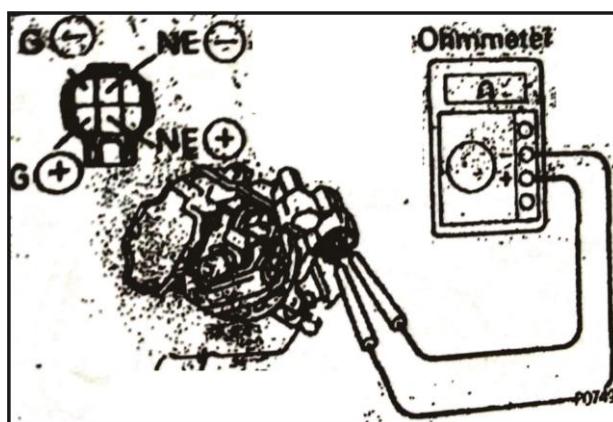
1) Tahanan *coil pick up* (dingin)

- **G (+) dan G (-)** = **185 – 275 ohm**
- **NE (+) dan NE (-)** = **370 – 550 ohm**

2) Tahanan *coil pick up* (panas)

- **G (+) dan G (-)** = **240 – 325 ohm**
- **NE (+) dan NE (-)** = **475 – 650 ohm**

Jika tahanan tidak sesuai spesifikasi ganti rumah *distributor assy*



Gambar 29. Memeriksa tahanan generator sinyal
(Toyota Astra Motor, 1996: API-11)

i. Memeriksa IGT *signal engine*

j. Memeriksa dengan *igniter* lain

Jika semua cara diatas sudah dilakukan dan masih mengalami kerusakan tidak ada percikan bunga api pada busi, maka coba dengan *igniter* yang lain.

F. Prosedur Pengujian Sistem Pengapian

a. Menguji percikan bunga api

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengapian apakah telah bekerja atau belum. Langkah-langkah menguji percikan bunga api :

- 1) Melepas kabel tegangan tinggi dari busi
- 2) Melepas busi, melepas socket injektor
- 3) Memasang busi pada kabel tegangan tinggi
- 4) Menempelkan busi pada massa
- 5) Menstarter mesin dan periksa apakah timbul loncatan bunga api pada busi

b. Menguji kinerja mesin

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui mesin sudah bekerja dengan optimal atau belum.

- 1) Menguji *starting* mesin
- 2) Menguji putaran *idle* mesin
- 3) Menguji akselerasi mesin
- 4) Menguji putaran rendah, sedang, tinggi pada mesin

c. Menguji *timing* pengapian

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa *timing* pengapian sudah sesuai spesifikasi pada buku manual. Langkah-langkah menguji *timing* pengapian sebagai berikut:

- 1) Menggunakan SST kabel *jumper*, hubungkan terminal TE1 dan E1 pada konektor cek

- 2) Menggunakan *timing light*, periksa saat pengapian
 - Saat pengapian : 10 sebelum TMA pada saat idle
 - 3) Jika *timing* pengapian belum sesuai spesifikasi maka,
 - 4) Mengendorkan dua baut pengikat distributor, dan setel waktu pengapian dengan cara memutar distributor
 - 5) Melepas SST kabel *jumper* dari konektor cek
- d. Menguji gelombang listrik pada G dan NE *signal*
- Pengujian gelombang listrik pada G dan NE *signal* menggunakan osiloskop. Hasil dari pengujian kemudian dicocokan dengan spesifikasi yang ada pada *Technical Manual* Toyota Corolla seri 4A-FE. Langkah-langkah menguji gelombang listrik pada G dan NE *signal*:
- 1) Menghidupkan mesin
 - 2) Menghidupkan osiloskop
 - 3) Menghubungkan CH1 probe osiloskop dengan output G *signal*
 - 4) Menghubungkan CH2 probe osiloskop dengan output NE *signal*
 - 5) Menyetel *tester range* 5V/DIV, 20msec/DIV
 - 6) Mengamati dan membaca frekuensi pada osiloskop
- e. Menguji gelombang listrik pada terminal IGT dan IGF

Pengujian gelombang listrik pada terminal IGT dan IGF menggunakan osiloskop. Hasil dari pengujian kemudian dicocokan dengan spesifikasi yang ada pada *Technical Manual* Toyota Corolla seri 4A-FE. Langkah-langkah menguji gelombang listrik pada terminal IGT dan IGF:

- 1) Menghidupkan mesin
- 2) Menghidupkan osiloskop
- 3) Menghubungkan CH1 probe osiloskop dengan kabel terminal IGT
- 4) Menghubungkan CH2 probe osiloskop dengan kabel terminal IGF
- 5) Menyetel *tester range* 2V/DIV, 20msec/DIV
- 6) Mengamati dan membaca frekuensi pada osiloskop