

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Dalam melakukan rekondisi *engine stand* dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap yang pertama melakukan identifikasi terhadap masalah yang terjadi pada *engine stand* Toyota Vios Seri 2NZ-FE tinjauan sistem pengapian DLI. Dari hasil identifikasi masalah yang diperoleh, maka untuk memecahkan berbagai masalah yang terjadi pada proses rekondisi maka diperlukan adanya pengetahuan tentang komponen maupun fungsinya dalam sistem tersebut. Pengetahuan tentang konsep-konsep dasar yang ada pada sistem pengapian khususnya pada tipe pengapian DLI (*distributorles ignition system*), yang akan sangat membantu dalam melakukan rekondisi *engine stand* Toyota Vios Seri 2NZ-FE. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan dibawah ini:

A. Sistem Pengapian

1. Pengertian Sistem Pengapian

Menurut Daryanto (2002), 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 ini terdiri dari seperangkat alat yang berguna untuk membakar campuran bahan bakar yang dikompresikan di dalam ruang

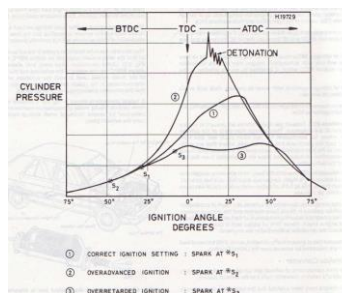
pembakaran dengan menggunakan loncatan bunga api, dimana loncatan bunga api tersebut dihasilkan dari tegangan tinggi (untuk mesin bensin). Menurut Toyota Astra Motor (1995) sistem pengapian yang baik harus memenuhi beberapa syarat, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Bunga Api yang Kuat

Bunga api yang kuat akan diperoleh ketika sistem pengapian dapat menghasilkan tegangan yang cukup tinggi. Udara memiliki tahanan listrik, tahanan ini akan naik ketika udara tersebut di kompresikan. Dengan kata lain peningkatan nilai tahanan udara berbanding lurus dengan peningkatan tekanan udara. Dengan alasan ini, maka tegangan yang diberikan kepada busi harus cukup tinggi, sehingga listrik dapat melompat menciptakan bunga api yang kuat di antara elektroda busi.

b. Saat Pengapian yang Tepat

Untuk memperoleh *output* daya yang maksimal dari mesin, tekanan optimal dari hasil pembakaran harus berada pada waktu yang tepat yaitu kurang lebih 10 derajat setelah piston melewati titik mati atas. Hal ini sangat dipengaruhi oleh saat pengapian yang tepat pula sebagaimana dapat di lihat dari gambar berikut.



Gambar 1. *Effects Of Ignition Angle (Tony Tranter, 1990)*

Timing pengapian juga harus di sesuaikan dengan perubahan putaran mesin, mengingat waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran (Δt) selalu sama namun waktu yang di butuhkan untuk menyelesaikan satu siklus selalu bervariasi di setiap perubahan putaran mesin. Oleh karena itu sistem pengapian harus dilengkapi dengan beberapa alat tambahan sehingga timing pengapian dapat menyesuaikan putaran dan beban mesin.

c. Ketahanan yang Cukup

Sistem pengapian adalah salah satu bagian yang vital di dalam mesin, tanpa adanya sistem pengapian mesin tidak akan dapat bekerja. Oleh karena itu sistem pengapian harus cukup tahan terhadap guncangan atau getaran mesin, suhu yang di bangkitkan oleh mesin dan bahkan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh sistem pengapian itu sendiri.

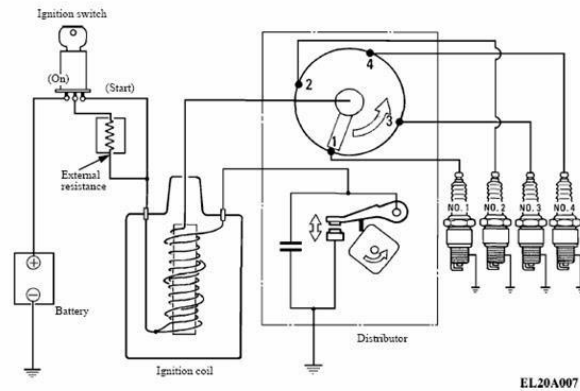
B. Jenis-Jenis Sistem Pengapian

Menurut Wardan Suyanto (1989), sistem pengapian terdiri dari beberapa jenis, diantaranya adalah jenis sistem pengapian yang menggunakan kontak platina yang biasa disebut dengan sistem penyalaan konvensional, ada yang menggunakan sistem penyalaan elektronik dan ada yang menggunakan sistem pengapian yang tidak menggunakan distributor yang biasa disebut dengan "*Distributorless Ignition System*". Dari ketiga jenis sistem pengapian tersebut sebenarnya tugasnya sama hanya saja cara pengaturan arusnya berbeda, akan tetapi untuk menghasilkan tegangan yang tinggi yang nantinya dapat

menimbulkan loncatan bunga api pada busi tetap menggunakan alat yang sama yaitu coil.

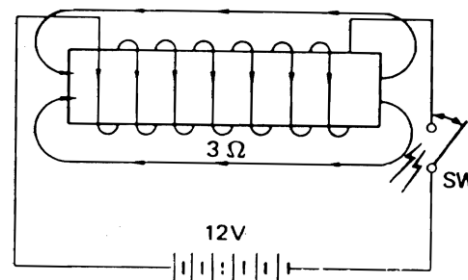
1. Sistem pengapian konvensional

Sistem pengapian konvensional merupakan sistem pengapian yang *timing* atau waktu penyalaannya diatur oleh alat yang disebut platina. Sistem ini menggunakan baterai sebagai sumber arus. Ciri khusus pengapian platina ini adalah proses pemutusan arus primer dilakukan secara mekanik, yaitu dengan proses membuka dan menutupnya kontak pemutus, oleh karena itu sistem pengapian ini juga disebut Pengapian Tipe Kontak Pemutus (*Breaker Point*). Pada sistem pengapian konvensional penyetelan berkala harus dilakukan karena pada saat mesin bekerja terjadi gesekan pada bagian platina dan loncatan bunga api pada platina. Hal tersebut dapat membuat aus pada platina sehingga kerenggangan platina dapat berubah. Akibat dari ausnya platina dapat berpengaruh terhadap tegangan tinggi pada busi yang seharusnya tegangan tinggi busi 10.000-30.000 volt, tidak dapat terpenuhi. Hal ini berdampak busi hanya meloncatkan arus listrik diantara elektroda tengah dengan elektroda massa berupa arus listrik yang kecil. Akibat dari busi hanya meloncatkan arus yang kecil bahan bakar di dalam ruang bakar tidak akan bisa terbakar semua.



Gambar 2. Wiring diagram sistem pengapian konvensional (Buntarto, 2015)

Cara kerja sistem pengapian ini untuk mendapatkan tegangan tinggi adalah memanfaatkan sifat *self induction effect*. Ketika sebuah kumparan dialiri arus listrik maka akan timbul garis gaya magnet. Bila arus listrik yang mengalir dalam sebuah kumparan tersebut diputus secara tiba-tiba, maka akan membangkitkan EMF (*Electro-Motive Force*) dalam kumparan dimana arus cenderung mengalir melawan perubahan garis gaya magnet pada kumparan. Inilah yang di sebut dengan *self induction effect* (Daihatsu Training Manual Intermediate 2: 2006).

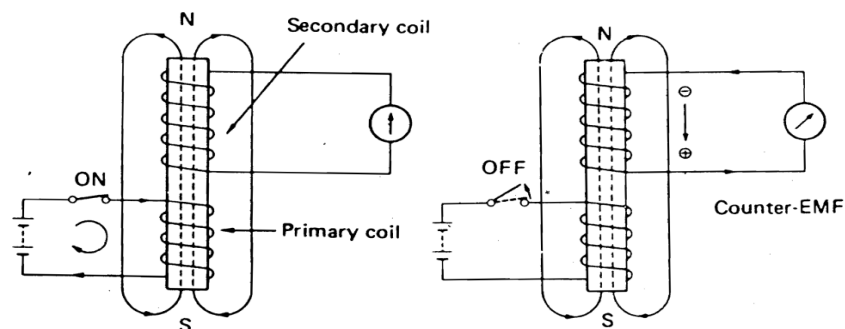


Gambar 3. *Self Induction Effect* (Toyota Step 2: Tt)

Selanjutnya sifat ini diterapkan pada dua kumparan yang disusun dalam satu garis yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder dimana jumlah

lilitan kumparan sekunder dibuat lebih banyak di bandingkan lilitan kumparan primer. Perbedaan jumlah lilitan antara kumparan primer dan kumparan sekunder ini bertujuan untuk memperbesar arus *output* yang dihasilkan yang mana teori ini diambil dari prinsip kerja trafo *step up*. Trafo *step up* dalam sistem pengapian sering di sebut dengan *ignition coil*.

Saat kumparan primer dialiri arus listrik dan kemudian diputus secara tiba-tiba, maka EMF akan bangkit pada kumparan sekunder dengan arah melawan perubahan garis gaya magnet pada kumparan primer. Ini disebut dengan *mutual induction effect* (Daihatsu Training Manual Intermediate 2: 2006).



Gambar 4. *Mutual Induction Effect* (Toyota Step 2: tt)

Dalam gambar diatas, bila arus tetap mengalir pada kumparan primer, maka tidak akan terjadi perubahan garis gaya magnet. Dengan tidak terciptanya perubahan garis gaya magnet maka tidak ada EMF yang bangkit pada kumparan sekunder. Untuk dapat menghubungkan dan memutus arus listrik yang mengalir ke kumparan primer, maka dibutuhkan *switch* atau kontak pemutus.

2. Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian elektronik mempunyai efisiensi yang lebih besar bila dibandingkan dengan pengapian konvensional, sistem pengapian ini menggunakan komponen elektronik seperti transistor, diode, resistor dan kapasitor untuk memperbesar efisiensi sistem penyalan. Bila pada sistem pengapian konvensional pemutusan arus primer koil dilakukan secara mekanis dengan membuka dan menutup kontak pemutus, maka pada sistem pengapian elektronik pemutusan arus primer koil dilakukan secara elektronik.

Pada dasarnya sistem penyalan elektronik adalah sistem penyalan yang saat induksi tegangan tingginya diatur dengan bantuan alat elektronik. Sebenarnya pada awal perkembangannya sistem penyalan elektronik ada yang masih menggunakan pemutus arus mekanis, akan tetapi dibantu dengan transistor sehingga umur pemutus arus menjadi lebih lama dari pada penyalan konvensional. Berikut contoh dari pengapian elektronik : (Suyanto, 1989).

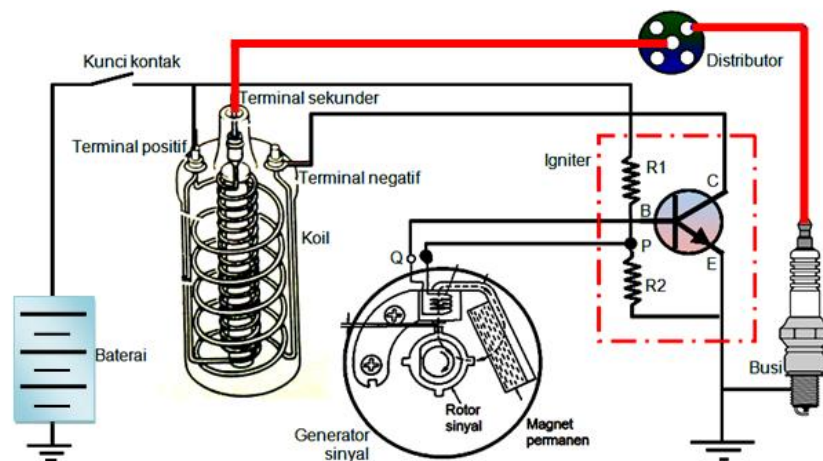
a. Sistem Pengapian Transistor

Menurut Daihatsu Training Manual 2, pengapian transistor dikembangkan untuk menghapus perlunya pemeliharaan yang pada akhirnya mengurangi biaya pemakaian bagi pemakai. Sistem pengapian ini mengaplikasikan transistor, signal generator dipasang didalam distributor untuk menggantikan *breaker point* dan *cam*. Signal generator akan membangkitkan tegangan untuk mengaktifkan transistor

pada *igniter* sebagai pemutus atau pengontrol arus primer coil. Pada pengapian transistor memiliki beberapa tipe sebagai berikut:

1) Tipe Induktif

Sistem pengapian dengan pembangkit pulsa model induktif terdiri dari penghasil pulsa model induksi, *igniter*, koil, distributor dan komponen kelengkapan lainnya. Sistem pembangkit pulsa model induktif ini sendiri memiliki beberapa komponen, diantaranya kumparan pembangkit pulsa (*pick-up coil*), magnet permanen dan rotor pengarah medan magnet. Agar lebih mudah dimengerti, rangkaian sistem pengapian model ini dapat dilihat pada skema sederhana di bawah ini.

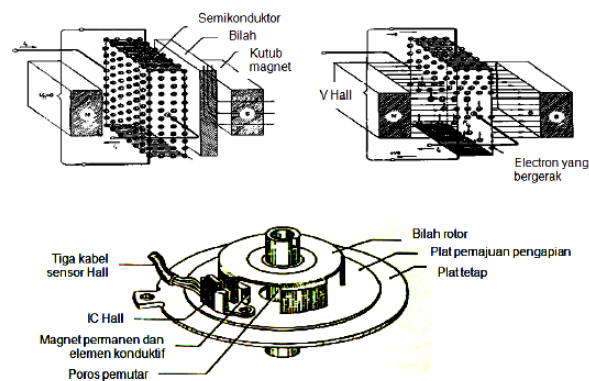


Gambar 5. Pengapian Transistor Dengan Sensor Induktif (Daihatsu Training Manual 2)

Di dalam *igniter* sebenarnya tidak sesederhana seperti rangkaian di atas, karena di dalam *igniter* tersebut sebenarnya terdapat beberapa bagian, yaitu penstabil tegangan (*voltage stabilizer*),

pembentuk pulsa (*pulse shaper*), pengatur sudut *dwell* (*dwell angle control*), penguat pulsa (*amplifier*) dan transistor power.

2) Tipe Hall Effect



Gambar 6. Generator Tipe Hall (Anonim: 2009)

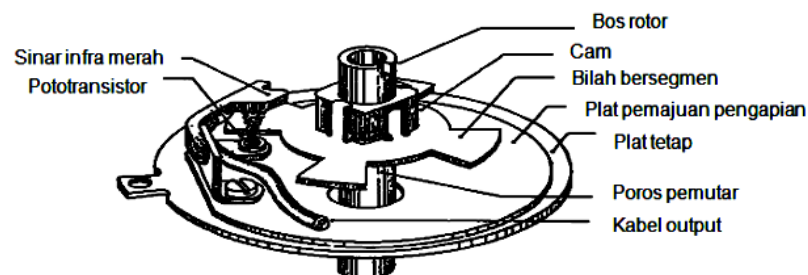
Pada tipe ini sinyal generator dihasilkan dengan memanfaatkan *hall effect* yang terjadi seperti gambar di atas. Cara kerja dari generator tipe *hall* ini adalah apabila semi konduktor dialiri arus listrik maka akan pada arah tegak lurus terhadap aliran arus itu akan timbul tegangan yang di sebut dengan tegangan *hall*. Sebaliknya ketika terhalang oleh bilah rotor maka arus tidak mengalir ke semikonduktor, sehingga tegangan *output* juga ikut hilang. Selanjutnya ketika bilah rotor berputar maka akan tercipta sinyal tegangan yang dimanfaatkan untuk mentrigger transistor power (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan: 2009).

Pembangkit pulsa model *Hall Effect* mempunyai tiga buah kabel atau terminal. Satu kabel merupakan sumber arus untuk dialirkan ke bahan semikonduktor yang terdapat di dalam sistem *hall*, satu kabel *ground*, dan satu kabel adalah *output* tegangan.

Bagian lainnya dari sistem ini adalah rotor yang berbentuk bilah dan magnet permanen.

3) Tipe Iluminasi/Cahaya

Pada tipe iluminasi ini cahaya dimanfaatkan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan phototransistor. Phototransistor sendiri adalah sebuah sensor cahaya yang akan aktif ketika mendeteksi cahaya dengan intensitas tertentu. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini, sebuah phototransistor ditempatkan saling berhadapan dengan sebuah diode yang menghasilkan sinar inframerah, kemudian diantara phototransistor dengan sinar inframerah terdapat sebuah rotor atau bilah bersegmen yang berputar.



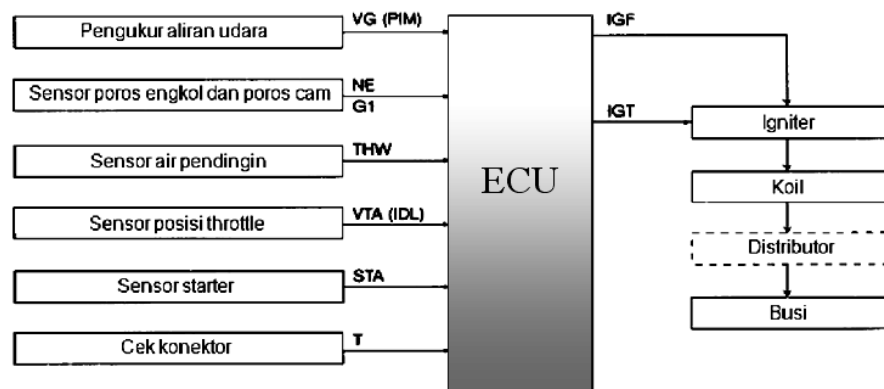
Gambar 7. Sensor Tipe Iluminasi (Anonim: 2009)

Cara kerja sensor tipe iluminasi ini adalah ketika poros dengan bilah bersegmen tersebut berputar, maka akan ada saat dimana bilah-bilah tersebut menghalangi sinar inframerah ke phototransistor dan saat membuka atau sinar inframerah dapat sampai ke phototransistor. Saat sinar inframerah tidak terhalang bilah, maka phototransistor akan on dan arus akan dialirkan ke primer koil, celah pada bilah

segmen ini seharga sudut *dwell*. Sedangkan saat sinar terhalang oleh bilah, hal yang terjadi adalah arus ke primer koil akan di putus secara tiba-tiba yang akan mengakibatkan induksi pada kumparan sekunder koil sehingga tercipta tegangan tinggi.

3. Sistem Pengapian Terkontrol Komputer

Sistem pengapian terkontrol komputer adalah sistem yang digunakan pada mesin dengan sistem bahan bakar injeksi . Pada sistem ini pengaturan pengapian dilakukan oleh komputer atau sering di sebut *electronic control unit* yang juga sebagai pengatur suplai bahan bakar. Pemajuan dan pemunduran pengapian akan di tentukan oleh komputer berdasarkan kondisi mesin yang diketahui melalui berbagai macam sensor dan dari memori internalnya yang menyimpan waktu pengapian paling optimal di berbagai variasai putaran mesin.

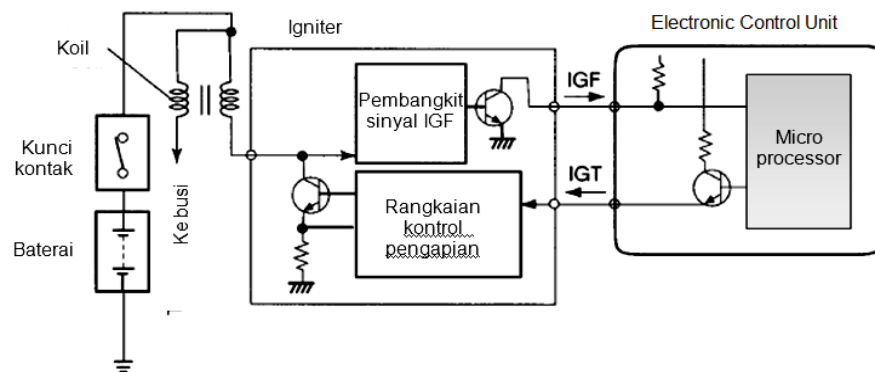


Gambar 8. Diagram Pengapian Terkontrol Komputer (Anonim: 2009)

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa ECU memperoleh masukan dari beberapa sensor dan output ECU adalah menuju *igniter*. Untuk menentukan waktu pengapian ECU akan mengolah data yang di peroleh

dari sensor-sensor yang ada dan juga dari data di memori internalnya. Setelah menentukan waktu pengapian, ECU akan memerintah kepada *igniter* untuk melakukan pengapian. Bila sinyal itu pada posisi off, maka igniter akan memutus arus pada kumparan primer koil sehingga terjadi induksi di kumparan sekunder dan tercipta tegangan tinggi yang disalurkan ke busi. Sistem pengapian terkontrol komputer ini terbagi dalam beberapa kategori dasar, yaitu: sistem pengapian dengan distributor (*electronic spark advancer*), sistem pengapian tanpa distributor, dan sistem pengapian langsung.

Sebenarnya sistem pengapian terkontrol komputer ini hampir sama dengan sistem pengapian model transistor, perbedaan dari sistem pengapian model ini adalah arus yang masuk ke *igniter* di kontrol oleh komputer, sedangkan pada pengapian transistor *igniter* menerima sinyal langsung dari sensor.



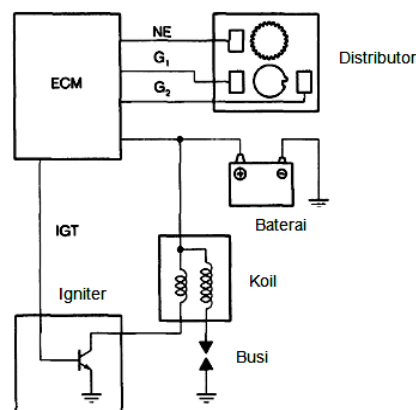
Gambar 9. Bagian-Bagian Dalam *Igniter* (Anonim: 2010)

Igniter adalah sebuah komponen yang menerima perintah langsung dari ECU melalui sinyal IGT. Fungsi utama dari *igniter* adalah mengendalikan arus yang mengalir ke kumparan primer koil yang di

kendalikan dengan sebuah transistor pada rangkaian utamanya. Sinyal IGT yang di kirim oleh ECU akan diteruskan ke *gate* pada terminal transistor sehingga arus dari baterai dapat mengalir ke primer koil melalui transistor dan massa.

Selain fungsi utama tersebut, *igniter* sebenarnya memiliki beberapa fungsi lain, diantaranya adalah: sebagai unit pembangkit konfirmasi pengapian (IGF), *dwell angle control* yang mengatur lamanya power transistor on atau lamanya arus primer mengalir, *lock prevention circuit* yaitu rangkaian yang berfungsi mematikan transistor jika arus mengalir ke kulparan primer koil dalam waktu yang lama, *voltage prevention circuit* yaitu rangkaian yang berfungsi untuk mematikan transistor jika tegangan *power supply* terlalu tinggi, *current limiting control* yaitu rangkaian yang menjamin arus primer yang konstan setiap saat baik putaran rendah maupun tinggi sehingga tegangan sekunder selalu tinggi, dan yang terakhir adalah *tachometer signal*. Berikut beberapa kategori dasar dari sistem pengapian terkontrol komputer:

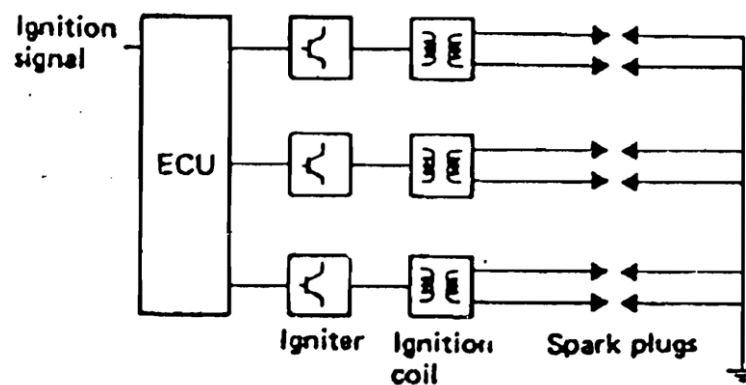
a. *Electronic Spark Advance (ESA) Dengan Distributor*



Gambar 10. Pengapian ESA dengan Distributor (Toyota step 2)

Sistem pengapian model ini masih menggunakan distributor untuk membagi tegangan tinggi yang dihasilkan koil ke masing-masing silinder sesuai dengan *firing order* yang telah ditentukan. Di dalam distributor terdapat sensor Ne dan G *signal* yang mengirim sinyal ke ECU, sinyal ini digunakan oleh ECU untuk mendeteksi putaran mesin dan untuk mengetahui posisi silinder yang sedang melakukan langkah kompresi. Dari sinyal tersebut kemudian ECU mengkalkulasi dan memerintah *igniter* untuk melakukan pengapian. Untuk pembagian tegangan tinggi dilakukan seutuhnya oleh distributor.

- b. Sistem Pengapian Tanpa Distributor/*Distributorless Ignition System* (DLI)

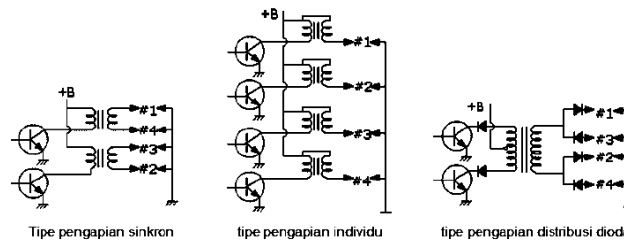


Gambar 11. Skema Pengapian *Distributorless* (Daihatsu Training Manual 2)

Distributorless ignition system adalah sistem pengapian *electronic spark advance* yang sudah tidak lagi menggunakan distributor. Dengan menghilangkan komponen mekanik berupa distributor dari sistem pengapian ini maka akan meningkatkan reliabilitas sistem pengapian. Selain itu juga masih ada keuntungan yang lain, yaitu: penempatan

koil pengapian dapat dibuat sedekat mungkin dengan busi sehingga mengurangi interferensi listrik, lebih banyak waktu untuk koil dalam menghasilkan medan magnet yang cukup dan menghasilkan bunga api yang besar untuk membakar campuran udara bahan bakar di dalam silinder sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya *missfiring*, saat pengapian dapat dikontrol dengan range yang lebih lebar karena tidak ada lagi rotor pada distributor yang dapat menyebabkan salah pengapian ke silinder yang lain.

Berdasarkan kontrol elektriknya DLI dikelompokkan menjadi beberapa tipe, yaitu distribusi koil pengapian (*ignition coil distribution*) dan tipe *distribution diode*. Pada tipe *ignition coil distribution*, tegangan tinggi langsung didistribusikan dari koil pengapian ke busi. Tipe ini terdiri dari dua jenis yaitu tipe pengapian sinkron (*synchronous spark*) dan tipe pengapian individu (*individual spark*). Untuk tipe pengapian individu setiap silinder dilayani oleh satu buah koil pengapian. Sedangkan untuk tipe sinkron, distribusi tegangan tinggi kedua silinder dilayani dengan satu koil saja. Seperti contoh ketika mesin dengan empat silinder yang memiliki FO (*firing order*) 1-3-4-2, silinder 1 dan 4 diberi pengapian dalam waktu yang bersamaan, pada silinder satu terjadi pembakaran karena piston berada pada akhir langkah kompresi sementara silinder empat tidak terjadi pembakaran karena berada pada langkah buang.



Gambar 12. Model Pengapian *Distributorless Ignition System* (Anonim:2009)

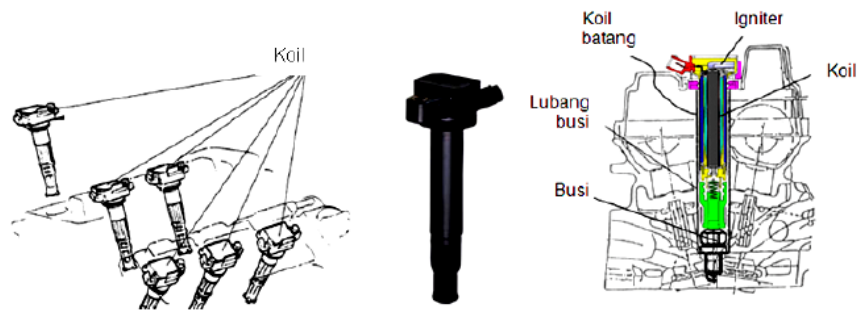
Untuk mengatur waktu pengapian pada sistem DLI, komputer mengambil masukan dari beberapa sensor yang mendeteksi kondisi kerja mesin, kemudian membandingkannya dengan data pengapian yang ada pada memori internal komputer. Dari data-data tersebut kemudian komputer mengkalkulasi waktu pengapian yang tepat dan mengirim sinyal ke *igniter* berupa sinyal arus yang akan mengendalikan power transistor. Ketika power transistor on maka primer koil akan dialiri arus yang menciptakan kemagnetan. Pengapian akan terjadi ketika power transistor off dan kumparan sekunder terinduksi sehingga tercipta tegangan tinggi yang kemudian dialirkan ke busi.

c. Sistem Pengapian Langsung/*Direct Ignition System* (DIS)

Sistem pengapian langsung (DIS) merupakan bentuk penyempurnaan dari sistem pengapian DLI, dimana pada sistem ini koil pengapian terpasang langsung pada busi. Sistem pengapian DIS dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu *independent ignition* dimana setiap silinder dilayani oleh satu koil dan *simultaneous ignition* dimana satu koil melayani dua silinder. Pada model kedua sebuah koil di pasang langsung di busi, kemudian di beri kabel tegangan tinggi

yang terhubung ke busi silinder satunya. Disini kedua silinder melakukan pengapian dalam waktu yang bersamaan.

Untuk tipe *independent ignition* dapat dilihat pada gambar di bawah ini dimana *igniter* dan koil pengapian menjadi satu unit dan terpasang langsung pada busi.



Gambar 13. Koil Pengapian DIS (Anonim: 2012)

C. Engine Toyota Seri 2NZ-FE

Mesin Toyota Vios seri 2NZ-FE adalah mesin 4-cylinder berkapasitas 1500cc dengan konfigurasi *in-line* dan 16-valve DOHC. Pada mesin EFI tipe ini, sistem kontrol injeksinya dilakukan secara elektronik oleh *Elektronik Control Unit* (ECU) yang langsung mendeteksi massa udara masuk dengan sensor air flow meter dan didukung dengan koreksi dari beberapa sensor yang lain seperti oxygen sensor, water temp sensor, dan beberapa sensor pendukung yang lain.

Tabel 1 Spesifikasi Mesin Toyota Vios Seri 2NZ-FE (*Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006*)

Engine Type		2NZ-FE (Unleaded Gasoline Model)	
No. of Cyls.&Arrangement		4-Cylinder, In-line	
Valve Mechanism		16-Valve DOHC, Chain Drive (with VVT-i)	
Combustion Chamber		Pentroof Type	
Manifolds		Cross-Flow	
Fuel System		EFI	
Ignition System		DIS	
Displacement		1497 (91.3)	
Bore ×Stroke mm (in.)		75.0 ×84.7 (2.95 ×3.33)	
Compression Ratio		10.5:1	
Max. Output (SAE-NET)		80 kW @ 6000 rpm	
Max. Torque (SAE-NET)		141 N·m @ 4200rpm	
Valve Timing	Intake	Open	-7° - 33° BTDC
		Close	52° - 12° ATDC
	Exhaust	Open	42° BBDC
		Close	2° ATDC
Firing Order		1 - 3 - 4 - 2	
Fuel		Unleaded Gasoline	
Research Octane Number		91 or higher	
Oil Viscosity/Grade		SAE 5W-30/API SL, SM, EC or ILSAC	
Emission Regulation		EURO IV	
Engine Service Mass* (Reference) kg (lb)		77.8 (171.5)	

Toyota Vios seri 2NZ-FE sudah mengaplikasikan teknologi- teknologi baru seperti:

1. *Electronic Throttle Control System-intelligen* (ETCS-i)

ETCS-i adalah sebuah teknologi yang menghasilkan pengontrolan secara optimal terhadap pembukaan katup *throttle* yang disesuaikan dengan besarnya tekanan yang diterapkan pada pedal akselerasi dan kondisi kerja mesin (*Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006*). ETCS-i juga dapat diartikan sebuah teknologi bukaan katup *throttle* yang mana tidak lagi menggunakan kabel mekanik untuk menggerakkan *throttle*

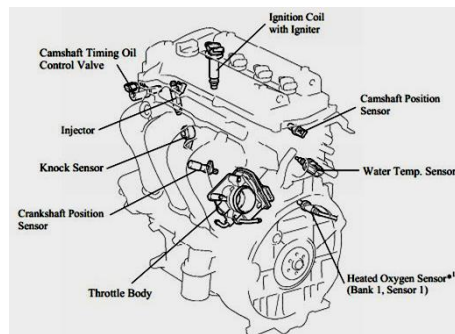
namun dirubah dengan menggunakan motor listrik yang terhubung ke ECM menggunakan kabel listrik.

2. *Variable Valve Timing-intelligent (VVT-i)*

Teknologi VVT-i (*Variable Valve Timing-Intelligent*) merupakan serangkaian peranti untuk mengontrol penggerak *camshaft*. Sistem VVT-i dirancang untuk mengontrol *intake camshaft* pada rentang 40°(sudut *Crankshaft*) untuk memberikan *valve timing* yang paling optimal untuk kondisi mesin. Sehingga mampu memperbaiki torsi disemua tingkat kecepatan, menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang (*Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006*).

3. *Direct Ignition System (DIS)*

Sistem DIS (*Direct Ignition System*) digunakan pada Toyota Vios seri 2NZ-FE. DIS berfungsi untuk memperbaiki ketepatan *ignition timing*, mengurangi kehilangan tegangan tinggi, dan meningkatkan kemampuan sistem pengapian dengan dihilangkannya distributor. DIS adalah sistem pengapian independent dimana satu koil digunakan untuk tiap silinder. Tutup busi yang berhubungan ke busi dijadikan satu dengan *ignition coil*. Juga *igniter*-nya disatukan untuk menyederhanakan sistem (*Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006*).

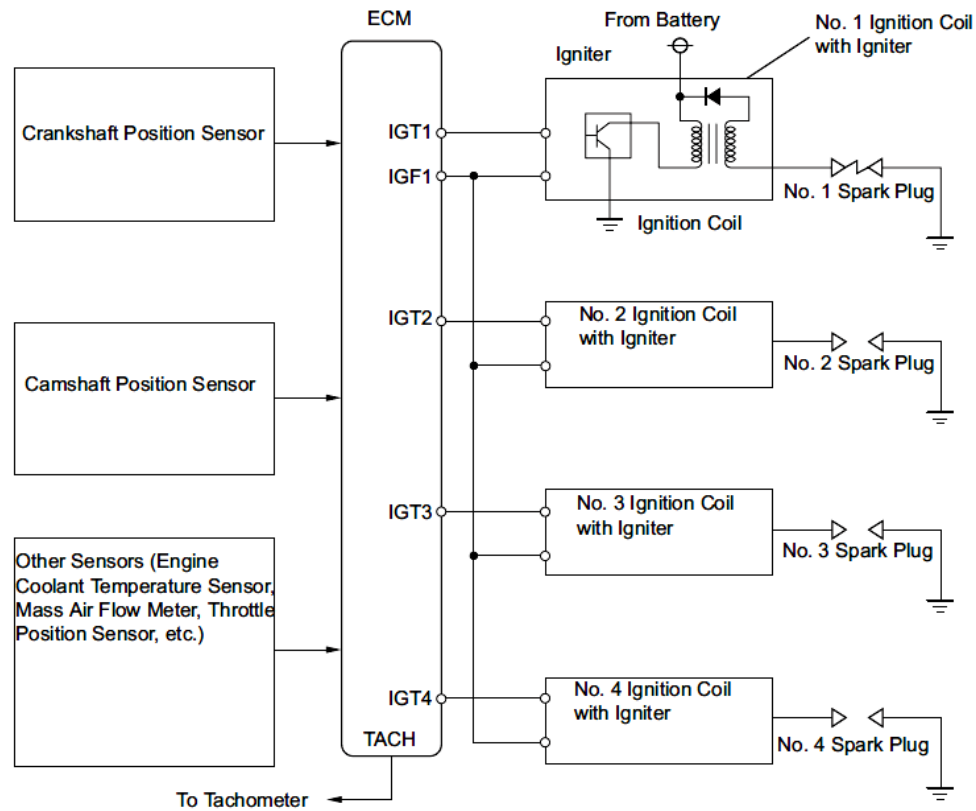


Gambar 14. Kontruksi *Engine Toyota Vios* seri 2NZ-FE (*Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006*)

D. Sistem Pengapian Toyota Vios Seri 2NZ-FE

Toyota Vios seri 2NZ-FE ini telah mengaplikasi sistem pengapian tanpa distributor (*distributorless ignition system*) dengan jenis *direct ignition system* dimana koil pengapian beserta igniter menjadi satu unit dan ditempatkan langsung tanpa perantara kabel tegangan tinggi yang berada tepat di atas *spark plug*. Sistem pengapian ini dikontrol secara elektronik oleh ECU (*electronic control unit*). ECU menerima input dari *crankshaft position sensor* untuk mengetahui putaran mesin dan *camshaft position sensor* dengan tujuan mengetahui proses akhir langkah kompresi yang sedang berlangsung pada masing masing silinder, selain itu juga terdapat beberapa sensor yang memberi informasi kepada ECU tentang kondisi mesin maupun lingkungan sekitar. Sensor sensor pendukung tersebut diantaranya adalah *mass air flow meter*, *engine coolant temperature sensor*, *throttle position sensor*, *knock sensor*, dan lain sebagainya. dengan adanya informasi yang diperoleh dari berbagai macam sensor tersebut ECU akan mengkalkulasi berapa timing pengapian yang tepat dan selanjutnya ECU akan memberi perintah kepada igniter untuk melakukan pengapian. Berikut merupakan diagram sistem pengapian DLI

(*distributorless ignition system*) yang terdapat pada *engine* Toyota Vios seri 2NZ-FE.



Gambar 15. Diagram Sistem Pengapian Distributorless (*Technical Manual 2NZ-FE Engine : 2006*)

1. Komponen *Distributorless Ignition System* Toyota Vios Seri 2NZ-FE

Sistem pengapian DLI pada *engine* Toyota Vios ini memiliki beberapa komponen utama, diantaranya adalah:

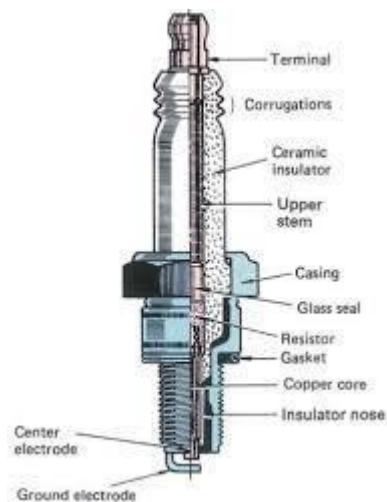
a. Kunci Kontak

Kunci kontak adalah komponen yang berfungsi sebagai *switch* dimana sistem pengapian dapat dikendalikan untuk on atau off dengan mudah.

b. Busi

Busi merupakan komponen pada sistem pengapian yang berfungsi untuk memercikkan bunga api dengan menggunakan tegangan tinggi yang dihasilkan koil yang nantinya digunakan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresikan di dalam silinder. Busi memiliki 2 elektroda, yakni elektroda tengah (positif) dan elektroda samping (negatif).

Setelah arus listrik dibangkitkan oleh ignition coil (koil pengapian) menjadi arus listrik tegangan tinggi, kemudian arus tersebut mengalir menuju distributor, kabel tegangan tinggi dan ke busi, pada busi arus melompat dari elektroda tengah menuju ke elektroda samping (negatif) sehingga menimbulkan loncatan bunga api yang dibutuhkan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar (Suyanto, 1989).



Gambar 16. Busi (Toyota step 1)

Busi terdiri dari tiga komponen utama, yaitu elektroda, insulator dan casing. Bahan untuk membuat elektroda harus kuat, tahan panas

dan tahan karat sehingga materialnya terbuat dari nickel atau paduan platinum. Dalam hal tertentu, karena pertimbangan radiasi panas, elektroda tengah bisa terbuat dari tembaga. Diameter elektroda tengah umumnya adalah 2,5 mm. Untuk mencegah terjadinya percikan api yang kecil dan untuk meningkatkan unjuk kerja pengapian, beberapa elektroda tengah mempunyai diameter kurang dari 1 mm atau pada elektroda massanya berbentuk alur U.

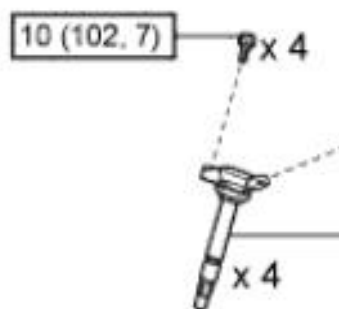
Insulator berfungsi untuk menghindari terjadinya kebocoran tegangan pada elektroda tengah atau inti busi, sehingga bagian ini mempunyai peranan yang penting dalam menentukan unjuk kerja pengapian. Karena itu, insulator mempunyai daya isolasi yang cukup baik terhadap listrik, tahan panas, kuat dan stabil. Insulator ini terbuat dari keramik yang mempunyai daya sekat yang baik serta mempunyai penyangga untuk mencegah terjadinya loncatan api dari tegangan tinggi.

Casing berfungsi untuk menyangga insulator keramik dan juga sebagai mounting busi terhadap mesin. *Shell* adalah komponen logam yang mengelilingi insulator dan sekrup untuk bisa dipasang pada kepala silinder. Elektroda pada massa disolder dibagian ujung ulir busi. Sesuai dengan diameter sekrupnya, terdapat 4 macam ulir 10 mm, 12 mm, 14 mm dan 18 mm. Panjang (jangkauan) ulir ditentukan oleh diameternya. Untuk panjang sekrup 14 mm, terdapat 3 jenis panjang ulir, yaitu 9,5 mm, 12,7 mm dan 19 mm. Celah antara insulator

dan inti kawat atau *shell* diberi perapat khusus yaitu *glass seal* (Toyota step 1).

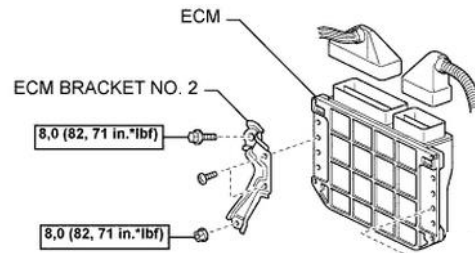
c. Unit Igniter Beserta Koil Pengapian

Igniter berfungsi memicu koil pengapian sehingga menghasilkan tegangan tinggi. selain itu igniter juga memiliki beberapa fungsi yang diantaranya adalah sebagai unit pembangkit konfirmasi pengapian (IGF), *dwell angle control* yang mengatur lamanya power transistor on atau lamanya arus primer mengalir, *lock prevention circuit* yaitu rangkaian yang berfungsi mematikan transistor jika arus mengalir ke kulparan primer koil dalam waktu yang lama, *voltage prevention circuit* yaitu rangkaian yang berfungsi untuk mematikan transistor jika tegangan *power supply* terlalu tinggi, *current limiting control* yaitu rangkaian yang menjamin arus primer yang konstan setiap saat baik putaran rendah maupun tinggi sehingga tegangan sekunder selalu tinggi, dan yang terakhir adalah *tacho meter signal*.



Gambar 17. Unit Koil Pengapian Beserta Igniter (Toyota *Global Service Information Center*: 2010)

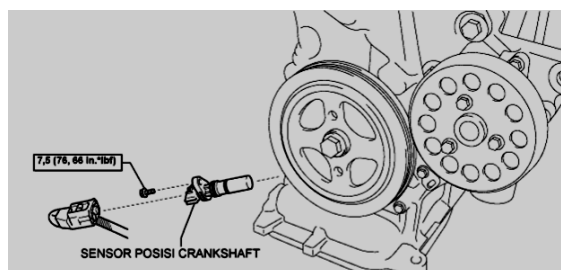
d. ECU (*electronic control unit*)



Gambar 18 *Electronic Control Unit* (Toyota Global Service Information Center: 2010)

ECU (*electronic control unit*) berfungsi untuk mengkalkulasi timing pengapian yang tepat dengan mengolah data yang diberikan oleh berbagai unit sensor dalam mesin. ECU memiliki memori internal yang menyimpan *initial timing* yang kemudian akan ditambah dengan *advance timing* dan koreksi dari sensor-sensor sesuai dengan kondisi kerja mesin.

e. *Crankshaft Position Sensor*



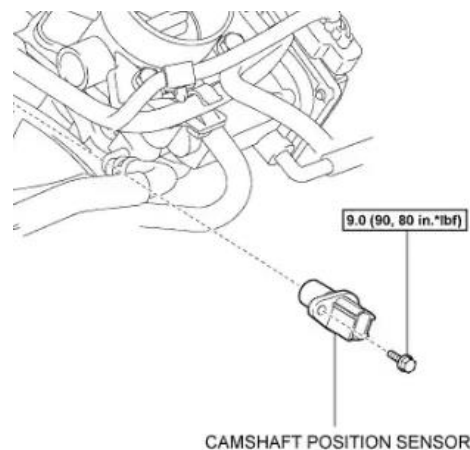
Gambar 19. *Crankshaft Position Sensor* (Toyota Global Service Information Center: 2010)

Adalah sensor yang berfungsi mendeteksi putaran mesin atau putaran poros engkol. *Crankshaft position sensor* ini di tempatkan di

depan dekat *pully* penggerak *water pump*, alternator dan aksesoris mesin.

f. Camshaft Position Sensor

Sensor ini memiliki tugas untuk mendeteksi putaran poros nok (*camshaft*). Dari diketahuinya putaran dan posisi poros nok ini ECU dapat mengetahui silinder mana yang sedang melakukan proses akhir langkah kompresi dan selanjutnya menentukan timing pengapian sesuai dengan urutan tertib pembakaran dalam mesin tersebut.

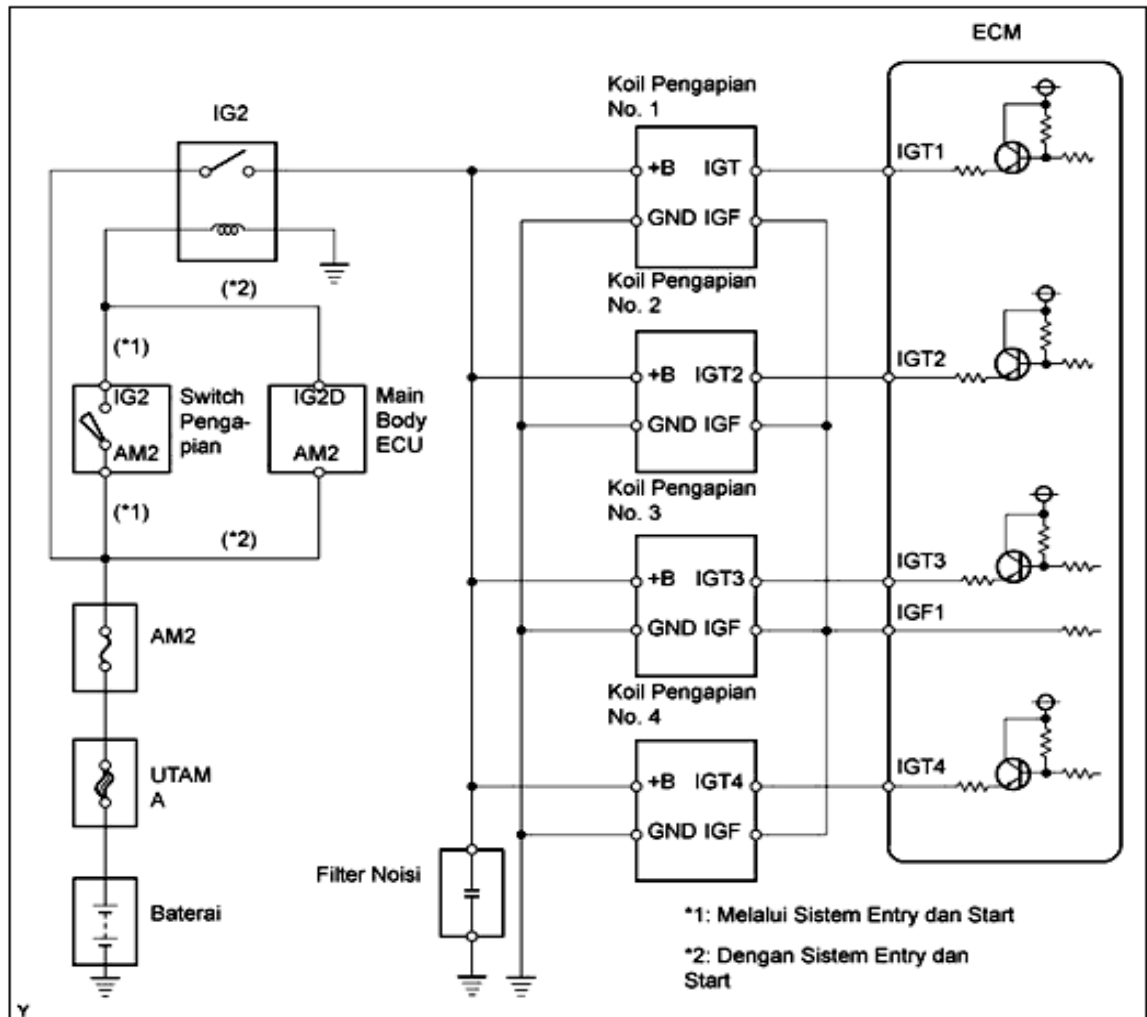


Gambar 20. *Camshaft Position Sensor* (Toyota Global Service Information Center: 2010)

2. Wiring Diagram *Distributorless Ignition System* Toyota Vios Seri 2NZ-FE

Engine Toyota Vios seri 2NZ-FE menggunakan sistem pengapian distributorless tipe *direct ignition system* dimana koil pengapian menjadi satu unit dengan igniter. Ketika kunci kontak on, igniter beserta ECU akan disuplai arus dari baterai pada terminal +B dan IG2D. untuk lebih jelasnya

dapat dilihat pada gambar wiring diagram sistem pengapian DLI pada *engine* Toyota Vios seri 2NZ-FE di bawah ini.



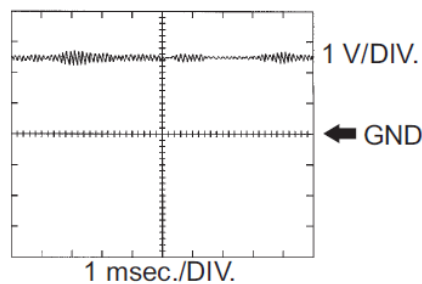
Gambar 21. Wiring Diagram Sistem Pengapian Distributorless (*Technical Manual 2NZ-FE Engine : 2006*)

3. Gelombang Listrik Pada Terminal Komponen Sistem Pengapian 2NZ-FE

Berikut merupakan spesifikasi gelombang yang timbul di berbagai terminal komponen sistem pengapian pada *engine* Toyota vios seri 2NZ-FE.

a. Gelombang pada Knock Sensor

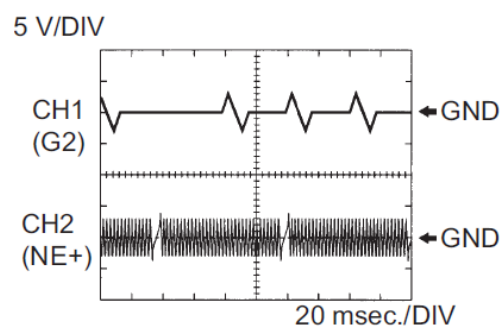
Pengetesan dilakukan menggunakan *oscilloscope* pada terminal KNK1 dan EKNK1 dengan *tester range* 1V/DIV, 1 msec./DIV. Sebelum melakukan pengetesan mesin harus terlebih dahulu dilakukan *warm up* (Technical Manual 2NZ-FE Engine : 2006).



Gambar 22. Waveform Knock Sensor (Technical Manual 2NZ-FE Engine : 2006)

b. Gelombang pada Crankshaft Position Sensor dan Camshaft Position Sensor

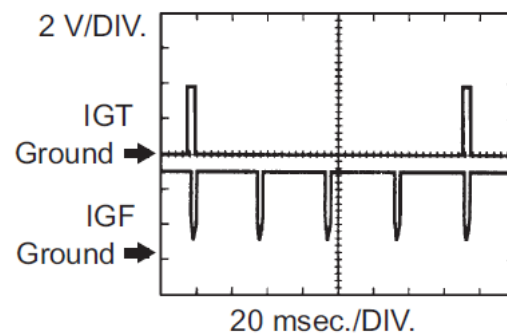
Pengetesan dilakukan dengan *oscilloscope*, *camshaft position sensor* diukur menggunakan CH1 yaitu antara G2+ dan NE-, sedangkan untuk *crankshaft position sensor* diukur dengan CH2 yaitu antara terminal NE+ dan NE-. Sedangkan untuk *tester range* adalah 5V/DIV, 20msec./DIV (Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006).



Gambar 23. Waveform Crankshaft Position Sensor and Camshaft Position Sensor (Technical Manual 2NZ-FE Engine : 2006)

c. Gelombang Terminal IGT dan IGF pada Igniter

Pengecekan gelombang di terminal IGT dan IGF ini dilakukan pada posisi idling. Probe CH1 di hubungkan antara terminal IGT bergiliran dari silinder 1 sampai 4 dan terminal E1, sedangkan CH2 dihubungkan antara IGF1 dan terminal E1. Pengukuran ini dilakukan pada kondisi *idling* dengan *tester range* 2V/DIV, 20msec./DIV (Technical Manual 1NZ-FE Engine : 2006).



Gambar 24. Waveform igniter IGT signal and igniter IGF signal
(Technical Manual 2NZ-FE Engine : 2006)