

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Sistem Pengapian

Sistem pengapian kendaraan merupakan sistem yang berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api yang kuat dan tepat pada busi untuk memulai proses pembakaran. Busi harus memercikkan bunga api pada saat yang tepat yaitu pada akhir langkah kompresi untuk menghasilkan pembakaran yang baik meskipun kecepatan berubah-ubah (Daryanto, 2002: 258).

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. Stabilnya proses pembakaran, perawatan yang lebih mudah, serta tidak perlu adanya penyetelan mekanis pada sistem pengapian sangat menentukan hasil yang maksimal dalam proses pembakaran.

1. Fungsi Sistem Pengapian

Sistem pengapian berfungsi untuk menyediakan, membangkitkan dan menghasilkan percikan bunga api listrik di busi pada saat yang tepat untuk proses pembakaran *campuran* udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar mesin bensin sehingga terjadi pemakaran yang sempurna dan mesin bekerja secara optimal

2. Syarat Sistem Pengapian

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 membangkitkan bunga api yang kuat di antara elektroda busi.

b. Saat Pengapian yang Tepat

Untuk memperoleh pembakaran *campuran udara dan bahan bakar yang paling efektif*, harus dilengkapi beberapa peralatan tambahan yang dapat merubah saat pengapian sesuai dengan rpm dan beban mesin (perubahan sudut poros engkol di mana masing-masing busi menyala). Disebut pembakaran jika *campuran udara dan bahan bakar terkenan loncatan bunga api dari busi*.

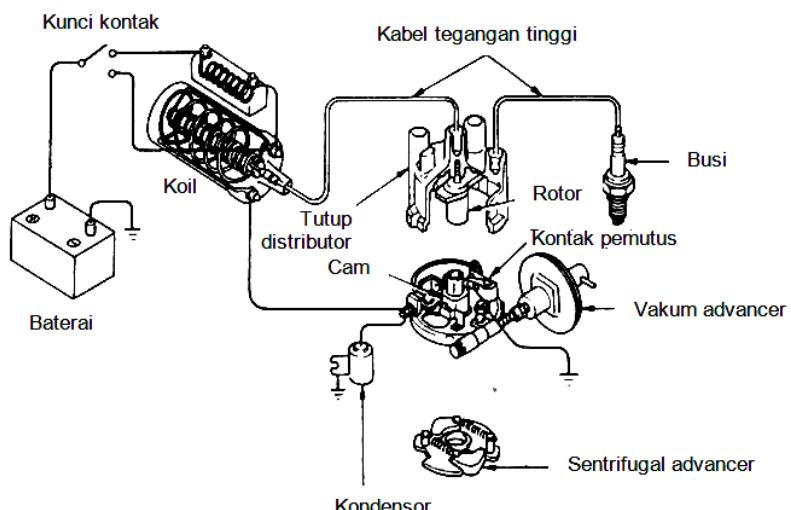
c. Ketahanan yang Cukup

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. (Astra Daihatsu Motor, 2001: 1).

3. Macam-macam Sistem Pengapian

Pada motor bensin terdapat berbagai *macam* 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. Berikut adalah *macam-macam* sistem pengapian yang terdapat pada motor bensin.

a. Sistem Pengapian Konvensional



Gambar 1. Rangkaian Sistem Pengapian Konvensional
(Direktorat P SMK, 2009:329)

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 kontak pemutus. Kontak pemutus bekerja seperti saklar di mana pada saat tertutup arus dapat mengalir dan saat kontak pemutus terbuka arus akan terhenti (Direktorat P SMK, 2009: 328).

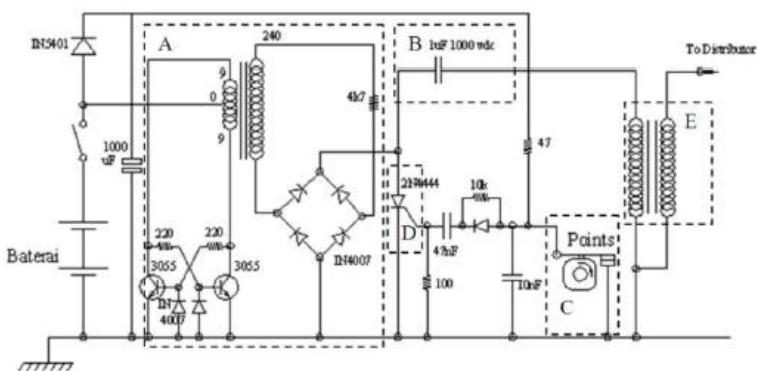
b. Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian ini memanfaatkan transistor untuk memutus dan mengalirkan arus primer koil. Jika 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 elektronis melalui suatu *power transistor* yang difungsikan sebagai saklar (*switching transistor*) (Direktorat P SMK, 2009:335). Berikut beberapa macam pengapian elektronik :

1) Pengapian CDI

Kepanjangan dari CDI adalah *Capasitive Discharge Ignition*, yaitu sistem pengapian yang bekerja berdasarkan pembuangan muatan kapasitor. Konsep kerja sistem pengapian CDI berbeda dengan system 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. Dalam sistem ini kapasitor diisi (*charged*) dengan tegangan tinggi sekitar 300 V sampai 500 V, dan pada saat system bekerja (*triggered*), kapasitor tersebut membuang (*discharge*) energinya ke

kumparan primer koil pengapian. Koil tersebut menaikan tegangan dari pembuangan muatan kapasitor menjadi tegangan yang lebih tinggi pada kumparan sekunder untuk menghasilkan percikan api pada busi. Saat bekerja, kapasitor dalam sistem pengapian ini secara periodik diisi oleh bagian pengisi *charging device* dan kemudian muatannya dibuang ke kumparan primer koil untuk menghasilkan tegangan tinggi (Direktorat P SMK, 2009:346)



Gambar 2. Diagram Sistem Pengapian CDI
(Direktorat P SMK, 2009:349)

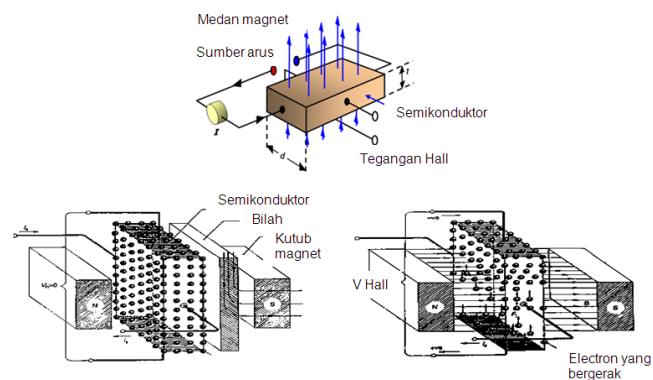
2) Sistem Pengapian Transistor

Pengapian transistor dikembangkan untuk mengatasi 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 koil

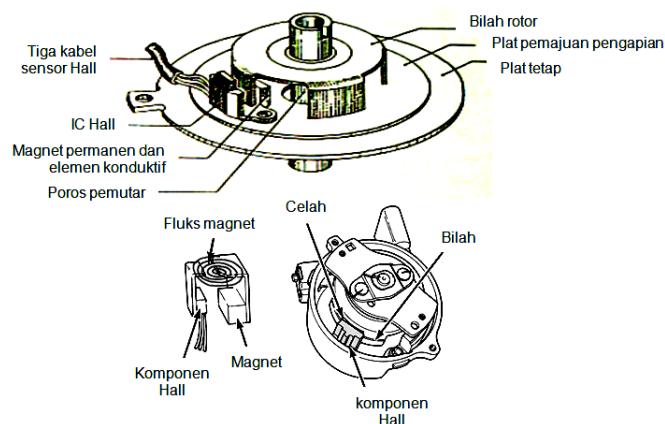
(Direktorat P SMK, 2009: 349). Pengapian transistor memiliki beberapa tipe sebagai berikut:

a) 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 P SMK, 2009:343)



Gambar 4. Pembangkit pulsa *Hall effect*
(Diektorat P SMK, 2009: 343)

Apabila bahan semi konduktor dialiri dengan 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 di atas 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 $(V_h) = 0$.

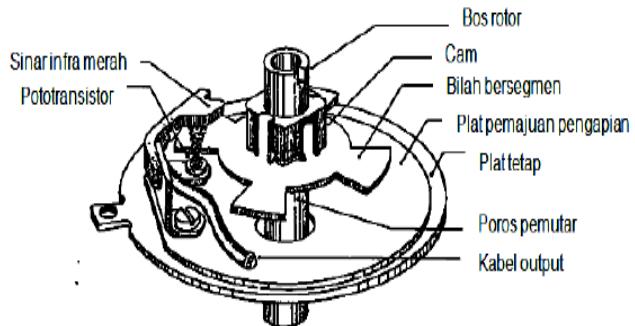
Apabila penghalang plat logam dihilangkan maka magnet akan dengan mudah melewati semi konduktor dan akan terjadi yang disebut dengan tegangan Hall $V_h \neq 0$. Apabila logam penghalang secara teratur melintasi pada medan magnet, maka tegangan Hall akan muncul dan hilang, dengan begitu akan terbentuknya suatu tegangan pulsa yang berbentuk kotak-kotak yang selanjutnya digunakan transistor untuk memutus dan mengalirkan arus ke primer koil (Direktorat P SMK, 2009: 343-344).

b) Tipe iluminasi atau cahaya

Pada sistem pengapian iluminasi, cahaya dimanfaatkan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *phototransistor* sehingga menghasilkan sinyal yang kemudian diperkuat oleh

bagian amplifier untuk *power transistor*. Pada saat *power transistor* ON, arus mengalir melalui kumparan primer koil sehingga terbentuk medan magnet pada koil. Pada saat transistor OFF, arus primer terputus sehingga medan magnet dengan cepat hilang yang menyebabkan terjadinya induksi tegangan tinggi pada kumparan sekunder koil.

Sumber cahaya bisanya berasal dari dioda bercahaya yang menghasilkan sinar infra merah, dan cahaya tersebut diterima oleh *phototransistor* yang dapat aktif atau bekerja apabila terkena cahaya. Untuk menghalangi cahaya agar *phototransistor* OFF, digunakan rotor yang berbentuk bilah-bilah dengan lebar coakan / celah sebesar sudut dwell. Bila cahaya tidak terhalangi dan mengenai *phototransistor*, (hal ini identik dengan saat kontak pemutus tertutup pada sistem pengapian konvensional), atau saat terjadi aliran arus pada kumparan primer koil. Saat cahaya terhalangi oleh bilah rotor, identik dengan kontak pemutus terbuka dan arus primer koil terputus (Direktorat P SMK, 2009: 345).

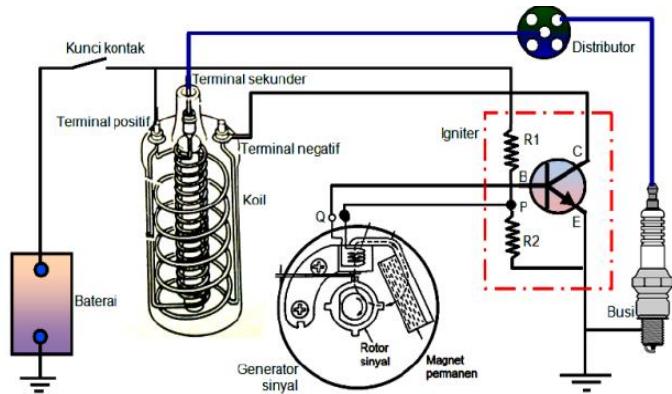


Gambar 5. Pembangkit pulsa sensor cahaya
(Direktorat P SMK, 2009: 345)

c) Tipe Induktif

Sistem pengapian dengan pembangkit pulsa model induktif terdiri dari penghasil pulsa, *Igniter*, 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.

Sistem pengapian dengan pembangkit menggunakan pulsa model induktif terdiri dari penghasil pulsa, 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 P SMK, 2009: 340) Secara sederhana rangkaian sistem pengapian model induktif ini digambarkan dengan skema berikut :



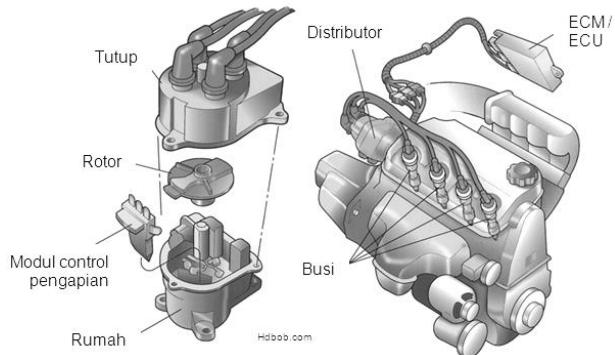
Gambar 6. Diagram sistem pengapian transistor model induktif

(Direktorat P SMK, 2009: 341)

3) Sistem pengapian terkontrol komputer

Sistem pengapian terkontrol komputer merupakan sistem pengapian yang ada pada mesin yang sudah menggunakan bahan bakar injeksi (EFI). Pengontrolan pengapian dilakukan oleh komputer (*Electronic Kontrol Unit/ECU*) yang juga sebagai pengontrol sistem penginjeksian bahan bakar. Pengontrolan ini terutama pada sistem pemajuan atau pemunduran saat pengapian (*Ignition Timing*) yang disesuaikan dengan kondisi kerja mesin. Pada sistem pengapian yang dikontrol komputer, engine dilayani dengan sistem pengapian yang sangat mendekati karakteristik saat pengapian yang ideal. Komputer unit menentukan saat pengapian berdasarkan masukan masukan dari sensor dan memori internalnya yang memiliki data saat pengapian yang optimal untuk setiap kondisi putaran engine. Setelah menentukan saat pengapian, komputer unit memberikan sinyal saat pengapian ke *Igniter*. Bila sinyal tersebut dalam posisi OFF, *Igniter* akan memutus aliran arus

primer koil dengan cepat sehingga terjadi tegangan tinggi pada kumparan sekunder (Direktorat P SMK, 2009: 351).



Gambar 7. Komponen Sistem Pengapian Terkontrol Komputer
(Direktorat P SMK, 2009:350)

Sistem pengapian terkontrol komputer terbagi menjadi beberapa macam, yaitu :

- a) Sistem pengapian dengan distributor atau disebut *Electronic Spark Advance* (ESA).
- b) Sistem pengapian tanpa distributor atau disebut *Distributor Less Ignition System* (DLI).
- c) Sistem pengapian langsung atau disebut *Direct Ignition System* (DIS).

B. Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian yang menggunakan transistor sebagai pemutus arus primer dikembangkan menggunakan kontrol komputer melalui ECU yang mendeteksi kondisi mesin melalui sensor-sensor, seperti yang digunakan pada kendaraan T1 Timor S515i.

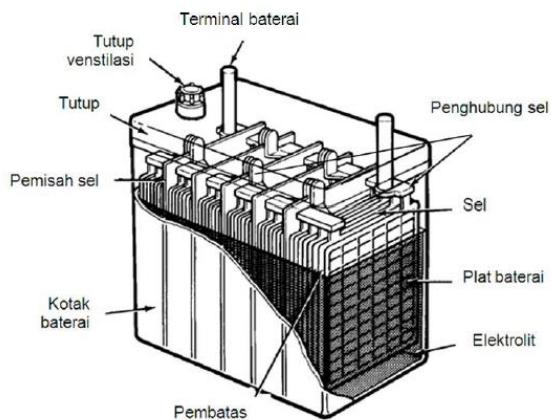
1. Komponen Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian terdiri dari beberapa komponen yang saling berintegrasi dan berpengaruh untuk menghasilkan percikan bunga api yang tepat sesuai syarat pengapian, berikut adalah komponen sistem pengapian elektronik :

a. Baterai

Baterai adalah alat elektro kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke sistem starter mesin, sistem pengapian, lampulampu 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. Pada umumnya baterai mempunyai 6 Sel, setiap sel mempunyai tegangan antara 2 - 2,1 volt, maka tegangan standar baterai

yang mempunyai 6 sel sebesar 12 – 12,6 volt (*New Step I Training Manual*, 1995:6-2).



Gambar 8. Bagian-Bagian Baterai
(*New Step I Training Manual*, 1995:6-2)

b. Kunci kontak



Gambar 9. Kunci Kontak
(Direktorat P SMK, 2009:314)

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 yang memulai pembakaran pada ruang bakar motor bensin (Direktorat P SMK, 2009: 314-315).

c. ECU

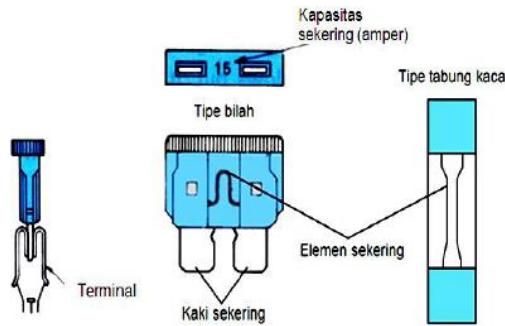
ECU merupakan *microcontroler* yang berfungsi untuk mengontrol sistem kelistrikan pada kendaraan. ECU bekerja berdasarkan sensor-sensor yang ada pada kendaraan. Kemudian ECU memproses masukan dari sensor untuk mengontrol kerja dari *actuator*.



Gambar 10. ECU T1 Timor S515i

d. Sekering/fuse

Sekering/fuse adalah komponen pengaman yang banyak digunakan sebagai pencegah kerusakan rangkaian akibat kelebihan arus. 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 bagian tersebut dan satu ujung lainnya dihubungkan dengan rangkaian yang diamankannya (Anonim, 2009: 124)



Gambar 11. Sekering Tipe *Blade* dan *catridge*
(Direktorat P SMK, 2009: 126)

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 (Anonim, 1995:6-42).

Tabel 1. Kode Warna Sekering

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

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 lain misalnya kontak

pemutus (platina), *cam*, *vakum advancer*, *sentrifugal advancer*, 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. Pada sistem pengapian dengan pembangkit pulsa model *Hall effect*, terdapat bilah rotor, magnet, dan IC *Hall*. Pada sistem pengapian dengan pembangkit pulsa model cahaya terdapat lampu infra merah, sensor cahaya (*phototransistor*), dan bilah rotor.

Distributor terdiri dari beberapa bagian utama 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 P SMK, 2009: 318).



Gambar 12. Distributor T1 Timor S515i

f. Koil Pengapian



Gambar 13. Koil pengapian

Koil pengapian berfungsi merubah arus listrik 12V yang diterima dari baterai menjadi tegangan tinggi (10KV atau lebih) untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah 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. (New Step I Training Manual, 1995: 6-14).

g. *Igniter*



Gambar 14. *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 koil pada saat yang tepat sesuai dengan *signal* yang diperkuat. Pengaturan *dwell angle* untuk mengoreksi *primary signal* sesuai dengan bertambahnya putaran mesin disatukan di dalam *Igniter*. Beberapa tipe *Igniter* dilengkapi dengan sirkuit pembatas arus (*current limiting circuit*) untuk mengatur arus primer maksimum (Direktorat P SMK, 2001: 31).

h. Kabel tegangan tinggi



Gambar 15. Kabel Tegangan Tinggi
(Direktorat P SMK, 2009:324)

Kabel tegangan tinggi berfungsi untuk mengalirkan tegangan tinggi dari koil terminal sekunder ke tiap-tiap busi sesuai nomor urut pembakaran (*firing order*) mesin. Kabel pengahantar ini terbuat dari rangkaian tembaga atau karbon yang dicampur dengan fiber sehingga mempunyai tahanan yang tetap dan konstan atau yang disebut dengan kabel TVRS (*Television Radio Suppression*) (Direktorat P SMK, 2009: 324).

i. Busi



Gambar 16. Busi
(Direktorat P SMK, 2009: 325)

Busi dipasang di tiap ruang pembakaran pada kepala silinder untuk membakar *campuran* udara bahan bakar di dalam silinder dengan cara memercikan bunga api di antara elektroda positif (tengah) dan elektroda negatif. Percikan api ini berasal dari tegangan tinggi yang dihasilkan oleh kumparan sekunder koil.

Busi dipasang di tiap ruang pembakaran pada kepala silinder untuk membakar *campuran* udara bahan bakar di dalam silinder dengan cara memercikan bunga api di antara elektroda positif (tengah) dan elektroda negatif. Percikan api ini berasal dari tegangan tinggi yang dihasilkan oleh kumparan sekunder koil.

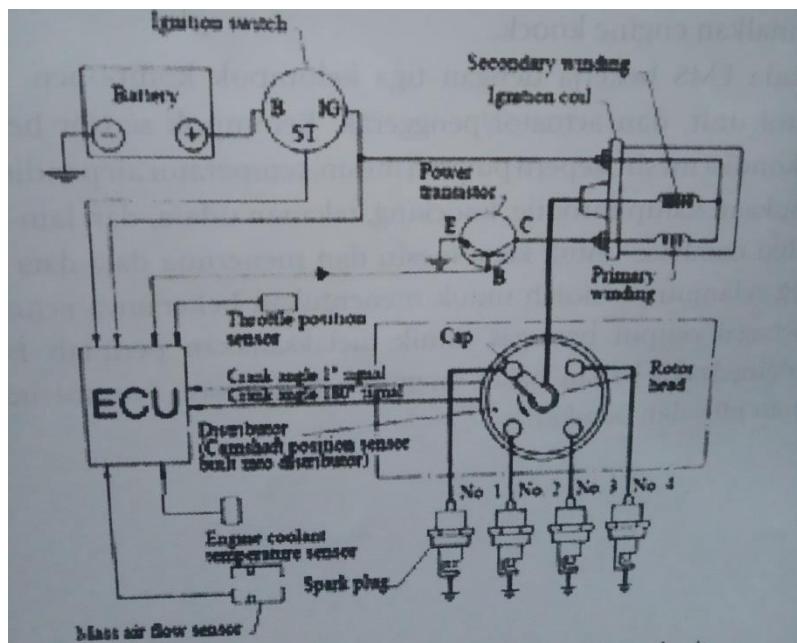
Insulator berfungsi untuk menghindari terjadinya kebocoran tegangan pada elektroda tengah atau inti busi, sehingga bagian ini mempunyai peranan yang penting dalam menentukan unjuk kerja pengapian. Karena itu, insulator mempunyai daya isolasi yang cukup baik terhadap listrik, tahan panas, kuat dan stabil. Insulator ini terbuat dari keramic yang mempunyai daya sekat yang baik serta mempunyai penyangga untuk mencegah terjadinya loncatan api dari tegangan tinggi (Direktorat P SMK, 2009: 325-326).

Busi terdiri dari tiga komponen utama yaitu *electrode*, insulator dan shell. *Electrode* terdiri dari *central electrode* dan *ground electrode*. Karena tegangan tinggi yang diinduksikan pada kumparan sekunder koil disalurkan ke elektroda tengah busi, maka percikan api akan terjadi

pada celah busi. Cela busi umumnya berkisar 0.7~1.1 mm. 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 (Direktorat P SMK, 2009: 325-326).

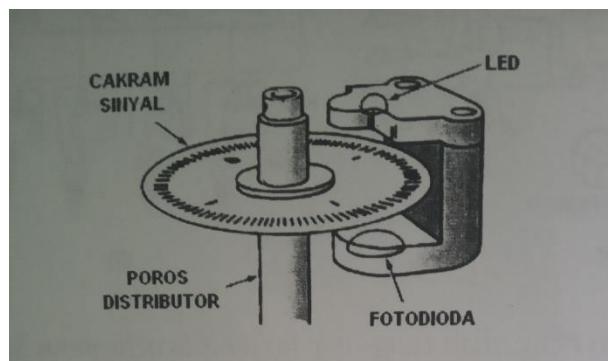
2. Cara Kerja Sistem Pengapian Elektronik T1 Timor S515i



Gambar 17. Diagram Sistem Pengapian Elektronik
(Sutiman, 2011: 42)

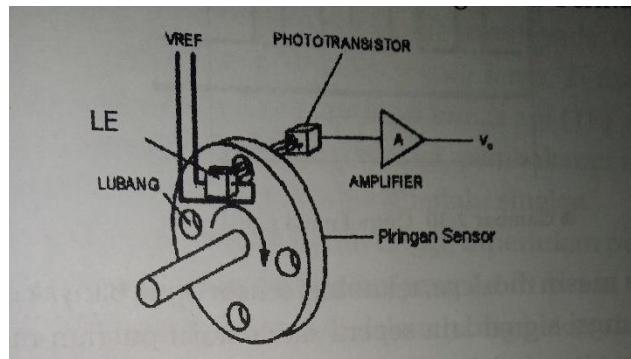
Pada sistem pengapian konvensional ketika kunci kontak pada posisi “On” maka arus dari baterai mengalir melalui kunci kontak menuju primer koil lalu menuju platina (saat platina tetutup dan menuju massa. Hal ini menyebabkan terjadinya kemagnetan pada koil primer. Pada saat mobil di start dan kontak platina membuka maka arus dari baterai menuju koil primer terputus karena rangkaian terbuka, sehingga terjadi induksi tegangan tinggi pada sekunder koil sehingga arus dari sekunder koil menuju kabel tegangan tinggi lalu menuju distributor dan mampu meloncati tahanan udara pada busi sehingga timbul bunga api listrik.

Pada sistem pengapian T1 Timor S515i menggunakan sensor optik yang terdiri atas sebuah LED (Light Emitting Diode), sebuah photo transistor dan piringan yang dipuarkan oleh poros pemutar ataupun berputar bersama poros distributor. Adapun desain sensor optik seperti terlihat pada gambar berikut. (Sutiman, 2011: 33)



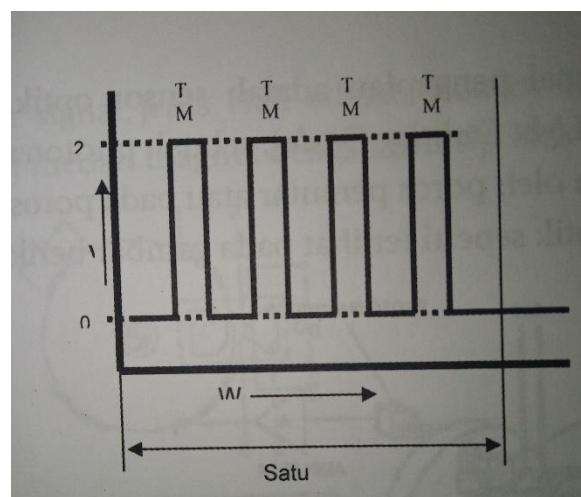
Gambar 18. Desain Sensor Optik
(Philip Kristanto, 2015:219)

Piringan dilengkapi dengan lubang-lubang yang jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan jumlah *signal* yang diperlukan dalam satu siklus mesin. Untuk *signal* pengapian pada mesin empat silinder akan tersedia empat buah lubang. Pada saat lubang berada diantara LED dan *phototransistor* cahaya pada LED akan ditangkap oleh *phototransistor*, sehingga *phototransistor* menghasilkan output. Output ini kemudian diperkuat melalui sebuah rangkaian penguat *signal* yang selanjutnya dikirim ke kontrol unit (ECU) sebagai *signal* pengapian.



Gambar 19. Konsep Generator Signal Model Optik
(Sutiman, 2011: 33)

Bentuk *signal* yang dihasilkan oleh sensor optic adalah *signal* digital berbentuk segiempat sehingga langsung dapat digunakan oleh kontrol unit tanpa melalui konverter atau pengubah *signal*. Adapun bentuk *signal* yang dihasilkan dengan empat lubang piringan pada mesin empat silinder dengan urutan pengapian 1 – 3 – 4 – 2 tampak seperti gambar berikut.



Gambar 20. Output Pulsa Signal Optik
(Sutiman, 2011: 34)

Teknologi sensor optic banyak digunakan pada mesin modern. Penggabungan fungsi *signal* lain seperti satu derajat putaran mesin dapat diaplikasikan dengan model menyatu dan penambahan jumlah lubang pada

satu piringan di titik diameter berbeda. Dengan dmikian, kontrol unit dapat mengetahui posisi piston pada tiap derajat putaran mesin sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengaturan pemajuan ataupun pengunduran saat pengapian. (Sutiman, 2011: 34)