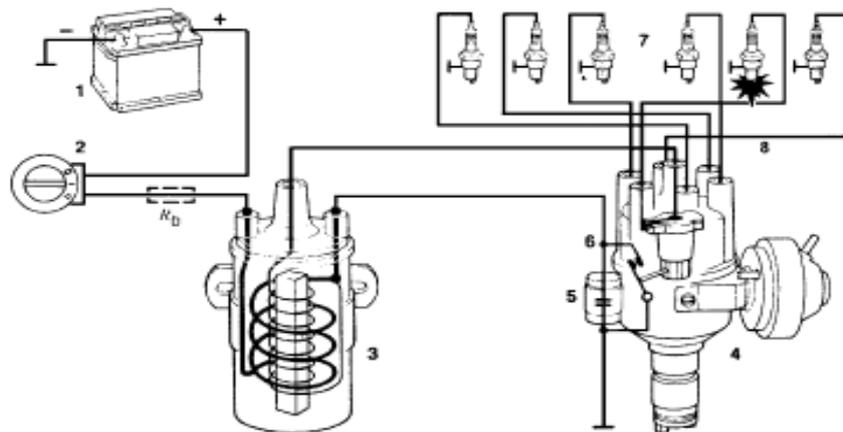


## Prosedur Cara Kerja Sistem Pengapian

### *Sistem Pengapian*

Tujuan penggunaan system pengapian pada kendaraan adalah:

- Menyediakan percikan bunga api bertegangan tinggi pada busi untuk membakar campuran udara/bahan bakar di dalam ruang bakar engine.
- Mengatur saat pengapian untuk mendapatkan unjuk kerja terbaik dari engine pada seluruh kondisi kerja engine.



1. Batere, 2. Sakelar pengapian dan start, 3. Coil pengapian, 4. Distributor pengapian 5. Capacitor pengapian, 6. Kontak poin, 7. Busi, 8. Kabel busi Rb. Ballast Resistor

*Gambar 1. Sistem Pengapian dengan Coil Pengapian Konvensional*

Tegangan batere kendaraan biasanya 12 atau 24 volt, nilai yang terlalu rendah untuk dapat menghasilkan percikan bunga api pada celah busi di dalam silinder yang bertekanan.

Sistem pengapian menghasilkan tegangan sekunder yang tinggi yang dapat mencapai 40.000 volt.

Batere atau alternator menyediakan sumber listrik yang diperlukan oleh rangkaian primer system pengapian untuk menghasilkan medan magnet di sekeliling lilitan primer coil pengapian.

Kontak poin distributor atau perangkat sakelar elektronik lainnya mengendalikan pembentukan dan kolapnya medan magnet. Lilitan sekunder coil pengapian di bawah pengaruh medan magnet menghasilkan keluaran tegangan sekunder yang tinggi. Coil pengapian bekerja seperti transformator step-up.

Rotor, tutup distributor dan kabel tegangan tinggi mendistribusikan tegangan sekunder pada busi yang sesuai kebutuhan.

## ***Ionisasi***

Tegangan pembakaran menyebabkan celah percikan antara kedua elektroda busi menjadi penghantar listrik (yaitu "ionisasi") dan dengan demikian memungkinkan percikan bunga api melompat disepanjang celah. Percikan bunga api listrik mempunyai energi panas yang cukup untuk membakar campuran udara/bahan bakar yang kemudian akan terbakar secara menyeluruh dengan sendirinya.

### ***Hal-hal yang Menentukan Diperlukannya Tegangan Tinggi***

Tegangan pada lilitan sekunder meningkat sampai tegangan pada busi cukup kuat untuk meloncat (ionisasi) pada celah yang ada sehingga percikan bunga api terjadi pada celah busi, dan sebagian tenaga sekunder ini muncul dalam bentuk busur api yang akan membakar campuran udara/bahan bakar.

Tegangan yang diperlukan untuk menimbulkan percikan bunga api pada busi tergantung pada banyak hal seperti:

- a. Tekanan kompresi engine
- b. Putaran engine
- c. Perbandingan campuran bahan bakar.
- d. Temperatur busi.
- e. Celah busi.

#### ***Catatan:***

Ionisasi – Tegangan yang sangat tinggi akan menyebabkan elektron pada suatu substansi bertahanan tinggi bergerak bebas. Substansi ini yang kemudian disebut 'konduktif'

Tegangan yang sebenarnya yang dihasilkan system sekunder ditentukan oleh kebutuhan busi.

Busi yang telah dipakai bisa jadi memerlukan sebanyak 5.000 volt dan lebih tinggi lagi pada busi yang baru, berkaitan dengan penambahan celah busi dan perubahan bentuk elektroda tengah yang terjadi akibat pemakaian.

Penyetelan kembali celah busi akan menurunkan kebutuhan tegangan kira-kira sama dengan busi baru, selama busi tidak mengalami kerusakan.

Kebutuhan tegangan maksimum terjadi pada saat melakukan percepatan dari putaran rendah sampai 20.000 volt.

Tegangan lebih rendah diperlukan saat kecepatan konstan (kecepatan jelajah)

Misalnya	60 Km perjam	12.000 volt
	100 Km per jam	18.000 volt

Lebih banyak tenaga diperlukan maka tegangan akan naik pada batas yang diperlukan untuk melakukan ionisasi pada celah busi.

Tegangan pada putaran langsam adalah rendah – 5.000 – 8.000 volt.

Kondisi engine 'tidak ada pembakaran' pertama terjadi pada putaran rendah, kondisi percepatan yang berat. Tegangan yang dibutuhkan akan melebihi tegangan maksimum yang diijinkan.

Tegangan yang diperlukan 50.000 volt, yang tersedia 40.000 volt, maka tidak akan terjadi pembakaran.

### ***Lamanya Percikan***

Lamanya percikan pembakaran, atau panjangnya waktu loncatan bunga api listrik, menjadi sangat penting yang hubungannya dengan pengendalian gas buang.

Campuran kurus perlu untuk mendapatkan tingkat emisi gas buang yang rendah. Bagaimanapun juga dengan campuran kurus, jika lamanya waktu pembakaran tidak cukup, campuran tidak akan terbakar dengan baik. Lamanya waktu pembakaran harus berada antara 0,8 – 2 millidetik dengan arus antara 100 – 150 milliampere untuk mendapatkan pembakaran yang baik.

Banyak osiloskop produksi terakhir mempunyai skala millidetik sehingga memungkinkan melakukan pengukuran tersebut



Gambar 2. Osiloskop Pola bentuk gelombang Sekunder tunggal

### ***Energi – Energi Pembakaran dan Putaran Engine***

Hasil penelitian menunjukkan pembakaran campuran udara/bahan bakar dan demikian juga dengan unjuk kerja engine dapat dipengaruhi oleh jenis busi, saat pembakaran dan energi pembakaran.

#### ***Catatan:***

Diperlukan kira-kira 0,2 millijoule (mJ) pada setiap pembakaran untuk membakar campuran udara/bahan bakar dengan percikan bunga api. Campuran kurus dan gemuk memerlukan lebih dari 3 mJ.

Energi yang terdapat pada percikan bunga api tergantung pada energi yang tersimpan pada coil primer selama masa dwell (kontak poin dalam keadaan menutup), dan pada coil, semakin tinggi arus primer semakin tinggi pula tenaga keluarannya. Mungkin

terjadi percikan dengan energi rendah dan hal ini tidak akan menghasilkan pembakaran.

Jika energi pembakaran yang tersedia tidak mencukupi, pembakaran tidak terjadi; campuran tidak dapat dibakar dan akan terjadi kegagalan pembakaran. Inilah sebabnya mengapa energi pembakaran yang cukup harus disediakan untuk menjamin bahwa, bahkan dalam kondisi eksternal yang paling buruk, campuran udara/bahan bakar selalu terbakar. Hal ini mencukupi untuk membakar sedikit uap gas yang mudah terbakar dan kemudian gas yang telah terbakar ini akan membakar seluruh campuran di dalam silinder, dengan demikian menghasilkan pembakaran bahan bakar.

Sistem pengapian modern sementara menghasilkan tegangan yang lebih tinggi, adalah lebih penting menghasilkan percikan bunga api dengan lebih banyak energi dalam bentuk yang lebih sederhana (nyala yang lebih besar).

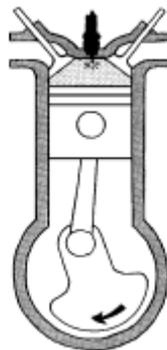
Kebutuhan untuk menghasilkan energi yang besar maka arus pada lilitan primer adalah 7 – 8 amper. (Sistem Pengapian Energi Tinggi)

### ***Saat Pengapian***

Tegangan sekunder harus diteruskan pada seluruh kondisi kerja engine sehingga engine dapat menghasilkan tenaga maksimum.

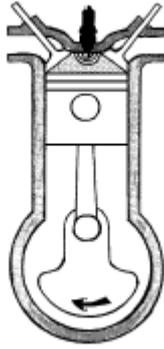
Untuk mendapatkan tenaga engine maksimum, pembakaran harus dilakukan sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA) pada saat langkah kompresi. Campuran bahan bakar akan disulut, mulai terbakar dan akan mencapai tekanan pembakaran maksimum setelah piston melampaui TMA. Piston kemudian akan ditekan ke bagian bawah silinder dengan tenaga penuh hasil pembakaran.

### **Pembakaran Normal**



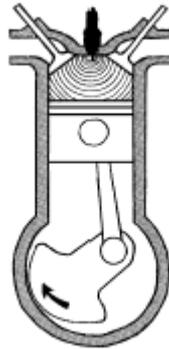
*Gambar 3. Percikan bunga api terjadi*

Pada saat piston bergerak ke atas pada langkah kompresi, percikan bunga api terjadi pada saat yang tepat untuk membakar campuran dan meneruskan proses pembakaran.



*Gambar 4. Pembakaran dimulai*

Piston masih bergerak ke atas, campuran sedang terbakar dengan 'nyala depan' dengan stabil merambat ke seluruh ruang bakar.



*Gambar 5. Pembakaran selesai*

Piston bergerak melampaui TMA dan pada kira-kira 10 derajat perputaran poros engkol setelah TMA, dihasilkan tekanan pembakaran maksimum. Ini mendorong piston bergerak ke bawah pada saat langkah usaha.

*Catatan:*

Pembakaran campuran bahan bakar ini terjadi dalam waktu yang dapat diukur – proses pembakaran ini tidak terjadi seketika.

### ***Pengendali Waktu Pengapian Centrifugal***

Penyalan dimajukan (yaitu dilakukan lebih cepat) secara otomatis sesuai peningkatan putaran engine dan diperlambat secara otomatis apabila putaran engine turun.

### **Pengendali Waktu pengapian Vacuum.**

Saat pengapian diubah tergantung pada beban engine dilakukan dengan cara merubah kecepatan pembakaran.

- Jika campuran kaya dan tekanan kompresi tinggi, campuran akan terbakar dengan cepat saat proses pembakaran.
- Jika campuran miskin akan tekanan kompresi rendah, campuran akan terbakar dengan rentang yang lebih lambat.

Pengaturan saat pengapian untuk engine pembakaran dalam adalah hal yang sangat penting untuk mendapatkan unjuk kerja terbaik dan batas emisi gas buang yang ditentukan oleh perancang. Adalah penting bagi orang yang terlibat dalam perawatan engine untuk menyadari pentingnya saat pengapian dan pengendalian emisi.

Pemajuan yang berlebihan dapat menyebabkan:

- Detonasi
- Overheating
- Kehilangan tenaga (loss of power)
- Peningkatan emisi
- Kerusakan komponen mekanik yang parah termasuk terbakarnya piston, kerusakan ring, kerusakan bantalan dan kerusakan katup-katup.

Mengatur agar pembakaran terlambat menyebabkan:

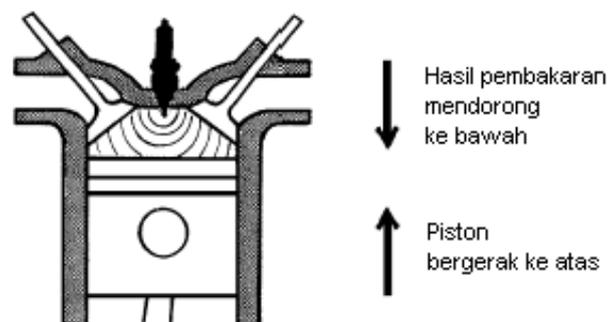
- Kehilangan tenaga (loss of power)
- Peningkatan emisi
- Boros bahan bakar
- Overheating

### **Pembakaran Awal (Pre-Ignition)**

Pembakaran awal sesuai dengan nama yang diberikan adalah pembakaran yang terjadi sebelum waktunya. Ada dua penyebab utama yang menimbulkan pembakaran awal.

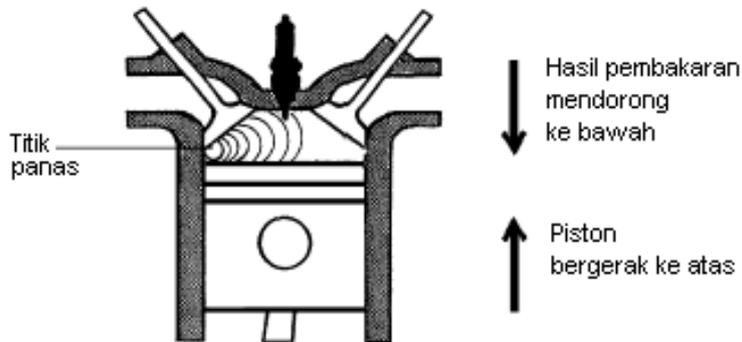
- a. Penyetelan saat pengapian dibuat lebih awal

Pembakaran terjadi dan tekanan pembakaran maksimum dicapai sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA). Tekanan pembakaran mencoba mendorong piston mundur kebelakang dengan arah yang berlawanan.



*Gambar 6. Pembakaran awal - akibat saat pengapian dibuat lebih awal.*

- b. Sebuah titik panas (arang yang membara) di dalam silinder membakar campuran bahan bakar sebelum percikan bunga api terjadi. Tekanan pembakaran maksimum terjadi sebelum piston mencapai TMA. Tekanan pembakaran mencoba mendorong piston mundur dengan arah yang berlawanan.

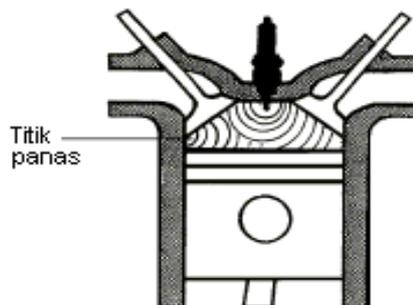


*Gambar 7. Pembakaran awal - akibat titik panas membakar campuran bahan bakar*

### ***Detonasi***

Detonasi terjadi apabila temperatur di dalam ruang pembakaran berlebihan. Busi membakar campuran secara normal. Secara tiba-tiba setelah pembakaran pertama, campuran dibakar oleh titik panas pada sisi lain ruang bakar.

Terjadi pertemuan dua hasil pembakaran. Campuran terbakar pada rentang peledakan (bukan pembakaran normal). Dalam hal ini piston mendapatkan tekanan pukulan/hentakan.



*Gambar 8. Detonasi disebabkan pertemuan dua pembakaran*

## ***Engine Terus Hidup (Running On)***

Engine terus hidup (dengan getaran yang tinggi) berarti engine tidak mau mati walaupun kunci kontak telah diputus.

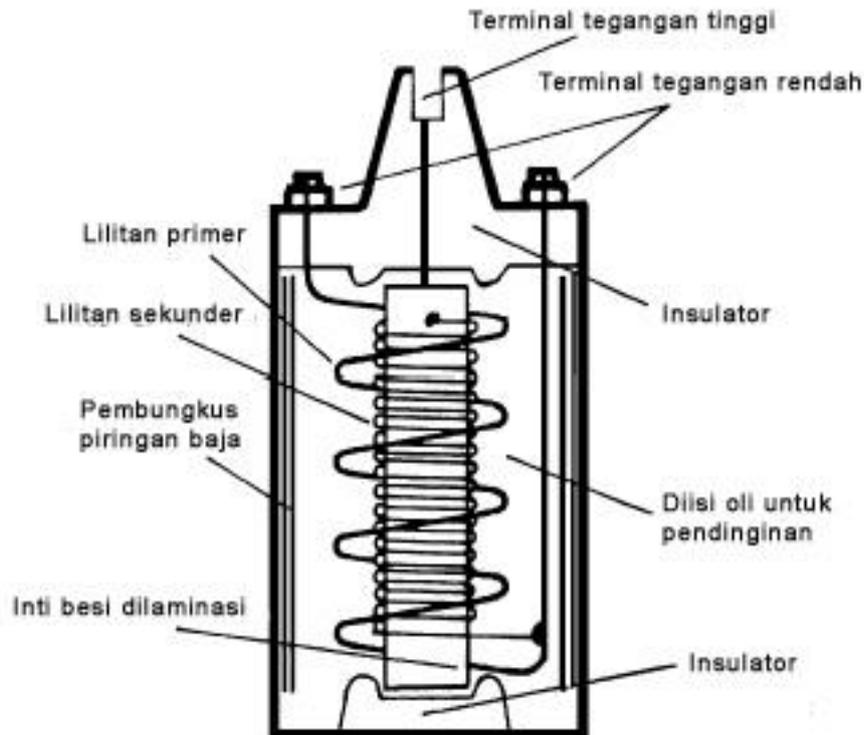
### **Penyebab:**

1. Saat sistem pengapian terlalu maju (retarded) akan menyebabkan engine overheat. Pada saat kunci kontak diputus sejumlah campuran udara/bahan bakar masih terus memasuki ruang bakar dan ini akan dibakar oleh titik panas yang terdapat pada ruang pembakaran, dan engine akan terus hidup.
2. Putaran lambat engine modern adalah sangat tinggi, karburator dilengkapi dengan mekanisme untuk menghentikan campuran bahan bakar memasuki engine saat dimatikan. Penyetelan karburator yang tidak tepat dapat menyebabkan bahan bakar memasuki engine. Pembakaran akibat temperatur tekanan kompresi yang tinggi dan bahan bakar akan menyebabkan engine tetap hidup.
3. Campuran udara/bahan bakar yang terlalu kaya atau terlalu kurus akan menyebabkan engine terlalu panas, saat kunci kontak dimatikan bahan bakar masuk ke dalam engine dan menyebabkan engine tetap hidup.

## Coil Pengapian

### Konstruksi.

Coil pengapian terdiri dari rumah logam yang melapisi lembar pelapis logam untuk mengurangi kebocoran medan magnet. Lilitan sekunder, yang mempunyai lilitan lebih kurang 20.000 lilitan kawat tembaga halus dililitkan secara langsung ke inti besi yang dilaminasi dan disambungkan ke terminal tegangan tinggi yang terdapat pada bagian tutup coil. Karena tegangan tinggi diberikan pada inti besi, inti harus diisolasi oleh tutup dan insulator tambahan diberikan di bagian dasar.



Gambar 1: Kontruksi Coil Pengapian yang umum

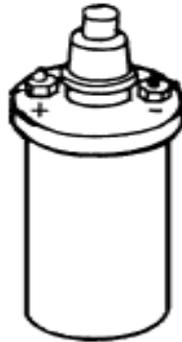
Lilitan primer, terdiri dari 200 – 500 lilitan kawat tembaga yang relatif tebal, di tempatkan dekat dengan bagian luar sekeliling lilitaan sekunder. Panjang dan lebar kawat akan menyebabkan resistansi lilitan primer berubah tergantung pada penggunaannya.

Coil 12 volt berkisar  $13\Omega$  (Ohms)  
Tahanan Ballast berkisar  $2,5\Omega$  (Ohms)  
Coil HEI berkisar  $1\Omega$  (Ohms)

Tutup coil pengapian yang berinsulasi mempunyai terminal tegangan rendah untuk baterai dan sambungan untuk kontak poin dan sambungan untuk tegangan tinggi (puncak coil).

## Identifikasi Coil Pengapian

### Coil Pengapian terintegrasi.



Gambar 2: Coil Pengapian terintegrasi

Coil pengapian terintegrasi adalah coil yang paling umum digunakan dan digunakan sebagai coil standar yang dipasang oleh pabrik kendaraan. Coil ini diisi dengan oli yang tujuannya sebagai pendingin.

Penggunaan coil tertera pada rumah/badan coil.

Misalnya

- 6 V
- 12V
- Digunakan dengan resistor ballast.

### Coil Pengapian Terintegrasi Berdaya Besar (HEI, High Energy Ignition)



Gambar 3: Coil HEI terintegrasi.

Coil HEI dikembangkan mempunyai tahanan lilitan primer yang kecil, secara khusus digunakan pada system pengapian berdaya besar. Sistem ini dirancang untuk memberikan percikan penyulutan yang besar dan lama untuk dapat membakar campuran udara/bahan bakar yang kurus yang diperoleh pada engine-engine pengontrol emisi.

Coil HEI tidak dapat digunakan pada system pengapian dengan kontak point standard karena arus primer yang besar. Coil HEI diperlengkapi dengan katup pelepas tekanan untuk menjaga bila oli pendingin terlalu panas.

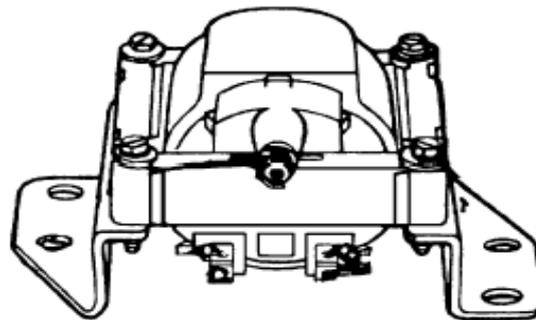
*Catatan:*

Coil harus diikatkan dengan katup yang menghadap pada balok engine untuk menjamin keselamatan diri dari semburan oli pendingin.

Resistansi coil primer HEI yang tipikal adalah:

0,75  $\Omega$  sampai 0,9  $\Omega$

Coil Pengapian Tipe E



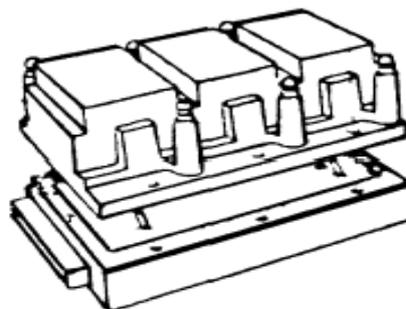
*Gambar 4. Coil Pengapian Tipe E.*

Coil pengapian tipe E tersedia untuk pemakaian semua tipe coil. Coil tersebut sekarang umumnya dipakai sebagai standard pada banyak kendaraan. Rancangan bagian dalam coil tipe E serupa dengan coil yang terintegrasi, tetapi udaranya diinginkan sehingga tidak memberikan keamanan pada katup untuk pemakaian HEI.

Aplikasi coil dicetak ke dalam dudukan pengikat.

Coil-coil tipe E kadang-kadang diikat ke dalam tutup distributor. Ini memungkinkan hanya sedikit gangguan dari luar yang terjadi pada pengoperasian dan memberikan lebih besar rangkaian sekunder bertahanan rendah yang dapat diandalkan.

### **Perangkat Coil Pengapian Pembakaran Langsung**



*Gambar 5. Modul Pengapian & Perangkat Coil Pengapian Pembakaran Langsung.*

Perangkat coil ini bekerja pada system pengapian tanpa distributor. Perangkat coil ini terdiri dari silinder yang masing-masing mempunyai coil sebagai pasangan silinder.

Modul pengendali system pengapian mengoperasikan masing-masing coilnya sebagai system tersendiri, menghidupkan dan mematikan untuk menyediakan bunga api pada masing-masing busi pada waktu yang tepat.

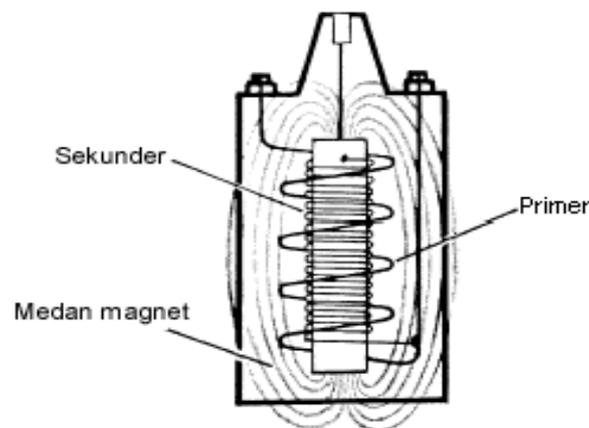
### ***Cara Kerja Coil Pengapian***

Coil pengapian adalah transformator peningkat tegangan.

Coil menghasilkan pulsa-pulsa tegangan tinggi yang dikirimkan ke busi-busi untuk menyulut campuran bahan bakar/udara di tabung engine.

Lilitan primer coil, menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Pada waktu yang ditentukan kontak poin terbuka, arus primer berhenti mengalir dan medan magnet kolap memotong coil sekunder menghasilkan tegangan tinggi ke dalamnya.

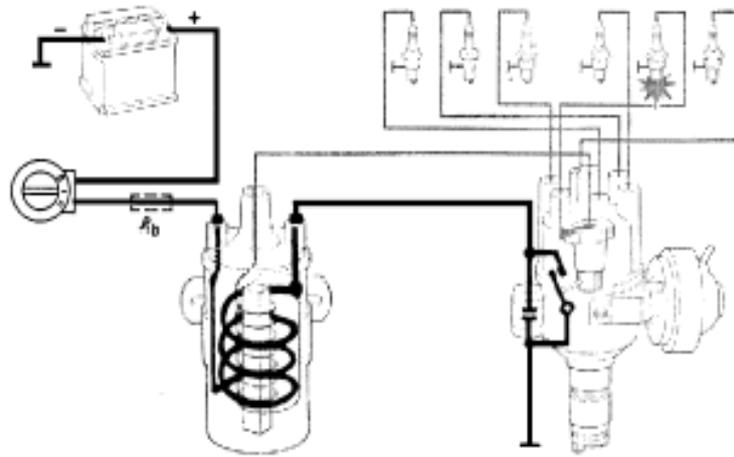
Tegangan sekunder menyalakan busi.



*Gambar 6. Medan Magnet dihasilkan oleh Lilitan Primer.*

## Cara Kerja Sistem Pengapian Waktu

### 1. Rangkaian Primer

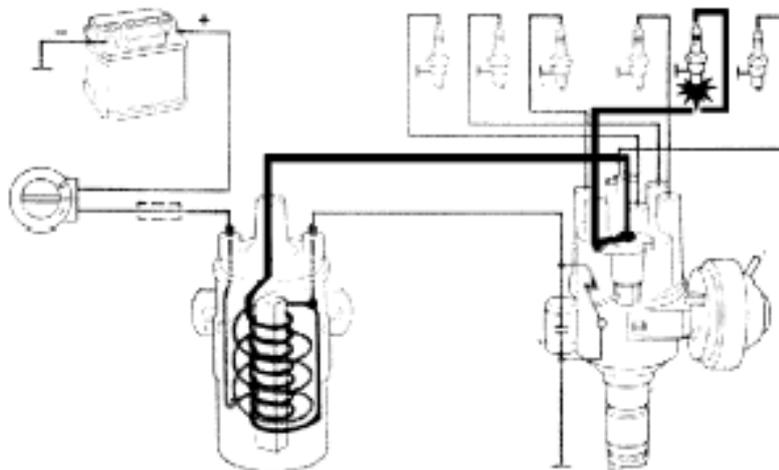


Gambar 7. Rangkaian Primer Sistem Pengapian.

Rangkaian primer merupakan jalur untuk arus tegangan rendah dari baterai (lihat diagram) dan terdiri dari komponen-komponen berikut:

- Saklar Pengapian
- Lilitan Primer Coil
- Kontak Poin Distributor
- Kondensor

### 2. Rangkaian Sekunder



Gambar 8. Rangkaian Sekunder Sistem Pengapian.

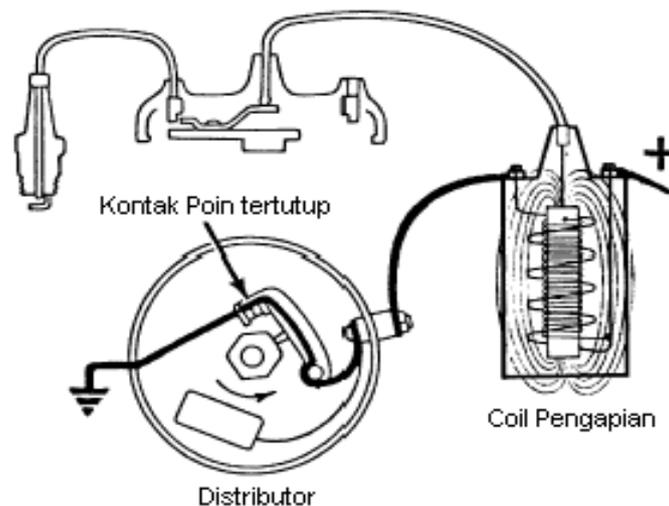
Rangkaian sekunder merupakan jalur untuk arus tegangan tinggi yang ditingkatkan oleh coil dan terdiri dari komponen-komponen berikut:

- Lilitan Sekunder Coil
- Lengan Rotor Distributor
- Tutup Distributor
- Busi-Busi

### ***Cara Kerja Pengapian Induktif***

#### **Cara Kerja – Poin tertutup**

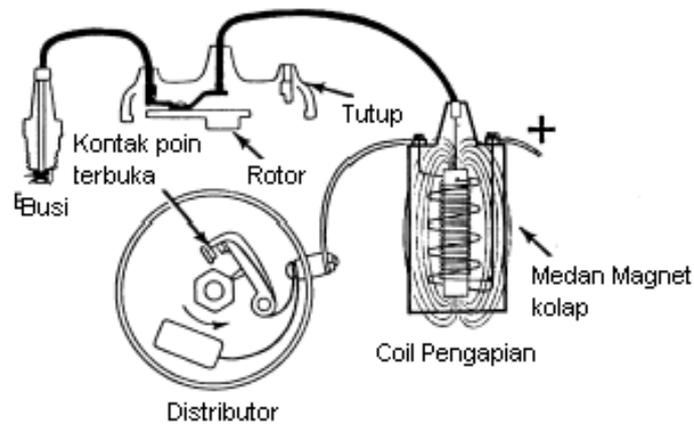
Arus dari baterai mengalir melalui lilitan-lilitan primer coil, membentuk medan magnet, melalui kontak poin ke massa.



*Gambar 9. Cara Kerja Pengapian Poin-Poin Tertutup.*

#### **Cara Kerja Pengapian Poin-Poin Terbuka**

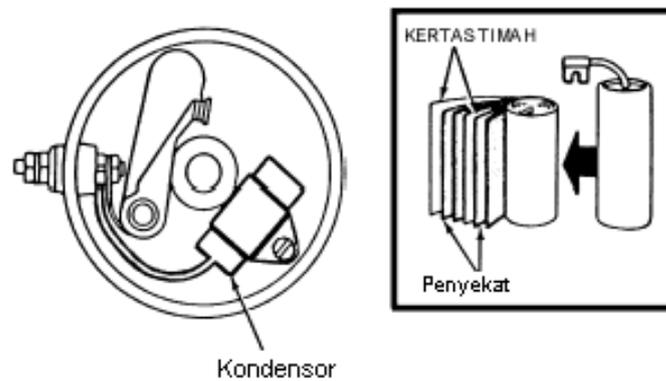
Pada saat poin-poin terbuka oleh bubungan pemutus yang berputar, aliran arus primer terputus. Medan magnet di sekitar lilitan primer coil kolap dan menyebabkan tegangan tinggi (4000 – 30.000 volt) pada lilitan-lilitan sekunder. Sentakan tegangan tinggi ini 'mendorong' arus melalui kabel coil tegangan tinggi ke distributor dan kemudian ke busi-busi. Siklus keseluruhan ini terjadi 50 sampai 150 kali per detik tergantung pada kecepatan engine.



Gambar 10. Cara Kerja Pengapian Kontak-Poin Terbuka.

### Kondensor

Kondensor (kapasitor) biasanya ditempatkan pada dasar distributor.



Gambar 11. Kondensor Dipasang Pada Distributor.

Kondensor mencegah percikan bunga api pada poin-poin pada saat poin-poin tersebut mulai membuka. Arus yang berlebihan mengalir ke dalam kondensor pada saat poin-poin terpisah. Kondensor itu diperlukan karena:

- Poin-poin membuka dan menutup secara mekanis; gerakan tersebut sangat lambat dibandingkan dengan kecepatan aliran arus.
- Poin-poin tersebut hanya membuka sedikit.
- Tegangan di dalam coil dapat menjadi sangat tinggi.

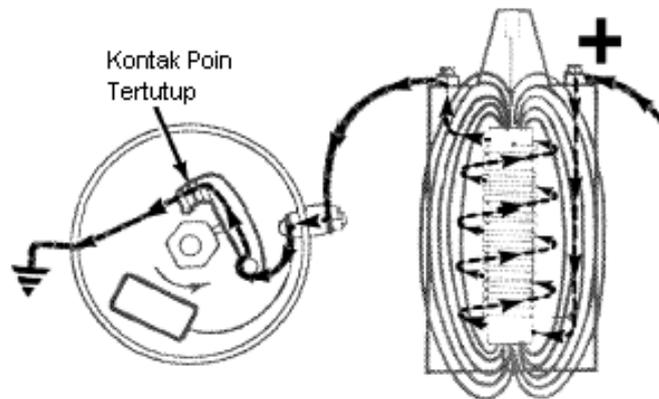
Tanpa kondensor, yang terjadi adalah:

- Tegangan induksi di dalam lilitan primer menjadi sangat tinggi mendorong arus meloncati celah membakar permukaan kontak poin.

- Aliran arus tidak dapat cepat berhenti, dan medan magnet kolap sangat lambat. Karenanya tegangan sekunder terlalu rendah untuk 'menyalakan' busi.

### Cara Kerja Kondensor

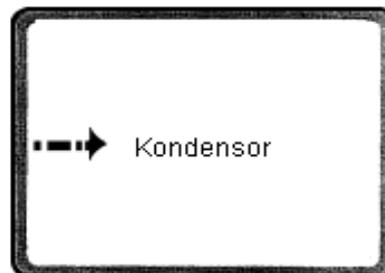
#### Tahap 1 – Poin Tertutup



Gambar 12. Cara Kerja Kondensor Kontak-Poin Tertutup.

Arus mengalir melalui lilitan primer ke massa melalui poin yang tertutup.

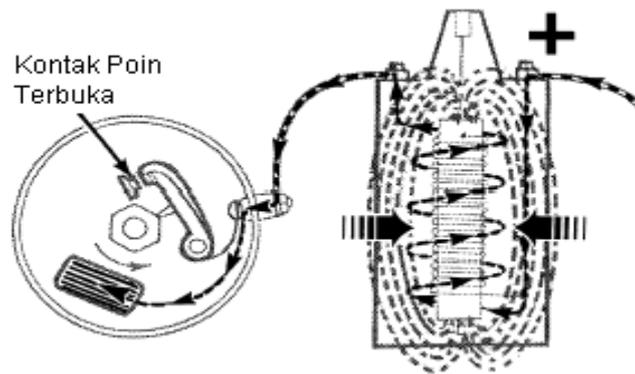
Medan magnet terbentuk di sekeliling coil pengapian.



Gambar 13. Osiloskop Menunjukkan Tegangan Kondensor.

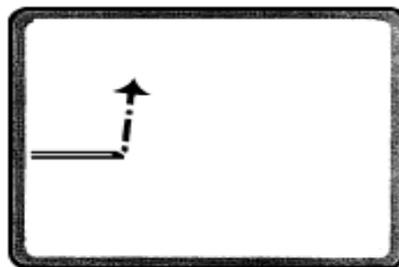
- 1a. Pola osiloskop mengilustrasikan perubahan polaritas tegangan pada rangkaian kondensor coil. Tingkat tegangan adalah 12 V pada satu arah.

## Tahap 2 – Poin Terbuka



Gambar 14. Cara Kerja Kondensor Poin Terbuka.

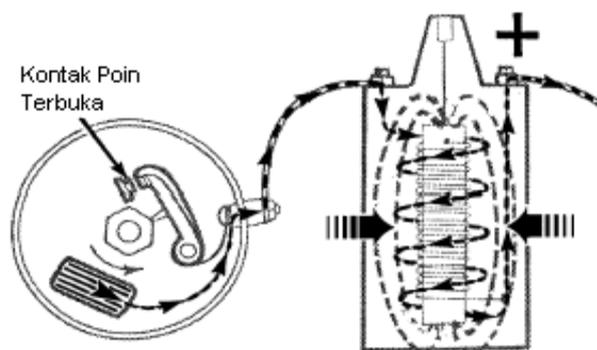
Medan magnet kolap, menginduksi tegangan ke dalam lilitan sekunder. Karena medan magnet juga kolap memotong lilitan primer maka tegangan tinggi (kira-kira 300 V) diinduksi ke dalamnya juga. Tegangan ini akan menyebabkan arus mengalir ke dalam kondensator. Tegangan kondensator akan naik sampai tegangannya sama dengan tegangan coil.



Gambar 15: Tegangan Kondensator Naik.

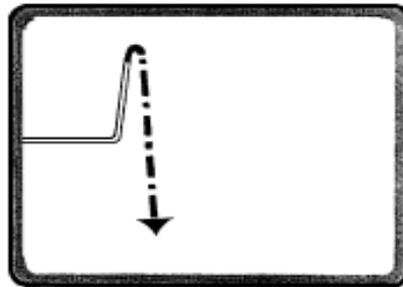
2a. Saat medan magnet kolap tegangan naik dengan cepat.

## Tahap 3.



Gambar 16: Pengosongan Kondensator

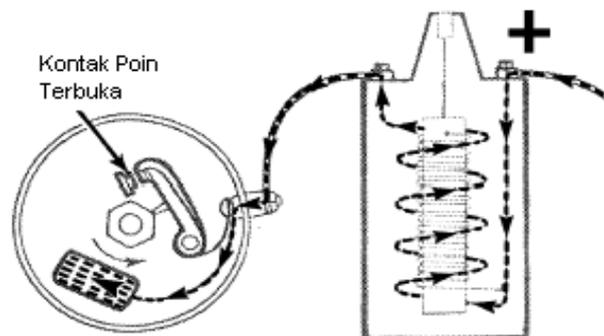
3. Tengan primer mulai menurun. Tegangan kondensor sekarang akan mendorong balik arua listrik kembali ke lilitan primer coil, hal ini memaksa medan magnet yang kolap mengalami kolap lebih cepat yang akan menghasilkan percikan bunga api sekunder yang lebih besar.



Gambar 17: Tegangan kondensor turun.

- 3a. Gaya medan magnet yang kolap menghasilkan tegangan induksi dengan arah yang berlawanan.

#### Tahap 4



Gambar 18: Langkah Pengisian/Pengosongan Kondensor

4. Berkaitan dengan pengaruh medan magnet kondensor dan arus pada lilitan sekunder, gerak gaya listrik balik dihasilkan pada lilitan primer beberapa kali. Arus akan mengalir masuk dan keluar pada kondensor melalui lilitan samapi energi listriknya hilang. Hal ini menimbulkan efek osilasi.



Gambar 19: Langkah Pengisian dan Pengosongan tegangan kondensor

## **Gangguan Kondensator.**

Kondensator relatif murah, dan karena kondensator sering menjadi penyebab rusaknya kontak poin, mekanik biasanya mengambil langkah yang praktis dengan cara memasang kondensator yang baru apabila mereka mengganti kontak poin.

Bagaimanapun juga, bila dilakukan diagnosa pada system pengapian, sering diperlukan menguji kondensator untuk menentukan penyebab gangguan. Empat pengujian dasar yang dilakukan pada kondensator adalah:

1. Kondensator mengalami hubungan singkat.
2. Kebocoran atau resistansi insulatornya rendah
3. Resistansi hubungan seri yang tinggi.
4. Kapasitas dalam microfarad.

Kondensator mengalami hubungan singkat.

Kondensator mengalami hubungan singkat disebabkan oleh rusaknya insulator di antara pelat-pelat kondensator. Kondensator yang mengalami hubungan singkat tidak akan mampu menyimpan muatannya dan mencegah kondensator berkerja.

Kebocoran.

Kondensator yang bocor disebabkan oleh resistansi insulator yang rendah. Kondensator tidak mampu menyimpan muatan listrik pada waktu tertentu karena resistansi insulator yang rendah memungkinkan terjadi kebocoran dari satu pelat ke pelat yang lain.

Resistansi tinggi.

Resistansi seri yang tinggi biasanya disebabkan oleh kerusakan kabel kondensator atau sambungan kondensator yang jelek.

Kapasitas.

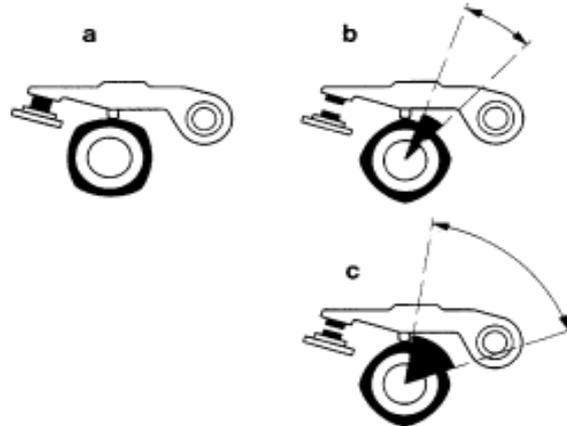
Kapasitas kondensator ditentukan oleh luasnya permukaan pelat-pelat, jarak antar pelat, bahan insulator yang digunakan dan bahan-bahan yang diperkaya.

## ***Sudut Dwell***

Sudut Dwell adalah besarnya sudut putaran busung distributor saat kontak poin menutup.

Sudut Dwell yang tepat sangat penting pada coil pengapian. Coil pengapian, agar dapat berkerja dengan baik memerlukan waktu aliran arus yang mengalir pada lilitan primer cukup lama agar mampu membangkitkan medan magnet yang kuat di sekitarnya.

Kekuatan medan magnet digunakan untuk memotong lilitan sekunder agar menghasilkan tegangan yang diperlukan untuk menyalakan busi.



a) Kontak Poin tertutup, b) Celah Kontak Poin besar, sudut Dwell kecil,  
c) Celah Kontak Poin kecil, sudut Dwell besar

*Gambar 20: Sudut Dwell*

Celah kontak poin dapat merubah sudut dwell. Celah kontak poin yang sempit akan menaikkan sudut dwell. Ini berarti kontak poin tertutup lebih cepat dan menutupnya terlambat dan ini meningkatkan sudut dwell.

Sudut dwell yang terlalu besar dapat menimbulkan kerugian. Kontak poin menutup lebih cepat dapat mempengaruhi kerja coil pengapian dan kondensor menyebabkan pembakaran yang jelek dan kontak poin terbakar karena percikan yang berlebihan.

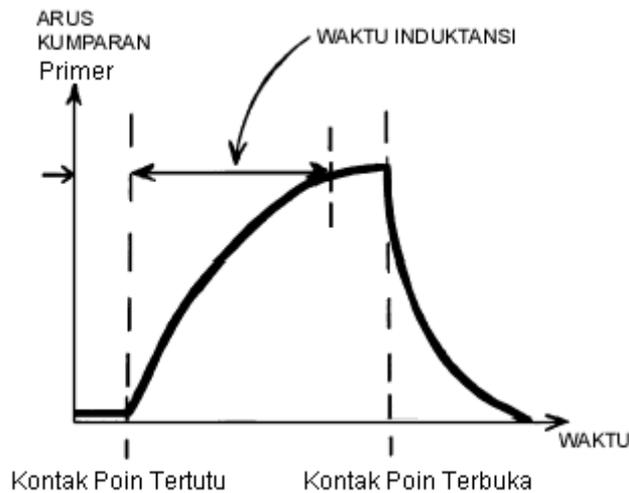
Celah yang besar atau sudut dwell yang kecil, menyebabkan kontak poin menutup lambat dan membuka lebih cepat, coil tidak punya waktu untuk memperoleh kejenuhan medan magnet dengan demikian menimbulkan pembakaran yang jelek.

### ***Penundaan Arus Primer Coil***

Tegangan batere memaksa arus mengalir melalui lilitan primer coil saat kunci kontak dan kontak poin tertutup. Besar arus maksimum yang mengalir melalui rangkaian primer dibatasi oleh resistansi kawat tembaga lilitan primer coil dan seristansi lainnya yang terdapat pada rangkaian.

Pada saat kontak poin menutup arus mulai mengalir. Medan magnet di sekeliling kawat primer coil terbentuk memotong lilitan yang berdekatan dan hal ini menghasilkan tegangan balik yang melawan aliran arus masuk.

Tegangan balik memperlambat (dalam waktu singkat) pencapaian arus maksimum. Karakter ini disebut induktansi. Pembentukan medan magnet primer menghasilkan tegangan induksi pada lilitan sekunder coil, tetapi ini tidak cukup kuat untuk membentuk percikan bunga api pada busi. Perubahan tegangan dapat dilihat pada layar osiloskop sinyal penutupan kontak poin pada lilitan primer maupun sekunder.



Gambar 21: Kejenuhan medan magnet pada Coil

### Output Tegangan Tinggi

Hal-hal yang mempengaruhi tegangan output coil adalah:

1. Arus primer.
2. Tegangan primer.
3. Perbandingan lilitan.
4. Kecepatan kolap medan magnet.
5. Bahan ini coil.

Tegangan yang diperlukan untuk menyalakan busi tergantung pada banyak hal, misalnya perbandingan kompresi engine, kecepatan engine, perbandingan campuran udara/bahan bakar, temperatur busi, bentuk dan lebar celah busi dan banyak hal-hal lainnya.

Tegangan nyata yang muncul pada system sekunder ditentukan oleh kebutuhan busi. Karena kebutuhan busi berubah-ubah, tegangan sekunder juga berubah-ubah, samapai tingkat maksimum yang dapat dicapai yang ditentukan oleh daya yang masuk ke coil dan hal-hal lainnya. Kesalahan penyalaan selalu terjadi apabila tegangan yang masuk melebihi tegangan yang diperlukan.

### Lamanya Penyulutan

Lamanya waktu penyulutan, atau lama terjadinya percikan bunga api, menjadi sangat penting untuk mengendalikan emisi gas buang.

Diperlukan campuran yang kurus untuk mengendalikan emisi gas buang. Dengan campuran yang kurus bagaimanapun juga, jika lamanya nyala bunga api tidak cukup lama, campuran tidak akan terbakar dengan baik. Lamanya nyala bunga api pada busi haru berkisar 0,8 – 2 milidetik (mS, millisecond) dengan arus 100-150 miliamper untuk mendapatkan pembakaran yang baik.

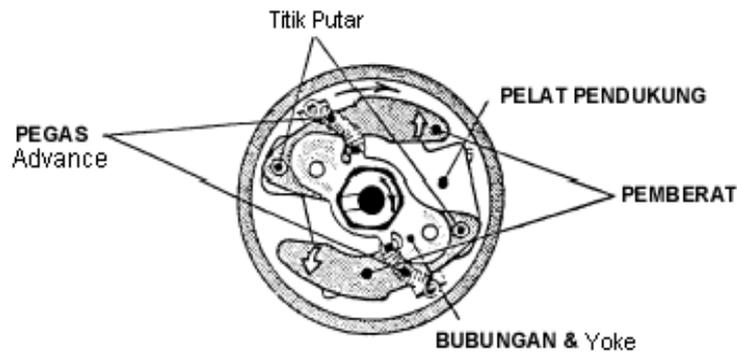
**Catatan:**

Lamanya nyala bunga api pada busi ditentukan oleh daya yang dihasilkan oleh coil.  
Daya = Tegangan (volt) X Arus (amper)

Dua jenis mekanisme pemaju saat pengapian digunakan pada system yang menggunakan kontak poin; pemaju sentrifugal (berhubungan dengan kecepatan putaran engine) dan pemaju vacuum (berhubungan dengan beban engine). Peralatan ini merubah saat pembakaran untuk kondisi kerja engine yang berbeda seperti dijelaskan pada alinea yang lain.

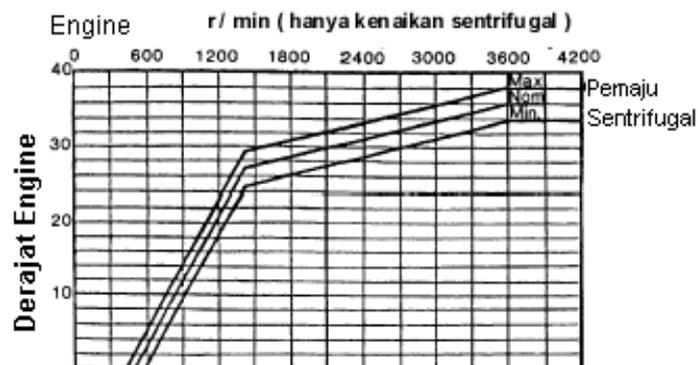
**Pengendali Pengapian Sentrifugal**

Untuk mendapatkan saat pemajuan yang diperlukan saat putaran engine naik, distributor mempunyai mekanisme sentrifugal yang terdiri dari dua buah pemberat yang mempunyai titik tumpu di bagian bawah distributor. Kedua pemberat ini ditahan padaudukannya oleh pegas dan berputar dengan sumbu distributor. Jika kecepatan putar naik, pemberat terlempar ke arah luar (karena pengaruh gaya sentrifugal) melawan tarikan pegas dan akhirnya memajukan bubungan kontak poin.



Gambar 22: Salah satu contoh Mekanisme Pemaju Pengapian jenis Sentrifugal.

Bubungan dapat bergerak bebas pada poros distributor dan saat pemberat bergerak ke arah luar akibat gaya sentrifugal, bubungan bergeser, atau berputar, searah dengan perputaran poros. Hal ini membuat bubungan kontak poin bersinggungan lebih cepat dengan kontak poin, dengan demikian terjadilah pemajuan pengapian.



Gambar 23: Salah satu contoh Kurva untuk Mekanisme Pemaju Pengapian Sentrifugal.

Kurva pemajuan pengapian di atas (untuk pengendalian sentrifugal) mungkin diberikan oleh sejumlah pabrik dalam bentuk gambar dua garis. Untuk grafik di atas dapat muncul (ditafsirkan) sebagai berikut:

RPM	500	700	900	1050	1200	1400	1700	2100	2600	3100	3600	4200
Derajat Engine	0	6	12	16	21	27	28	30	32	34	36	36

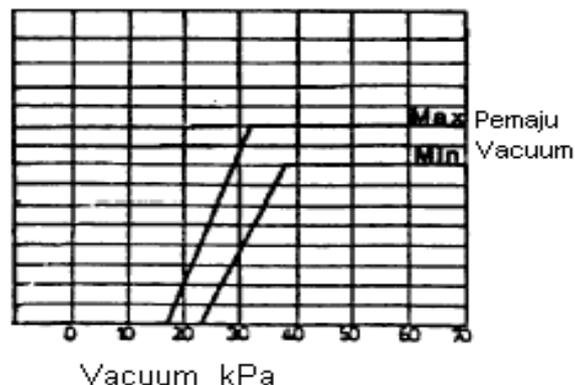
### Pengendali Pengapian Vacuum

Interval waktu antara saat terjadinya penyalaan dan saat diperoleh tekanan kompresi maksimum adalah tidak tetap, tetapi berubah-ubah sesuai kecepatan pembakaran.

- Jika campuran kaya dan tekanan kompresi tinggi, dia akan terbakar dengan sangat cepat sewaktu di sulut.
- Jika campuran miskin dan tekanan kompresi rendah, campuran akan terbakar dengan lambat.

Walaupun perbandingan kompresi tidak berubah-ubah pada suatu engine, jumlah campuran udara/bahan bakar di dalam silinder (pada awal langkah kompresi) berubah-ubah sesuai posisi pembukaan katup throttle, dengan demikian terjadi perubahan pada tekanan kompresi pada rentang kerja engine.

*Pengendali pemajuan percepatan pembakaran Vacuum digunakan untuk merubah saat pengapian untuk menyesuaikan dengan perubahan beban engine*



Gambar 24: Contoh suatu Kurva untuk Pemaju Pengapian Vacuum.

Mekanisme pengendali pemajuan pengapian vacuum terdiri dari unit diafragma vacuum, dihubungkan dengan pelatudukan distributor dan sisilain diafragma dihubungkan dengan saluran vacuum karburator melalui selang vacuum.

Diafragma ditahan pada posisinya oleh pegas. Pelatudukan dan kontak poin akan berputar saat diafragma berhubungan dengan kevacuuman saluran masuk engine.

## Cara Kerja

Pembukaan katup throttle yang kecil akan memberikan tingkat kevacuuman yang tinggi pada diafragma yang mengakibatkan pelat duduk berputar mempercepat saat pengapian.

Saat pembukaan katup throttle membuka semakin lebar, pengaruh kevacuuman akan menurun mengurangi pemajuan saat pengapian.

Pembukaan penuh katup throttle akan memberikan tekanan udara luar (tidak ada kevacuuman) terhadap diafragma mengakibatkan tidak terjadi pemajuan saat pengapian.

### Catatan:

Kerjasama antara pemaju pengapian sentrifugal dan kevacuuman secara otomatis memberikan perubahan yang pasti terhadap saat pengapian pada setiap rentang kerja engine.

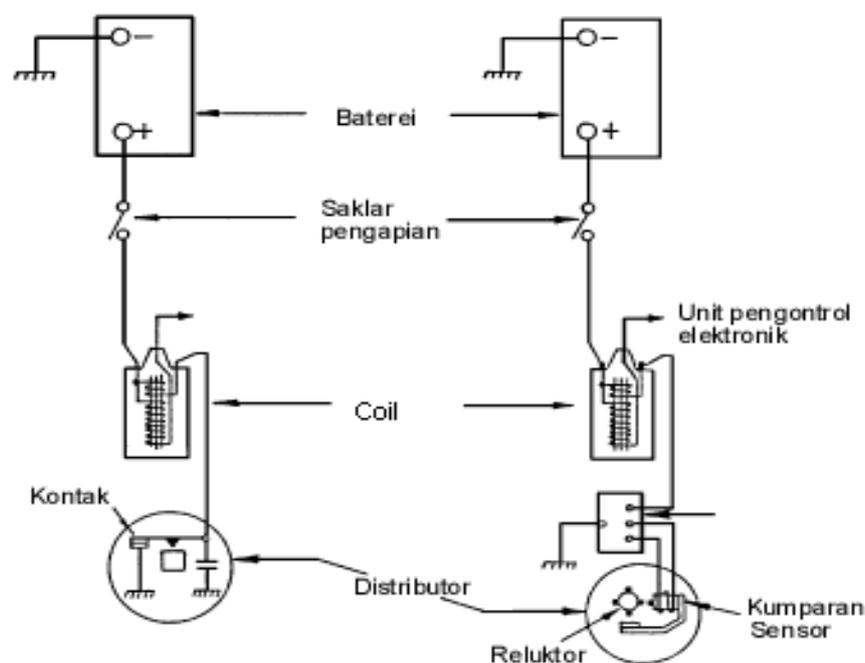
## Sistem Pengapian Elektronik

Perbedaan utama antara pengapian elektronik dengan yang menggunakan kontak poin adalah pada bagian rangkaian primer. Kontak poin digantikan oleh pembangkit sinyal elektronik dan sebuah unit pengendali pengapian elektronik.

Pembangkit sinyal digunakan untuk memberikan impuls listrik untuk memberikan sinyal saat pengapian pada unit pengendali pengapian elektronik.

Unit pengendali akan mensaklarkan rangkaian primer pengapian sebagai sinyal oleh pembangkit sinyal.

## Perbandingan Rangkaian Pengapian



Gambar 25: Perbandingan rangkaian.

Keuntungan system pengapian elektronik.

- Tidak menggunakan kontak poin.
- Tidak memerlukan perawatan kontak poin.
- Sudut Dwell ditetapkan oleh unit pengapian.
- Saat pengapian lebih tepat.
- Percikan bunga api lebih besar dan lebih lama sangat berguna untuk mengendalikan emisi gas buang.

### **Pembangkit Pulsa**

Ada beberapa cara untuk menghasilkan pulsa sinyal pada distributor.

- Pembangkit pulsa.
- Pembangkit efek Hall.
- Sensor optik.

### **Sensor Penghimpun Magnet (Pembangkit Pulsa)**

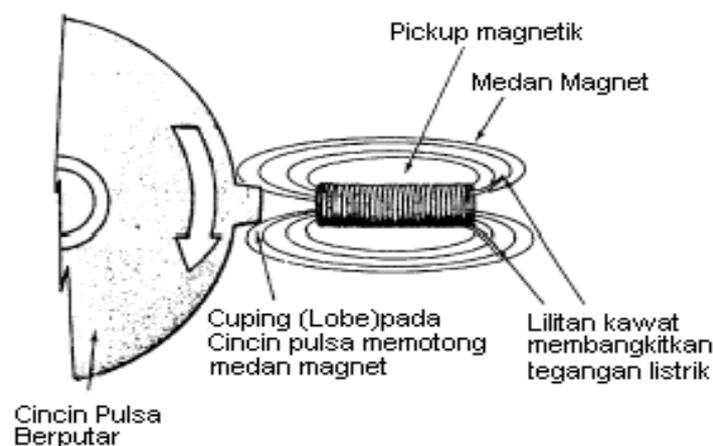
#### **Konstruksi.**

Sensor penghimpun magnet (Magnetic Pick-up Sensor) terdiri dari lilitan kawat dan inti magnet permanen. Magnet permanen membentuk medan magnet di sekeliling lilitan kawat.

#### **Carakerja**

Ketika benda logam mengganggu keseimbangan medan magnet, tegangan listrik terbentuk pada lilitan kawat. Tegangan ini dibangkitkan pada lilitan kawat. Sinyal tegangan ini diperkuat oleh mikrokomputer.

Sensor posisi poros engkol (CP, Crankshaft position) adalah salah satu contoh dari penghimpun magnet. Sensor CP mempunyai perangkat penghimpun magnet. Sensor CP biasanya di tempatkan pada blok engine. Cincin pulsa poros engkol ditempatkan pada poros engkol. Tonjolan logam ditempatkan di bagian pinggiran cincin pulsa.



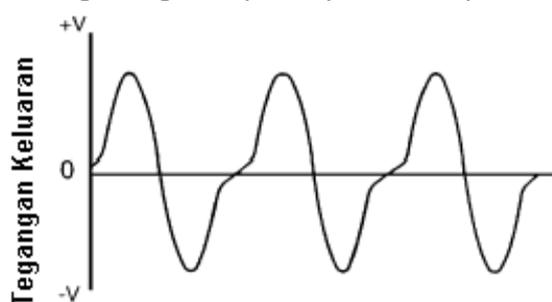
Gambar 26: Kontruksi Sensor Posisi Poros engkol.

Saat cincin pulsa berputar, tonjolan sejajar dengan ujung sensor posisi poros engkol. Tonjolan logam tersebut memotong medan magnet. Gangguan terhadap medan magnet membangkitkan tegangan sinyal tegangan pada lilitan kawat. Sinyal tegangan ini diperkuat oleh ECU.

Penghimpun magnet yang digunakan pada system pengendali elektronik mencakup:

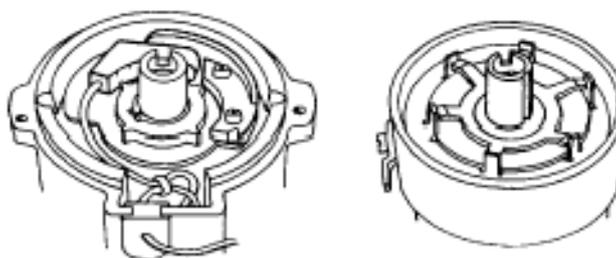
- Sensor posisi poros engkol.
- Sensor kecepatan kendaraan.
- Penghimpun saat pengapian.

Tegangan yang dihasilkan pembangkit pulsa adalah arus bolak-balik (AC). Saat kecepatan meningkat, tegangan dan frekwensinya juga meningkat. CPU memantau frekwensi sinyal untuk menghitung kecepatan poros dan posisinya.



*Gambar 27: Salah satu bentuk Gelombang Pembangkit Pulsa.*

Perubahan terjadi dalam perencanaan pembangkit pulsa, tetapi semuanya menggunakan dasar kerja yang sama.



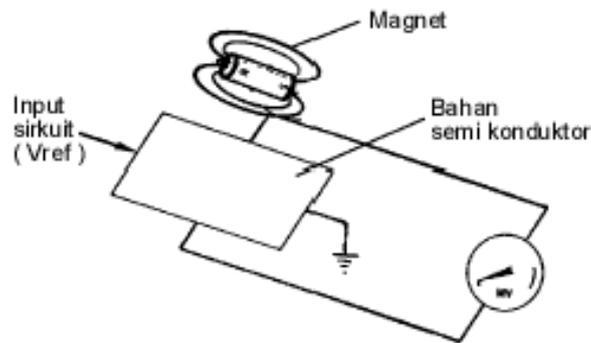
*Gambar 28: Perubahan rancangan pembangkit pulsa.*

### **Dasar Kerja efek Hall**

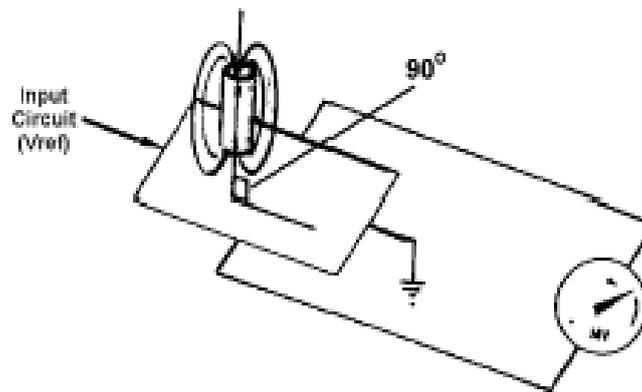
Efek hall adalah nama yang diberikan berdasarkan E.H. Hall yang menemukan efek ini pada tahun 1879.

Bahan semi konduktor tipis yang berbentuk garis (pembangkit hall) mempunyai aliran arus konstan yang mengalirinya. Ketika medan magnet didekatkan pada pembangkit hall sehingga medan magnet tegak lurus terhadap bahan semi konduktor (pembangkit hall), akan muncul tegangan rendah pada sisi semi konduktor yang berbentuk garis. Tegangan ini disebut "Tegangan Hall". Saat magnet dijauhkan tegangan hall akan turun pada titik nol.

Kedua hal tersebut di atas, arus yang konstan dan medan magnet yang tegak lurus terhadap bahan semi konduktor diperlukan untuk membangkitkan tegangan hall. Jika salah satu atau keduanya tidak ada maka tegangan hall tidak akan dapat dihasilkan.

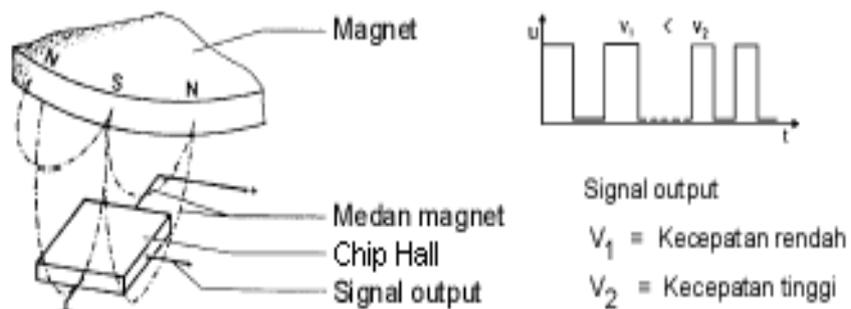


Gambar 29: Tidak ada magnet, tidak ada efek Hall.



Gambar 30: Kemagnetan 90°, Tegangan Hall akan muncul

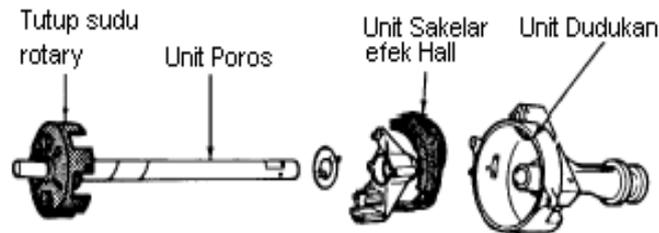
Bentuk gelombang output sensor Hall disebut gelombang digital sebab perubahan magnet terhadap bahan semi konduktor yang berbentuk garis dari 90° akan di matikan tegangan hall. Tegangan keluaran adalah “Ada atau Tidak Ada”.



Gambar 31: Prinsip kerja Sensor kecepatan dan Sinyal keluarannya.

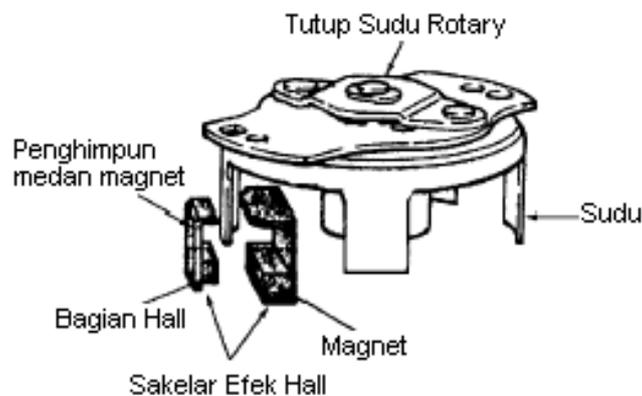
## Sensor Posisi Poros Engkol

Sensor, yang ditempatkan pada distributor, digunakan untuk menentukan putaran engine dan saat pengapian. Saat poros distributor berputar, sensor memberikan sinyal kepada mikrokomputer informasi tentang posisi poros distributor.



Gambar 32: Konstruksi/Tempat Sensor Penghimpun pengapian.

Sensor ini terdiri dari tutup sudu yang berputar dan saklar efek Hall. Tutup sudu yang berputar di tempatkan di bagian atas poros distributor. Saklar efek Hall berada di bagaian dasar distributor.



Gambar 33: Tutup sudu berputar, Sakelar efek Hall.

Tutup sudu berputar dan sakelar efek Hall ditempatkan sedemikian rupa sehingga sudu-sudu dapat melalui celah sakelar saat sudu-sudu berputar.

Bila tidak ada sudu yang berada di celah medan magnet menyebabkan munculnya tegangan hall.

Bila sudu berada diantara celah, medan magnet terhalang dari bagian sensor. Tidak akan ada tegangan Hall yang muncul.

Frekwensi (kecepatan) tegangan sinyal akan tergantung pada putaran poros dan jumlah sudu-sudu. Lebar sinyal akan beragam tergantung pada ukuran sudu.

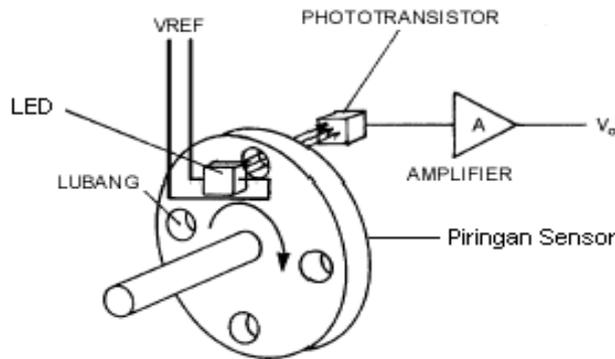
## Sensor Posisi Poros Engkol Optik

Hampir sama dengan sensor Hall, sensor posisi poros engkol optik menggunakan piringan yang secara langsung dihubungkan dengan poros pemutar. Sebagai pengganti sudu, piringan dilengkapi dengan lubang-lubang yang posisinya berhubungan dengan derajat perputaran.

Contoh:

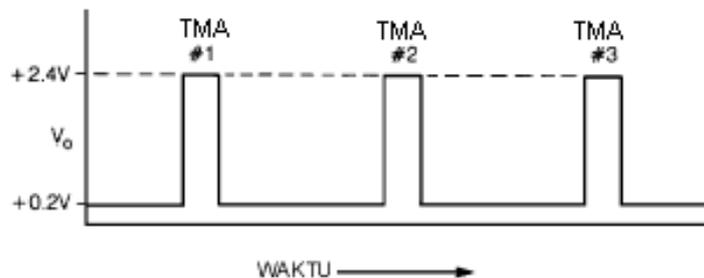
- 90° untuk engine 4 silinder.
- 60° untuk engine 6 silinder.
- 45° untuk engine V 8 silinder.

Sensor-sensor modern mungkin mempunyai perputaran poros 360°.



Gambar 34: Sensor Posisi Poros engkol Optik.

Ditempatkan pada setiap sisi piringan sebuah LED (Light Emitting Diode) dan sebuah Phototransistor. Lubang pada piringan memungkinkan cahaya dari LED mencapai phototransistor, digunakan sebagai sensor.



Gambar 35: Output Pulsa

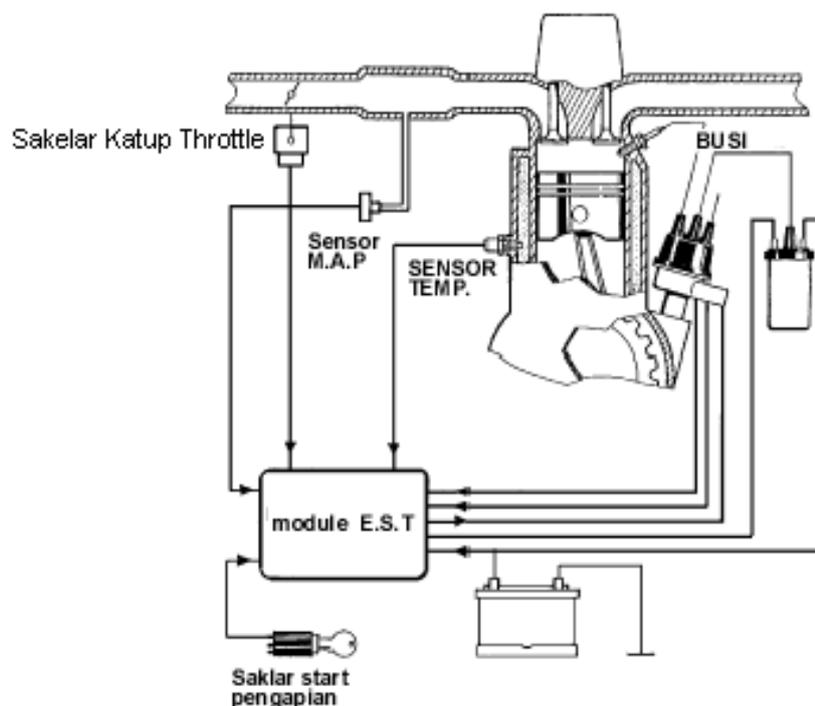
Output phototransistor diperkuat untuk memberikan sinyal tegangan ke ECU.

## ***Sistem Pewaktu Pengapian Elektronik (EST)***

Sistem pewaktu pengapian elektronik menggantikan system pemaju saat pengapian konvensional yaitu sistem sentrifugal dan vacuum. Ini memberikan saat pengapian yang optimum yang diperlukan oleh engine yang dipengaruhi oleh kecepatan, beban, temperatur pendingin engine, posisi throttle dan kondisi kerja motor starter dan kompresor system penyejuk udara.

Sistem ini terdiri dari:

1. Distributor – dengan pembangkit sinyal.
2. Sensor Tekanan mutlak manifold (MAP)
3. Sensor Temperatur pendingin engine.
4. Sakelar posisi throttle.
5. Modul Pengendali Elektronik.
6. Coil Pengapian.
7. Kabel Tegangan Tinggi.
8. Busi.
9. Masukan dari rangkaian solenoid motor starter.
10. Masukan dari rangkaian kompling kompresor AC



*Gambar 36: Sistem EST*

Sensor-sensor memberikan informasi kerja engine kepada modul, yang akan menghitung saat pengapian yang diperlukan dan merubah sinyal keluaran kepada coil pengapian untuk memberikan pengendalian saat pengapian.

## Alternatif Sistem Pengapian

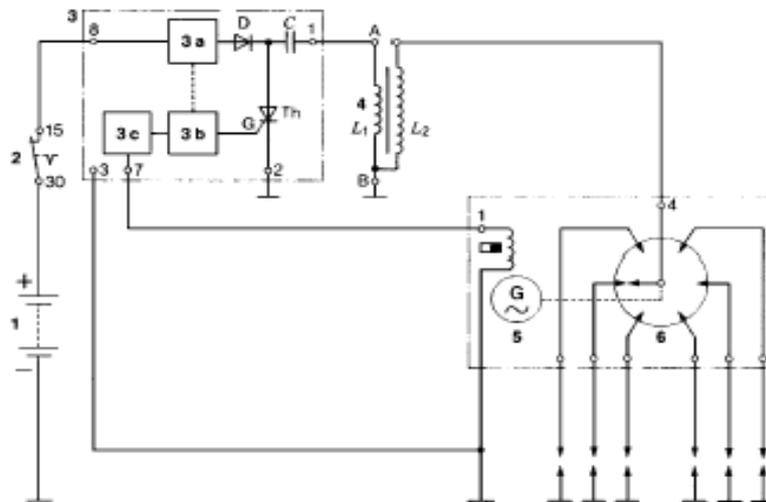
### Capacitor Discharge Ignition (CDI)

CDI berkerja dengan prinsip kerja yang berbeda dengan system pengapian yang telah dijelaskan sebelumnya. Ini dikembangkan untuk engine yang mempunyai unjuk kerja yang tinggi.

Perbedaan utama dengan system pengapian elektronik adalah pada kapasitor penyimpanan dan cara kerja modul elektronik.

### Cara Kerja

Modul elektronik mengendalikan perubahan catudaya 12 V ke 400 V yang digunakan untuk mengisi kapasitor penyimpanan yang besar. 400 V diperlukan untuk mencapai tingkat energi yang diperlukan untuk mengoperasikan system.



1. Batere
2. Kunci Kontak
3. Kotak Pemacu
- 3a. Bagian Pengisian
- 3b. Bagian Pengendali
- 3c. Pembentuk Pulsa
4. Transformator Pengapian
5. Pembangkit pulsa jenis Induksi
6. Distributor
- D. Dioda
- C. Kapasitor Penyimpan
- Th. Theristor dengan gerbang G
- L1. Lilitan Primer
- L2. Lilitan Sekunder

Gambar 37. Diagram Rangkaian. CDI yang tidak memakai kontak poin dengan Pulsa Induktif System Generator dalam Distributor.

Pada titik pengapian theristor dipicu, muatan kapasitor dikosongkan melalui lilitan utama coil pengapian. Kecepatan pertumbuhan medan magnit jauh lebih cepat daripada system pengapian tradisional dengan efek tegangan yang cepat terjadi pada lilitan sekunder untuk menghasilkan bunga api untuk busi.

Begitu muatan kapasitor dikosongkan theristor mati untuk kemudian memulai kembali siklus pengapian.

### **Keunggulan-keunggulan**

- System CDI tidak tergantung waktu (sudut dwell) untuk memastikan magnetic coil pengapian terpenuhi sepenuhnya.
- Dapat beroperasi pada frekuensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan system pengapian elektronik dan kontak tradisional.

### **Kelemahan-Kelemahan**

- Untuk banyak aplikasi durasi bunga api terlalu singkat untuk memperoleh pengapian yang dapat diandalkan.

## ***Sistem Pengapian Magneto***

### **Tujuan**

Sistem pengapian magnet berkerja tidak tergantung pada sumber batere dan memberikan tegangan tinggi yang diperlukan untuk membakar campuran udara/bahan bakar di dalam ruang pembakaran.

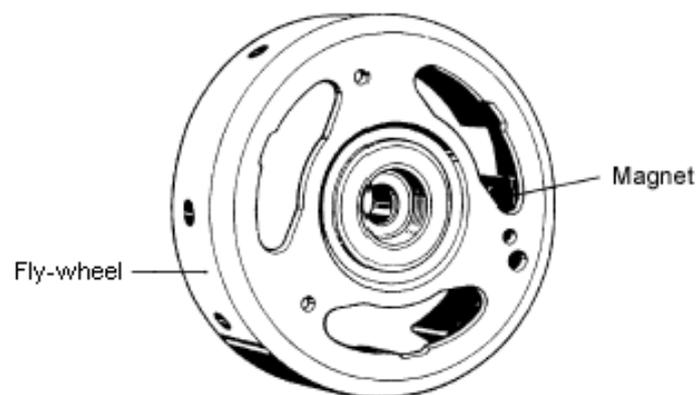
### **Penerapan.**

Sistem magnet dikenal sangat kompak, bobotnya ringan dan sangat sesuai untuk digunakan pada engine yang dirancang untuk menggerakkan:

- Kendaraan kecil.
- Perangkat daya.
- Sepeda motor.
- Kendaraan salju.
- Pemotong rumput.
- Mesin gergaji.
- Engine untuk perahu motor.
- Mesin pertanian.
- Engine stasioner

Sistem magnet sangat toleran dengan temperatur rendah dan tinggi.

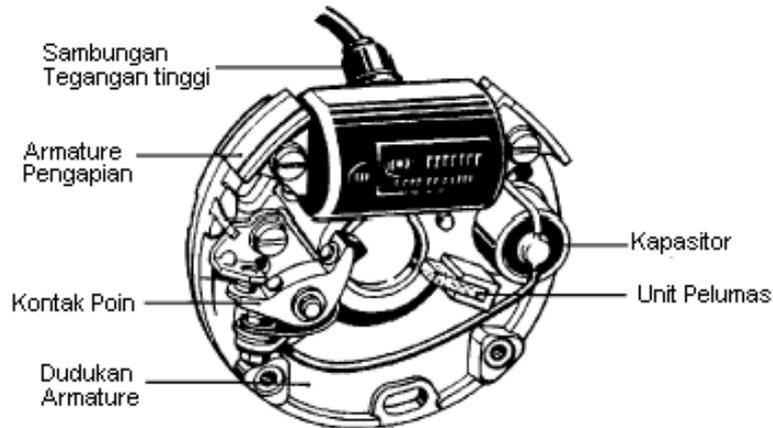
### **Kontruksi**



*Gambar 38: Fly-wheel magnet.*

Sistem magnet ini terdiri dari:

- Flywheel baja yang berputar yang dilengkapi dengan magnet permanen, dipasangkan pada poros engkol engine.

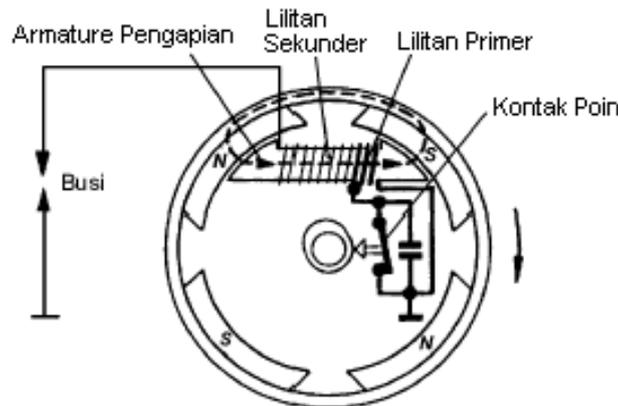


Gambar 39: Pelat dudukan Magnet

- Pelat dudukan yang tidak bergerak (tetap) menyangga armatur pengapian (coil), kontak poin dan kapasitor. (Sistem yang dikendalikan elektronik mempunyai pembangkit pulsa yang dipasangkan pada pelat dudukan).

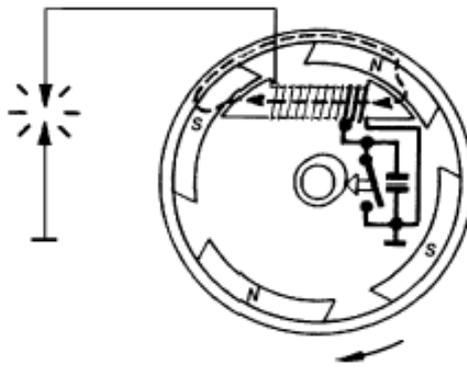
### Cara Kerja

Medan magnet yang terdapat pada flywheel sejajar dengan inti armatur pengapian. Pada saat flywheel berputar tegangan AC diinduksikan pada rangkaian primer.



Gambar 40: Kerja magnet saat kontak poin tertutup.

Saat kontak poin tertutup arus induksi mengalir pada lilitan primer armatur pengapian menghasilkan medan magnet.



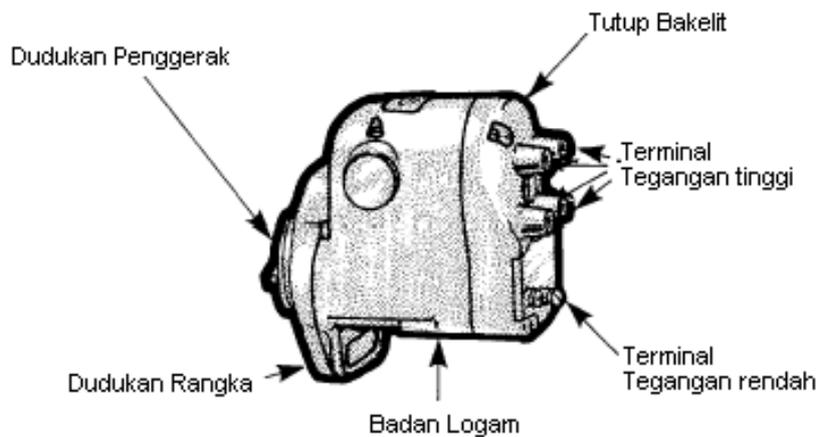
Gambar 41: Kerja magnet saat kontak poin terbuka

Dalam waktu yang singkat kontak poin terbuka dan aliran arus induksi berhenti, medan magnet kolap dan menghasilkan induksi tegangan tinggi pada lilitan sekunder coil, menghasilkan percikan bunga api pada busi.

*Catatan*

Untuk mendapatkan output yang maksimal, system magnet dirancang untuk membuka kontak poin saat arus induksi maksimum mengalir pada lilitan primer coil.

Beragam bentuk rancangan akan kita temui sesuai dengan bentuk rancangan engine dan penggunaan perangkat pemicu elektronik. Sistem magnet juga dapat digunakan pada engine bersilinder banyak, menggantikan distributor tradisional atau digerakkan oleh poros bubungan engine.



Gambar 42: Unit magnet untuk engine bersilinder banyak