

**PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM PENGAPIAN TRANSISTOR
TERHADAP TORSI DAN DAYA *ENGINE* TOYOTA KIJANG 5K**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi
Jurusan Teknik Otomotif sebagai salah satu persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



**M. IRFAN SJARIEF
NIM: 1102465/2011**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

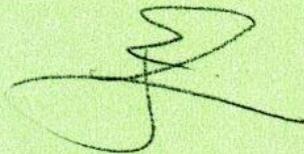
SKRIPSI

Judul : Pengaruh Penggunaan Sistem Pengapian Transistor Terhadap Torsi dan Daya *Engine* Toyota Kijang 5k
Nama : M. Irfan Sjarief
NIM : 1102465/2011
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 12 Agustus 2015

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



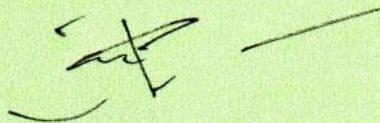
Drs. Andrizar, M. Pd
NIP. 19650725 199203 1 003

Pembimbing II



Donny Fernandez, S. Pd, M. Sc
NIP. 19790118 200312 1 003

Ketua Jurusan



Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : M. Irfan Sjarief

NIM : 1102465/2011

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Peguji

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan Teknik Otomotif

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Padang

dengan judul

**Pengaruh Penggunaan Sistem Pengapian Transistor Terhadap
Torsi dan Daya *Engine* Toyota Kijang 5k**

Padang, 12 Agustus 2015

Tim Penguji

Ketua : Drs. Andrizal, M.Pd

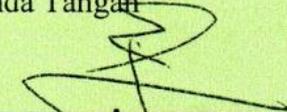
Sekretaris : Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc

Anggota : Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd

Anggota : Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd

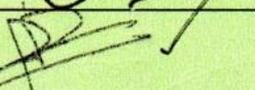
Anggota : Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng

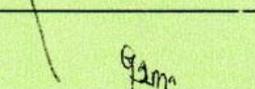
Tanda Tangan

1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Penggunaan Sistem Pengapian Transistor Terhadap Torsi dan Daya *Engine* Toyota Kijang 5K”, adalah asli karya saya sendiri;
2. karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada perpustakaan;
4. pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku

Padang, 12 Agustus 2015

Yang membuat pernyataan



M. Irfan Sjarief

NIM 1102465/2011

ABSTRAK

M. Irfan Sjarief. 2015. “Pengaruh Penggunaan Sistem Pengapian Transistor Terhadap Torsi dan Daya *Engine* Toyota Kijang 5K” *Skripsi*. Padang: Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Mesin yang bekerja dalam performa maksimal dapat menjadikan mesin tersebut lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar, juga tenaga dan akselerasi yang dihasilkan mesin lebih maksimal dan ringan tanpa hambatan. Sistem pengapian harus selalu dapat bekerja dengan baik agar setiap saat dapat menghasilkan tegangan tinggi pada setiap putaran mesin. Sistem pengapian konvensional menghasilkan pembangkitan tegangan sekunder koil yang tidak stabil pada rentang putaran mesin rendah dan tinggi. Terjadi penurunan tegangan pada putaran mesin rendah dan tinggi menyebabkan besar percikan bunga api tidak stabil yang dapat menyebabkan proses pembakaran didalam silinder tidak sempurna. Sistem pengapian transistor adalah salah satu dari produk komponen pengapian yang memiliki kerja dan performa yang lebih baik dibandingkan dengan sistem pengapian konvensional sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan proses pembakaran agar torsi dan daya yang dihasilkan mesin maksimal.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pendekatan eksperimen. Pengujian dilakukan pada putaran 1500, 3000, dan 4500 RPM, pengambilan data dilakukan sebanyak 2 kali pada masing-masing putaran mesin. Pengujian dilakukan dengan kondisi mesin menggunakan sistem pengapian konvensional dan kemudian dilanjutkan dengan pengujian mesin menggunakan sistem pengapian transistor.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijabarkan menggunakan *uji t* maka didapatkan rata-rata dari masing-masing torsi yang dihasilkan sistem pengapian konvensional dibandingkan dengan sistem pengapian transistor pada putaran mesin 1500 RPM rata-ratanya 27,000216 (signifikan) sedangkan untuk putaran 3000 RPM rata-ratanya 96,874558 (signifikan) dan untuk putaran 4500 RPM rata-ratanya 12,333366 (signifikan). Hasil penelitian yang telah dijabarkan menggunakan *uji t* maka didapatkan rata-rata dari masing-masing daya yang dihasilkan sistem pengapian konvensional dibandingkan dengan sistem pengapian transistor pada putaran mesin 1500 RPM rata-ratanya 7,589652 (signifikan) sedangkan untuk putaran 3000 RPM rata-ratanya 11,667291 (signifikan) dan untuk putaran 4500 RPM rata-ratanya 3,528240 (signifikan).

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT yang telah memberikan segenap rahmat, hidayah, kekuatan, dan kesanggupan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“Pengaruh Penggunaan Sistem Pengapian Transistor Terhadap Torsi dan Daya Engine Toyota Kijang 5K”***. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program pendidikan pada jenjang program Strata Satu (S1), Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak sehingga dengan bantuan tersebut skripsi ini telah dapat penulis selesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Syahril, ST, MSC.E, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M. Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Andrizal, M. Pd, selaku Pembimbing I penulis.
4. Bapak Donny Fernandez, S. Pd, M. Sc, selaku Pembimbing II penulis.
5. Bapak/Ibu Dosen staf pengajar di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Orang tua tercinta yang telah memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis baik secara materil maupun non materil dalam mengikuti perkuliahan sampai menyelesaikan skripsi ini.

7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP 2011

Semoga bantuan, bimbingan dan petunjuk yang bapak/ibu, Saudara/i berikan menjadi amal shaleh dan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritikan yang konstruktif dari semua pihak. Mudah-mudahan skripsi ini bisa dilanjutkan dan bermanfaat. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan taufik dan hidayah-Nya, Amin.

Padang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	8
G. Asumsi Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Deskripsi Teori	9
B. Penelitian Relevan	50
C. Kerangka Konseptual	50
D. Hipotesis Penelitian	51
BAB III METODE PENELITIAN	52
A. Desain Penelitian	52
B. Definisi Operasional dan Variabel Penelitian	53
C. Objek Penelitian	54
D. Instrumen Pengumpulan Data	55
E. Prosedur Penelitian	55
F. Teknik Pengambilan Data	57
G. Teknik Analisis Data	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
A. Hasil Penelitian.....	61
B. Pembahasan	70
C. Keterbatasan Penelitian	73
BAB V PENUTUP	74
A. Kesimpulan.....	74
B. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Pendapat Perusahaan Otomotif Mengenai Sistem Pengapian Transistor dan Konvensional	5
Tabel 2. Pola Penelitian <i>The Posttest Only Control Design</i>	52
Tabel 3. Data Torsi Mesin dengan Sistem Pengapian Standar.	57
Tabel 4. Data Daya Mesin dengan Sistem Pengapian Standar	57
Tabel 5. Data Torsi Mesin dengan Sistem Pengapian Transistor	58
Tabel 6. Data Daya Mesin dengan Sistem Pengapian Transistor	58
Tabel 7. Data Tegangan Koil Mesin dengan Sistem Pengapian Standar	58
Tabel 8. Data Tegangan Koil Mesin dengan Sistem Pengapian Transistor	58
Tabel 9. Data Torsi Mesin dengan Sistem Pengapian Standar	61
Tabel 10. Data Daya Mesin dengan Sistem Pengapian Standar	61
Tabel 11. Data Torsi Mesin dengan Sistem Pengapian Transistor	61
Tabel 12. Data Daya Mesin dengan Sistem Pengapian Transistor	62
Tabel 13. Data Tegangan Koil Mesin dengan Sistem Pengapian Standar	63
Tabel 14. Data Tegangan Koil Mesin dengan Sistem Pengapian Transistor	63
Tabel 15. Hasil Pengujian Torsi dan Daya Mesin dengan Sistem Pengapian Konvensional dan Transistor Menggunakan <i>Uji t</i>	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Pembangkitan Tegangan Sistem Pengapian Konvensional	2
Gambar 2. Sirkuit Sistem Pengapian Konvensional	31
Gambar 3. Sirkuit Sistem Pengapian Transistor	35
Gambar 4. <i>Signal Generator</i>	36
Gambar 5. Aliran arus saat mesin mati.	38
Gambar 6. Aliran arus saat <i>Pick up coil</i> menghasilkan tegangan positif.....	39
Gambar 7. Aliran arus saat <i>Pick up coil</i> menghasilkan tegangan negatif.	40
Gambar 8. Hubungan tegangan yang dihasilkan dan kebutuhan tegangan	43
Gambar 9. Perbandingan Torsi Sistem Pengapian Konvensional dan Transistor.....	64
Gambar 10. Perbandingan Daya Sistem Pengapian Konvensional dan Transistor	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Analisis Standar Deviasi.....	79
Lampiran 2. Penyelesaian Hasil <i>Uji t</i>	88
Lampiran 3. T_{Tabel} Lipson.....	95
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian.....	96
Lampiran 5. Surat Bukti Penelitian.....	97
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Mesin kendaraan diharapkan selalu dalam performa yang baik, mesin yang bekerja dalam performa maksimal dapat menjadikan mesin tersebut lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar, juga tenaga dan akselerasi yang dihasilkan mesin lebih maksimal dan ringan tanpa hambatan. Kesempurnaan proses pembakaran suatu mesin diharapkan setiap saat selalu dapat tercapai.

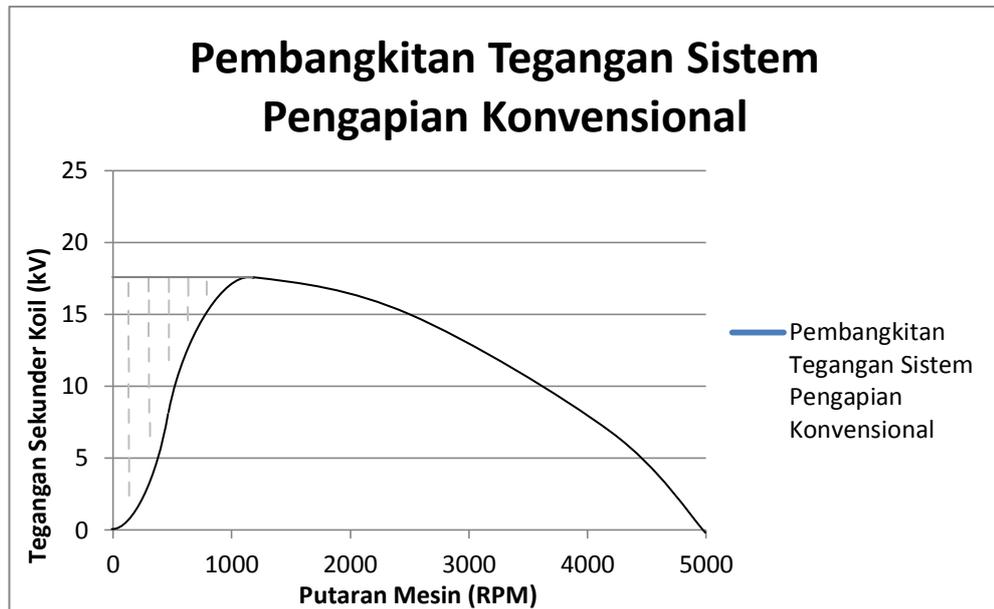
Proses pembakaran dimulai pada saat busi memercikkan bunga api hingga piston terdorong oleh karena tekanan dari hasil pembakaran. Bunga api pada busi dihasilkan oleh suatu rangkaian listrik yang disebut sistem pengapian. Wardan (1989 : 266) menyatakan “Sistem pengapian adalah salah satu sistem yang ada pada motor yang memungkinkan motor dapat bekerja, sistem pengapian ini berfungsi untuk menimbulkan bunga api untuk membakar campuran bahan bakar yang dikompresikan dalam silinder”.

Menurut Buntarto (2015 : 72) menyatakan bahwa:

“Tegangan tinggi pada busi (antara 10.000 sampai dengan 30.000 volt) diperlukan agar busi dapat meloncatkan listrik di antara *electrode*-nya di dalam ruang bakar. Tegangan sebesar puluhan ribu volt tersebut ditujukan untuk melawan tahanan gap busi yang cukup besar (jarak antara elektroda tengah dan samping antara 0.7-1mm). Pada ruang bakar, campuran udara dan bahan bakar yang terkompresi juga mempunyai tahanan yang tinggi. Kedua alasan inilah yang menyebabkan diperlukannya tegangan tinggi dari sistem pengapian”.

Sistem pengapian harus selalu dapat bekerja dengan baik agar setiap saat dapat menghasilkan tegangan tinggi pada setiap putaran mesin. Tegangan tinggi yang ditimbulkan menghasilkan bunga api pada busi harus cukup besar

agar dapat membakar campuran bahan bakar dan udara sehingga tercapai pembakaran yang sempurna. Sempurnanya proses pembakaran akan mempengaruhi performa mesin, sebagian yang termasuk sebagai parameter performa mesin adalah besarnya torsi dan daya yang dihasilkan mesin.



Gambar 1. Pembangkitan Tegangan Sistem Pengapian Konvensional
(Sumber : Toyota *Engine Group Step 2*, 1995: 31)

Dalam buku Toyota *Engine Group Step 2* terlihat diagram seperti diatas menunjukkan sistem pengapian konvensional menghasilkan pembangkitan tegangan sekunder koil yang tidak stabil pada rentang putaran mesin tertentu. Seperti yang terlihat dalam grafik diatas tegangan sekunder koil yang tidak stabil yaitu terjadi penurunan tegangan pada putaran mesin rendah dan atas menyebabkan besar percikan bunga api juga tidak stabil yang dapat menyebabkan proses pembakaran didalam silinder tidak sempurna.

Toyota *Engine Group Step 2* (1995 : 30) menyatakan “Penurunan tegangan tinggi pada kumparan sekunder koil disebabkan oleh terjadinya

penurunan kecepatan pemutusan arus akibat dari adanya loncatan bunga api pada kontak platina saat kontak platina mulai membuka. Terbakarnya titik kontak platina menyebabkan ausnya kontak platina sehingga saat pengapiannya menjadi berubah”.

Mobil Toyota Kijang 5K terdiri dari tipe Toyota Kijang Super, Deluxe dan Grand Extra *series*, menurut PT. Toyota Astra Motor (1981 : 8-2) “Mesin seri 5K pada Toyota Kijang menggunakan sistem pengapian konvensional”. Sistem pengapian standar pabrikan Toyota Kijang 5K adalah sistem pengapian konvensional. Performa mesin standar Toyota Kijang 5K yang dirasa kurang maksimal membuat sebagian masyarakat memutuskan untuk mengaplikasikan produk-produk *aftermarket* atau menggantikan komponen standar pabrikan dengan komponen yang memiliki spesifikasi kerja yang lebih baik untuk meningkatkan performa mesin secara praktis dan instan. Seiring dengan perkembangan teknologi produk komponen-komponen *aftermarket* tersebut banyak dijumpai di pasaran.

Dalam ASE *Engine Performance* Unit VIII (2004 : 117) menyatakan “*The problem just mentioned are overcome by using a power transistor to carry out the switching function and a pulse generator to provide the timing signal. Most of transistor ignition systems today are known as constant energy. This ensures high performance ignition even at high engine speed*”. Kutipan diatas menjelaskan bahwa sistem pengapian transistor menggunakan *pulse generator* yang berfungsi mengaktifkan dan mematikan transistor untuk mengatur saat pengapian yang lebih tepat dapat menutupi beberapa

kelemahan yang terdapat pada sistem pengapian konvensional. Sistem pengapian transistor dikenal sebagai sebuah sistem pengapian elektronik yang dapat bekerja secara konstan dan stabil, sehingga dapat menghasilkan performa pengapian yang lebih baik pada setiap putaran mesin.

Sistem pengapian transistor adalah salah satu dari produk komponen *aftermarket* yang diyakini masyarakat memiliki kerja dan performa yang lebih baik dibandingkan dengan sistem pengapian konvensional. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan penulis terhadap beberapa masyarakat yang berprofesi dibidang otomotif maka terkumpul beberapa pendapat tentang penggunaan sistem pengapian transistor.

Menurut Auto 2000 Toyota, menggunakan sistem pengapian transistor dapat memperbaiki kelemahan pada mesin yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional yang cenderung kekurangan tenaga pada putaran mesin tinggi, maka dari itu Toyota telah menyempurnakan produk Toyota Kijang mulai dari seri Kijang tahun produksi tahun 1997 keatas sudah menggunakan sistem pengapian transistor.

Menurut PT. Andalas Berlian Motors sebagai dealer Mitsubishi Motors, menggunakan sistem pengapian transistor tidak memerlukan perawatan tidak seperti sistem pengapian konvensional yang platinya harus diperiksa kondisinya secara berkala dan diganti jika kontak platina telah aus. Mitsubishi telah menyempurnakan produk kendaraannya salah satunya adalah *pick up* dan *minibus* Mitsubishi Colt T120 dengan menggunakan

sistem pengapian transistor menggantikan model terdahulu yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional.

Tabel 1. Pendapat Perusahaan Otomotif Mengenai Sistem Pengapian Transistor dan Konvensional.

No.	Perusahaan	Sistem Pengapian Transistor	Sistem Pengapian Konvensional
1.	Auto 2000	a. Tenaga mesin lebih baik. b. Tegangan sekunder koil lebih stabil	a. Tenaga mesin lemah pada putaran tinggi. b. Tegangan sekunder koil menurun saat putaran tinggi.
2.	PT. Andalas Berlian Motors	a. Bebas perawatan. b. Tenaga mesin lebih baik. c. Akselerasi mesin lebih cepat.	a. Membutuhkan perawatan pada platina. b. Tenaga mesin melemah saat platina mulai aus.

Sumber: Wawancara

Hasil wawancara diatas masyarakat otomotif dari perusahaan otomotif mengatakan sistem pengapian transistor lebih baik daripada sistem pengapian konvensional, maka dari itu perusahaan otomotif contohnya seperti perusahaan-perusahaan diatas menyempurnakan produk kendaraannya dengan tidak lagi menggunakan sistem pengapian konvensional melainkan menggunakan sistem pengapian transistor agar performa mesin dapat ditingkatkan. Toyota Kijang 5K yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional dapat diubah menggunakan sistem pengapian transistor, menggantikan sistem pengapian konvensional ke sistem pengapian transistor pada Toyota Kijang 5K adalah sebuah langkah modifikasi pada mesin, berdasarkan teori-teori yang telah dipaparkan diatas langkah ini dapat menghapus kelemahan-kelemahan yang ada pada sistem pengapian

konvensional namun modifikasi ini belum ada penelitian dan pembuktian secara ilmiah yang dilakukan pada kalangan masyarakat diluar dunia otomotif untuk melihat seberapa besar pengaruh mesin yang menggunakan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya yang dihasilkan mesin tersebut.

Berdasarkan permasalahan dan solusi diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk membuktikan seberapa besar pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap penyempurnaan kinerja pengapian mesin dengan menguji performa mesin yang meliputi torsi dan daya menggunakan alat *dynamometer/dynotest* dengan metode pengambilan data pada putaran mesin tertentu. Penelitian ini mengambil judul “Pengaruh Penggunaan Sistem Pengapian Transistor Terhadap Torsi dan Daya *Engine* Toyota Kijang 5K”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka didapatkan permasalahan. Untuk itu perlu suatu identifikasi terhadap permasalahan yang ada sebagai berikut :

1. Terdapat kelemahan pada sistem pengapian standar Toyota Kijang 5K yang menggunakan sistem pengapian konvensional.
2. Pendapat masyarakat tentang kelebihan sistem pengapian transistor namun tidak dibuktikan dengan pembuktian ilmiah sehingga belum mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap torsi dan daya mesin.

3. Penelitian hanya dilakukan oleh perusahaan otomotif saja, belum dilakukan oleh masyarakat tentang pengaruh sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya yang dihasilkan mesin pada putaran mesin tertentu.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan dapat mengarah tepat pada sasaran dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka peneliti membatasi penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya *engine* Toyota Kijang 5K.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya yang dihasilkan mesin Toyota Kijang 5K?
2. Adakah perbedaan torsi dan daya yang signifikan antara mesin Toyota Kijang 5K sistem pengapian konvensional dengan mesin Toyota Kijang 5K menggunakan sistem pengapian transistor?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah:

1. Mengungkapkan besarnya torsi pada *engine* Toyota Kijang 5K yang menggunakan sistem pengapian standar dan sistem pengapian transistor.
2. Mengungkapkan besarnya daya pada *engine* Toyota Kijang 5K yang menggunakan sistem pengapian standar dan sistem pengapian transistor.

3. Mengungkapkan pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya *engine* Toyota Kijang 5K.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pihak-pihak berikut:

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Pendidikan Teknik Otomotif di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Sebagai masukan atau referensi untuk penelitian selanjutnya.
3. Dapat digunakan sebagai acuan bagi masyarakat terhadap mobil Toyota Kijang mesin 5K yang telah beralih menggunakan sistem pengapian transistor atau masyarakat yang berencana ingin menggunakannya.
4. Menambah pengetahuan tentang pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap besaran torsi dan daya kuda yang dihasilkan mesin Toyota Kijang 5K.
5. Sebagai masukan bagi masyarakat luas terutama dunia otomotif tentang pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor sebagai salah satu langkah alternatif dalam modifikasi mesin mobil.

G. Asumsi Penelitian

1. Mesin Toyota Kijang 5K yang digunakan sebagai subjek penelitian berada pada kondisi mesin standar.
2. Putaran mesin dengan putaran roda sama pada persneling 4, menurut PT. Toyota Astra Motor “Toyota Kijang 5K 5 percepatan memiliki rasio gigi 1.000 pada gigi 4, perbandingan putaran mesin dengan putaran roda 1:1”.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Torsi dan Daya Mesin

Ganesan (2003 : 589) menyatakan *"One of many factors are to be considered in evaluating the performance of an engine is maximum power or torque available at each speed of an engine within the useful range of speed"*. Kutipan diatas menjelaskan salah satu parameter performa sebuah mesin adalah daya maksimum atau torsi maksimum yang dapat dihasilkan oleh mesin. Torsi dan daya adalah bagian dari parameter-parameter performa sebuah mesin dalam melakukan putaran untuk menghasilkan tenaga atau *power*.

a. Torsi

Pengertian, arti maupun definisi dari torsi dijelaskan dalam berbagai sumber sebagai berikut, William (1999 : 77) menyatakan *"Torque is the turning or twisting force exerted by the crankshaft. The pressures developed by the combustion of the air-fuel mixture are transmitted to the piston and connecting rod to the crankshaft. The amount of torque depends on the pressure applied to the piston and the length of the crankarm"*. Kutipan diatas menjelaskan bahwa torsi (momen puntir) suatu mesin adalah kekuatan poros engkol yang akhirnya menggerakkan kendaraan. Kekuatan putar poros ini pada mesin dihasilkan oleh pembakaran yang mendorong piston naik turun.

Piston naik turun menyebabkan poros engkol berputar yang kemudian akan ditransfer menuju ke roda-roda penggerak sehingga mencapai ke roda. Joko (2012 : 34) menyatakan “Torsi adalah besarnya momen putar yang terjadi pada poros output akibat adanya pembebanan dengan sejumlah massa (kg)”.

Toyota Astra Motor (1996) menyatakan “Torsi adalah nilai yang menunjukkan gaya putar atau *twisting force* pada output mesin (poros engkol). Nilai ini dinyatakan dalam satuan Newton Meter (N-M) dan dihitung sebagai berikut:

$$T = F \times r \quad (\text{Ganesan, 2003 : 594})$$

Keterangan:

T = Momen puntir *flywheel*

F = Gaya dorong piston

r = Jarak jari-jari poros engkol

Newton adalah unit pengukuran gaya dan mempunyai hubungan dengan kgf, metoda lama yaitu 1 kgf sama dengan 9,80665 Nm. Wiratmaja (2010 : 20) menyatakan “Torsi momen puntir adalah suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (*start*) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran”.

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa torsi (momen puntir) suatu motor adalah kekuatan poros engkol yang

akhirnya menggerakkan kendaraan. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (*start*) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran.

b. Daya

Pengertian, arti maupun definisi dari daya dijelaskan dalam berbagai sumber sebagai berikut, Wiliam (1999 : 78) menyatakan “*Power is the amount of work that is done in a period of time. Power is measured in horsepower in the English system and watts in the metric system. One thousand watt (1 kilowatt) is equal to 1.34 horsepower, or 1 horsepower is equal to 746 watts*”. Kutipan diatas menjelaskan daya adalah suatu usaha yang berjalan dalam jangka waktu tertentu, satuan daya berupa tenaga kuda atau watt. 1000 watt sama dengan 1,34 daya kuda, atau 1 daya kuda sama dengan 746 watts.

Toyota Astra Motor (1996) menyatakan “*Daya output mesin (engine output power) adalah rata-rata kerja yang dilakukan dalam satu waktu, satuan yang umum ialah kilowatt (kW). Satuan lain yang digunakan ialah HP (Horse Power) dan PS (German Horse Power)*”.

Wiranto (2005 : 43) menyatakan “*Daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Daya menjelaskan besarnya output kerja mesin yang berhubungan dengan waktu, atau rata-rata kerja yang*

dihasilkan. Daya berkaitan dengan kecepatan dan putaran atas mesin, hal ini terlihat dari seberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu dengan waktu sesedikit mungkin, dengan satuan kW (Kilowatt) atau HP (*Horse Power*) “.

Rinto (2008 : 17) menyatakan “*Daya (mechanical power)* adalah laju kerja dan sama dengan perkalian antara gaya dengan kecepatan linear atau torsi dan kecepatan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dynamometer dan tachometer atau alat lain dengan fungsi yang sama”.

Wiratmaja (2010 : 21) menyatakan “*Daya* adalah hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin per satuan waktu mesin itu beroperasi. Pada motor bensin, *Brake Horse Power* (BHP) merupakan besar untuk mengindikasikan *horse power* aktual yang dihasilkan oleh mesin”.

Arends dan Barendschot (1980 : 20) menyatakan “*Daya motor* adalah merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu”. Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} (kW) \quad (\text{Ganesan, 2003 : 595})$$

Keterangan :
 P = Daya (kW)
 n = Putaran mesin (rpm)
 T = Torsi mesin (Nm)

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya adalah hasil kerja atau energi yang dihasilkan mesin persatuan waktu mesin itu beroperasi. Dalam menentukan performa mesin daya merupakan salah satu parameternya, pengukuran daya dilakukan dengan menggunakan *dynamometer*. Pada mesin, daya merupakan perkalian antara momen putar dengan putaran mesin.

c. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Torsi dan Daya Mesin

Kemampuan mesin adalah prestasi dari suatu mesin yang erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan serta daya guna dari mesin tersebut. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan mesin yaitu sebagai berikut:

1) Volume Langkah Torak

Arends dan Berenschot (1996:30) menyatakan “Volume langkah torak, (VL) adalah volume langkah torak dari seluruh silinder pada suatu mesin diukur dari TMA (Titik Mati Atas) sampai TMB (Titik Mati Bawah). Volume langkah ini selanjutnya akan mempengaruhi volume gas yang masuk ke ruang silinder, sedangkan yang masuk nantinya akan menghasilkan energi pembakaran setelah gas tersebut dibakar. Apabila gas yang masuk jumlahnya besar maka hasil energi pembakarannya juga akan besar. Apabila volume langkah kecil, maka gas yang masuk sedikit dan energi hasil pembakarannya juga akan kecil dan akan mempengaruhi dari daya pada motor tersebut”.

2) Perbandingan Kompresi

Mawardi (2011 : 38) menyatakan “Perbandingan kompresi menunjukkan berapa jauh campuran udara dan bahan bakar yang dihisap selama langkah hisap dikompresikan dalam silinder selama langkah kompresi. Dengan kata lain adalah perbandingan dari volume silinder dan volume ruang bakar saat torak pada posisi TMB (V_2) dengan volume ruang bakar saat torak di posisi TMA (V_1)”.

3) Nilai Kenaikan Tekanan Pembakaran

Ganesan (2003 : 297) menyatakan:

“The rate of pressure rise in an engine combustion chamber exerts a considerable influence on the peak pressure developed, the power produced and the smoothness with which the forces are transmitted to the piston. This generally is a desirable feature because higher peak pressures closer to TDC produce a greater force acting through a large part of the power stroke and hence, increase the power output of the engine”.

Kutipan diatas menjelaskan bahwa nilai kenaikan tekanan pada ruang pembakaran mempunyai pengaruh terhadap tekanan puncak yang dihasilkan piston saat mencapai titik mati atas (TMA), tenaga dihasilkan oleh karena tercapainya tekanan maksimum diatas piston yang menghasilkan gaya yang mendorong piston setelah pembakaran dimulai. Ini adalah hal yang penting karena tekanan maksimum paling tinggi berada mendekati titik mati atas (TMA) untuk mendapatkan gaya dorong piston yang lebih besar sehingga keluaran tenaga mesin lebih besar.

$$P = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \times L \times P_r \times N \times Z}{75 \times 60} (kW)$$

Keterangan :

P = Daya (KiloWatt)

N = Putaran mesin (RPM)

Z = Jumlah silinder

L = Jumlah langkah

Pr = Tekanan efektif rata-rata

D = Diameter piston

4) Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Mawardi (2011 : 38) menyatakan “Pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) adalah merupakan parameter yang berhubungan erat dengan efisiensi thermal motor. Pemakaian bahan bakar spesifik ini didefinisikan sebagai banyaknya bahan bakar yang terpakai setiap jam untuk menghasilkan setiap kW dari daya motor. Parameter ini biasanya dipakai sebagai ukuran ekonomis atau tidaknya pemakaian bahan bakar karena pemakaian bahan bakar spesifik menyatakan banyaknya bahan bakar yang terpakai pada setiap jam untuk setiap daya yang dihasilkan. Harga SFC yang lebih rendah merupakan efisiensi yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan energi panas diperlukan campuran gas yang terdiri dari campuran bahan bakar dengan udara”.

5) Laju Aliran Massa Udara (Ma)

Mawardi (2011 : 38) menyatakan “Daya yang dapat dihasilkan motor dibatasi oleh jumlah udara yang dihisap kedalam silinder. Tekanan udara diukur dengan manometer, dimana yang diukur adalah beda tekanan pada orifis dalam mm H₂O”.

6) Perbandingan Bahan Bakar dan Udara

Mawardi (2011 : 38) menyatakan “Perbandingan bahan bakar dan udara (AFR) adalah perbandingan jumlah bahan bakar dan udara yang digunakan pada ruang bakar”.

7) Putaran *Engine*

Arends dan Berenschot (1996 : 39) menyatakan “Mempertinggi putaran *engine* (frekuensi putaran) dapat menaikkan daya spesifik motor karena mempertinggi frekuensi putar berarti lebih banyak terjadi langkah kerja pada waktu yang sama”.

8) Angka Oktan Pada Bahan Bakar

Mawardi (2011 : 40) menyatakan “Angka oktan adalah angka yang menunjukkan kemampuan bertahan bakar bensin terhadap ketukan. Makin besar angka oktan ini maka akan makin tahan bahan bakar terbakar oleh temperatur, sehingga terjadi knock akan lebih sukar, dan proses pembakaran dalam ruang bakar akan lebih sempurna sehingga dapat mempengaruhi daya motor dan emisinya. Untuk premium angka oktannya 88, pertamax 92, dan pertamax plus 95”.

9) Waktu Pengapian

Arends dan Berenschot (1994 : 10) menyatakan “Untuk memperoleh daya yang maksimal saat pengapian ini harus tepat, bila pengapian terlalu maju maka gas sisa yang belum terbakar

terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlangsung dan pemampatan yang masih berjalan akan terbakar sendiri, hal ini akan menjadikan kerugian, sedangkan bila pengapian terlambat detonasi berkurang dan akan menurunkan daya. Apabila pengapian terlambat, ruang di atas piston pada akhir pembakaran sudah membesar dan sebagian kecil dari kalor berubah menjadi tekanan, akibatnya sisa kalor dalam jumlah besar tertinggal dalam motor. Bukan hanya disebabkan oleh pembebanan termis dari beberapa bagian motor seperti katup terlalu panas, tetapi disebabkan oleh suhu yang tinggi yang melampaui batas sehingga bahan bakar dan udara akan terbakar sendiri”.

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa torsi dan daya yang dihasilkan mesin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diatas termasuk waktu pengapian.

2. Dynamometer

Wiliam (1999 : 79) menyatakan “*The working ability of an engine can be measured using a device called a dynamometer. It actually “loads” the engine, causing it to work. The dynamometer contains instrumentation that tell us how well the engine is performing under varying conditions.*”

Kutipan diatas menjelaskan bahwa alat *dynamometer* berfungsi untuk menguji performa mesin suatu kendaraan dalam berbagai kondisi. Jackson (2010 : 20) menyatakan “*Dynamometer* adalah suatu mesin yang digunakan untuk mengukur torsi (torque) dan kecepatan putaran (RPM)

dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin, motor atau penggerak berputar lainnya. *Dynamometer* dapat juga digunakan untuk menentukan tenaga dan torsi yang diperlukan untuk mengoperasikan suatu mesin. Dalam hal ini maka diperlukan *dynamometer*. *Dynamometer* yang dirancang untuk dikemudikan disebut *dynamometer* absorpsi. *Dynamometer* yang dapat digunakan baik penggerak maupun penyerap tenaga disebut *dynamometer* elektrik/penggerak aktif'. *Dynamometer* diklasifikasikan dalam tiga jenis tergantung pada susunan mesin pada saat performa akan diukur. Tipe *dynamometer* yang ada berikut ini:

a. *Dynamometer* Transmisi

Pada *dynamometer* ini daya yang ditransmisikan melalui peralatan yang telah diukur. Peralatan tidak berupa generator daya maupun pengabsorpsi daya, *dynamometer* ini menggunakan poros transmisi daya antara penggerak utama dan beban. *Dynamometer* transmisi digunakan untuk mengukur daya yang sulit dilaksanakan dengan cara biasa, pemasangannya bisa dilakukan dengan cara meletakkan pada bagian mesin atau diantara dua buah mesin dan daya yang diukur adalah daya setempat dan biasanya daya ini dimanfaatkan sebagai energi mekanis atau energi listrik. Salah satu contoh dari *dynamometer* transmisi ialah tipe *strain gauge*. Pengukurannya berdasarkan tegangan kawat dan perubahan pada tegangan kawat akan merubah tahanan listrik. Dengan pemasangan elemen ukur, maka untuk tiap pasang elemen ukur yang satu akan mengalami kompresi

murni sedangkan elemen yang lainnya mengalami tarikan murni. Pada tiap pasang elemen ini akan terjadi perubahan tahanan listrik karena lengkungan yang mungkin terjadi pada poros, sehingga yang diukur adalah puntiran poros. Keuntungan-keuntungan :

- 1) Dapat mengukur daya input dari suatu alat.
- 2) Pengukuran bisa dilaksanakan dimana saja tanpa mengganggu sistem.
- 3) Pada pengukuran, pembebanan dilakukan oleh sistem tersendiri.
- 4) Tidak memerlukan pendingin.

Kerugian-kerugian :

- 1) Poros harus cukup fleksibel sehingga puntiran karena beban dapat teramati.
- 2) Diperlukan beban tersendiri kadang-kadang tidak mudah pelaksanaannya.

b. *Dynamometer Absorpsi/engine dynamometer*

Dynamometer ini dibagi menjadi tiga macam yaitu :

- 1) *Dynamometer* mekanis

Pada *dynamometer* ini penyerapan daya dilaksanakan dengan memberikan gesekan mekanis sehingga timbul panas. Panas ini dipindahkan ke sekelilingnya dan terkadang juga didinginkan oleh fluida pendingin yang lain, misalkan air. Yang termasuk dalam bentuk ini ialah :

a) Rem jepit atau *prony brake*

Salah satu tipe *dynamometer* yang sederhana untuk pengukuran daya kuda dengan memberhentikan motor dengan cara merem pada roda gila dan mengukur beban yang diletakkan pada ujung lengan yang dipasangkan, dimana lengan ini akan berputar mengikuti roda gila. *Prony brake* bekerja dengan prinsip memindah daya menjadi panas dengan cara penggesekan kering.

Blok kayu (*shoes*) ditekan-kontakkan dengan drum yang berputar dan mengambil torsi motor dan *power* disebarkan sebagai gaya gesekan. Pegas yang disiapkan gunanya untuk mengencangkan blok kayu, bila baut pengatur ditekan atau diputar kebawah, sehingga menaikkan gesekan. Tipe rem jepit ini biasanya digunakan untuk pengukuran daya yang tidak terlalu besar dengan putaran poros maksimum 1000 rpm.

b) Rem tali atau *rope brake*

Cara kerja dari rem ini hampir sama dengan rem jepit, hanya rem ini terdiri dari tali disekeliling roda. Bahan tali biasanya kulit, ujung tali yang satu dikaitkan pada suatu *spring balance* dan ujung satunya lagi diberi beban, penyerapan daya dilakukan oleh tali karena gesekan dengan roda. Rem tali sangat sederhana dan mudah dibuat, tetapi hanya bisa bekerja pada putaran rendah dengan kapasitas penyerapan daya kecil.

2) *Dynamometer* hidrolik

Menggunakan fluida cair untuk mengubah daya mekanis menjadi energi panas. Ada dua macam *dynamometer* hidrolik yaitu :

a) *Dynamomater* hidrolik tipe gesekan fluida

Pada dasarnya *dynamometer* ini terdiri dari sebuah rotor atau elemen putar dengan kedua belah permukaannya rata, berputar dalam sebuah casing serta casing tersebut diisi dengan fluida, selanjutnya fluida disirkulasi secara kontinyu. Akibat sirkulasi tersebut terjadi pergesekan pada bagian fluidanya. Kapasitas *dynamometer* jenis ini tergantung pada 2 faktor yaitu kecepatan putaran poros dan tinggi permukaan fluida. Penyerapan dayanya mendekati mendekati fungsi pangkat tiga dari kecepatan putaran poros atau 6 rotor. Penyerapan pada kecepatan tertentu bisa dilakukan dengan pengaturan tinggi permukaan fluida pada atau dalam casing. Jumlah fluida yang bersirkulasi harus cukup banyak agar tidak sampai terjadi uap dibagian manapun dari alat, karena dengan timbulnya uap tersebut akan mengakibatkan hilangnya beban sesaat ataupun tidak.

Rem tipe ini dapat menyerap daya yang besar pada kecepatan yang tinggi, dari kapasitas yang berlainan langsung sebagai jumlah piringan-piringan, sehingga merupakan pangkat tiga dari jumlah putaran dan sebagai pembedaan pangkat lima

dari jari-jari piringan dan jari-jari fluida. Rem fluida hanya cocok untuk menyerap kerja yang umum dan cukup baik untuk menguasai beban konstan yang terpecah-pecah pada kecepatan yang diinginkan, karena efek tenaganya disebabkan oleh perubahan fluida.

b) *Dynamometer* fluida tipe agitasi (semburan)

Bentuk dari *dynamometer* ini hampir sama dengan bentuk *dynamometer* gesekan fluida, tetapi ada perbedaan diantara kedua bentuk tersebut yaitu terletak pada cara penyerapan daya. Selain dengan gesekan karena agitasi, *dynamometer* ini relatif lebih besar. *Dynamometer* ini terdiri dari sebuah poros yang memegang sebuah rotor dan berputar di dalam *casing* yang tidak bisa dimasuki fluida. Di setiap permukaan rotor terdapat sejumlah baling-baling radial yang dipasang pada poros rotor.

Ruangan antara baling-baling ini membentuk poket-poket setengan elips, juga pada permukaan *casing* dilengkapi dengan baling-baling seperti pada rotor. Bila rotor digerakkan, fluida disebarkan keluar oleh tenaga sentrifugal. Fluida yang disebarkan itu ditahan oleh poket-poket *casing* dan poket-poket *casing* berfungsi untuk mengembalikan fluida ke rotor, sehingga fluida itu terus bolak-balik antara poket rotor dan poket *casing*. Ini merupakan proses turbulensi yang tinggi yang

terus terjadi berulang-ulang. Akibat proses turbulensi maka akan terjadi panas, tetapi panas ini dapat dihilangkan dengan jalan mengatur luapan fluida yang terus menerus mengisi bagian belakang poket-poket *casing* dengan sebuah pipa karet yang fleksibel, selanjutnya fluida tidak boleh melebihi 60°C.

Muatan pada mesin bisa diubah dengan atau memundurkan pintu geser yang terletak antara rotor dan poket *casing*, jadi memungkinkan *casing* bekerja secara aktif dalam formasi pusaran fluida yang menyerap tenaga. Pergerakan pintu geser diatur dengan sebuah *hand wheel* yang terletak pada bagian luar *casing*.

Poros rotor pada *casing* bergerak atau berputar di dalam *bearing* juga dilengkapi dengan penekan anti fluida (*water/fluid seal*), sedang *casing* ditumpu pada *trunion bearing* yang berbentuk bola besar (*self lining*) dan juga pada *casing* dilekatkan sebuah lengan torsi yang dihubungkan dengan sebuah *spring balance*. Kedudukan *spring balance* jarumnya harus menunjuk nol (berarti *dynamometer* dalam keadaan setimbang) pada waktu berhenti dan pada waktu fluida mengalir masuk *casing* tetapi mesin belum bekerja. Keseimbangan ini dapat dilakukan dengan memberi pada *casing* suatu beban penyeimbang yang sudah dikalibrasi terlebih dahulu.

Daya pengukuran antara 50 HP sampai 100.000 HP dan bekerja pada kecepatan 50 rpm sampai 20.000 rpm.

3) *Dynamometer* udara

Untuk menyerap daya yang diukur, *dynamometer* ini menggunakan udara atmosfer. Penyerapan daya yang terjadi karena gesekan yang timbul antara udara dengan sebuah rotor berupa kipas yang berputar. Pengaturan bebannya dengan merubah radius kipas, ukuran atau sudut kipas. Dengan memasang mesin pada bantalan ayun, maka reaksi mesin yang timbul karena gesekan yang terjadi antara rotor dengan udara akan terbaca pada skala.

c. *Dynamometer* Elektrik/penggerak aktif

Wiliam (1999: 80) menyatakan “A *dynamometer is a device used to determine the brake horsepower of an engine, its converts mechanical energy into electricity. An electrical generator is connected to the output shaft and the current produced by the generator is measured. The electrical current is converted to watts, which is then converted to horsepower*”. Kutipan diatas menjelaskan *dynamometer* tipe elektrik, *dynamometer* ini bekerja dengan generator yang terhubung pada poros *output* mobil, dengan berputarnya mesin yang kemudian memutarakan poros roda akan menghasilkan arus pada generator dalam satuan watt kemudian di konversikan ke *horsepower*/tenaga kuda. Pada dasarnya pengereman yang terjadi pada

dynamometer listrik akibat pemotongan medan magnet oleh pergerakan bahan konduktor. Ada 2 tipe *dynamometer* listrik yaitu :

a) *Eddy Current Dynamometer*

Dynamometer ini terdiri dari suatu rotor yang digerakkan oleh suatu motor yang tenaganya akan diukur dan berputar dalam medan magnet. Kekuatan medan magnetnya dikontrol dengan merubah arus sepanjang susunan kumparan yang ditempatkan pada kedua sisi dari rotor. Rotor ini bertindak sebagai konduktor yang memotong medan magnet. Pemotongan medan magnet itu maka terjadi arus dan arus ini diinduksikan dalam rotor sehingga rotor menjadi panas.

Eddy Current Dynamometer pendingin air sistem pendinginannya dengan air yang dialirkan lewat pipa masuk ke plat rugi-rugi.

Keuntungan-keuntungan :

- a. Pengaturan beban dan pemeliharaan mudah.
- b. Pada kecepatan yang rendah penyerapan daya bisa penuh.

Kerugian-kerugian :

- a. Harus tersedia sumber arus searah yang besar.
- b. Pada penyerapan daya yang besar, panas yang timbul menyulitkan pendingin.
- c. Bagian yang dilalui air pendingin dipengaruhi erosi dan korosi.

Eddy Current Dynamometer udara adalah *dynamometer* yang terdiri dari suatu rotor yang digerakkan oleh suatu motor yang tenaganya akan diukur dan berputar dalam medan magnet. Kekuatan medan magnetnya dikontrol dengan merubah arus sepanjang susunan kumparan yang ditempatkan pada stator. Rotor ini ditempatkan pada kedua sisi stator dan bertindak sebagai konduktor yang memotong medan magnet. Pemotongan medan magnet itu maka terjadi arus dan arus ini diinduksikan dalam plat rugi-rugi sehingga menjadi panas dan panas tersebut dibuang dengan tiupan rotor kipas pendingin.

Keuntungan-keuntungan :

- a. Pengaturan beban dan pemeliharaan mudah pada kecepatan yang rendah penyerapan daya bisa penuh.
- b. Penyediaan sumber arus searah kecil.

Kerugian-kerugian :

- a. Harus tersedia pendinginan yang besar.
- b. Pada penyerapan daya yang besar, panas yang timbul menyulitkan pendingin.

b) *Dynamometer* ayunan listrik atau generator

Pada prinsipnya bidang gerak *dynamometer* ini diputar secara terpisah baik dengan mengutamakan pipa-pipa saluran utama atau *battery* yang mempertahankan suatu tegangan yang konstan. Seluruh mesin ditumpu dengan ball bearing, casing menahan sebuah

lengan torsi untuk menjadikan seimbang torsi mesin. Torsi mesin disebarkan pada casing oleh daya tarik medan magnet yang dihasilkan ketika jangkar sedang berputar dan mengeluarkan tenaga listriknya pada aliran sebelah luar dinamometer. Tenaga mesin yang diserap akan membangkitkan tenaga listrik di dalam rangkaian jangkar. Dinamometer dipasang pada bantalan ayun dan mengukur momen yang ditimbulkan karena kecenderungan casing berputar.

Diatas adalah macam-macam jenis *dynamometer* yang biasa digunakan untuk mengukur performa sebuah mesin, dalam penelitian yang akan dilakukan yaitu menguji mesin Toyota Kijang 5K untuk mengetahui torsi dan dayanya dengan menggunakan *dynamometer* elektrik tipe arus Eddy berpendingin udara.

3. Teori Induksi Listrik Sistem Pengapian

Sistem pengapian pada motor bensin pada dasarnya ditujukan untuk menghasilkan percikan bunga api yang kuat dan tepat agar diperoleh daya mesin yang optimal. Sistem pengapian pada motor menggunakan sistem pengapian baterai yang prinsipnya adalah menaikkan tegangan baterai 12 volt menjadi ± 10 kV agar menghasilkan percikan bunga api pada elektroda busi. Teori dasar kelistrikan yang erat kaitannya dengan sistem pengapian adalah teori induksi listrik.

1) Induksi Sendiri (*Self Induction Effect*)

Medan magnet akan dibangkitkan pada saat arus listrik dialirkan melalui kumparan, akibatnya garis gaya listrik dibangkitkan dan

menghasilkan garis gaya magnet (*magnetic flux*) dengan arah yang berlawanan dengan pembentukan garis gaya magnet dalam kumparan, oleh karena itu arus tidak akan mengalir seketika pada saat dialirkan ke kumparan tetapi membutuhkan waktu untuk menaikkan arus tersebut. Saat arus mengalir dalam kumparan kemudian arus diputuskan tiba-tiba, maka gaya gerak listrik akan dibangkitkan dalam kumparan dengan arah cenderung menghalangi hilangnya garis gaya magnet, dengan cara ini apabila kumparan yang dialiri arus kemudian arus diputus secara tiba-tiba maka akan dibangkitkan gaya gerak listrik yang arahnya melawan perubahan garis gaya magnet. (*Fundamental of Electricity Step 2*, 1996 : 3)

2) **Induksi Timbal Balik (*Mutual Induction Effect*)**

Saat dua kumparan yakni kumparan primer dan sekunder disusun dalam satu garis dan besarnya arus yang mengalir pada satu kumparan diubah, maka gaya gerak listrik akan dibangkitkan pada kumparan lainnya dengan arah melawan perubahan garis gaya magnet pada kumparan primer. Bila arus tetap mengalir pada kumparan primer maka tidak ada perubahan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder, tetapi saat arus yang mengalir diputuskan maka gaya gerak listrik dibangkitkan pada kumparan sekunder. Kemudian apabila arus dihubungkan kembali maka pada kumparan sekunder akan dibangkitkan gaya gerak listrik dengan arah yang berlawanan dengan

garis gaya magnet pada kumparan primer. (*Fundamental of Electricity Step 2*, 1996 : 4)

Koil pengapian membangkitkan tegangan tinggi dengan cara yang sama seperti uraian diatas, yang terjadi saat arus primer tiba-tiba diputuskan dengan membuka kontak pemutus platina dalam sistem pengapian konvensional atau dengan mengaktifkan dan mematikan transistor pada sistem pengapian transistor. Menurut Jalius Jama (2008 : 177), besarnya tegangan yang dibangkitkan oleh kumparan sekunder ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut:

- 1) Banyaknya Garis Gaya Magnet. Semakin banyak garis gaya magnet yang terbentuk dalam kumparan, semakin besar tegangan yang diinduksi.
- 2) Banyaknya Kumparan. Semakin banyak lilitan pada kumparan, semakin tinggi tegangan yang diinduksikan.
- 3) Perubahan Garis Gaya Magnet. Semakin cepat perubahan banyaknya garis gaya magnet yang dibentuk pada kumparan, semakin tinggi tegangan yang dibangkitkan kumparan sekunder.

Untuk memperbesar tegangan yang dibangkitkan pada kumparan sekunder, maka arus yang masuk pada kumparan primer harus sebesar mungkin dan pemutusan arus primer harus juga secepat mungkin. Menurut Subroto (2009), “Koil merupakan komponen pengapian yang menentukan baik tidaknya proses pembakaran dalam ruang bakar sedangkan baik tidaknya pembakaran akan menentukan

boros tidaknya bensin. Koil merupakan sumber nyata dari tegangan yang dibutuhkan dalam proses pembakaran”. Sistem pengapian konvensional menggunakan platina sebagai kontak pemutus arus primer koil dan sistem pengapian transistor menggunakan *magnetic pick-up sensor/signal generator*. Buntarto (2015 : 83) menyatakan “Sistem pengapian transistor menggantikan kontak platina dengan *signal generator, signal generator* digunakan untuk memberikan impuls listrik untuk memberi sinyal saat pengapian dengan mengaktifkan transistor”. Mengaktifkan dan mematikan transistor akan memutus dan menyambungkan arus primer koil yang mengakibatkan induksi magnetik terhadap kumparan sekunder koil sehingga tegangan tinggi dapat dihasilkan untuk disalurkan pada setiap busi.

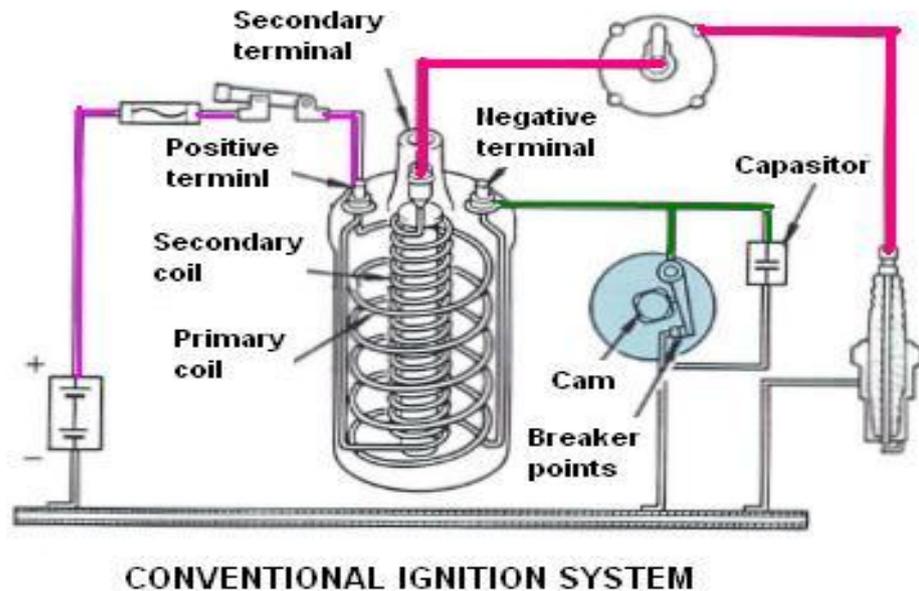
4. Sistem Pengapian Konvensional

a. Pengertian Sistem Pengapian Konvensional

Wardan (1989 : 266) menyatakan “Sistem pengapian konvensional sering disebut juga dengan sistem pengapian kontak platina, sistem pengapian kontak platina adalah sistem pengapian yang sudah digunakan bertahun-tahun sebelum ditemukannya sistem pengapian yang baru seperti sistem pengapian elektronik dan sistem DLI (*Distributor Less Ignition*). Sistem pengapian konvensional terdiri dari empat bagian yaitu baterai, koil, distributor dan busi”. Buntarto (2015 : 72) menyatakan “Platina yang dimaksud adalah kontak yang

berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus primer pada rangkaian primer koil”.

b. Sirkuit Sistem Pengapian Konvensional



Gambar 2. Sirkuit Sistem Pengapian Konvensional
(Sumber : www.google.co.id)

c. Komponen Sistem Pengapian Konvensional

1) Baterai

Northop (1997 : 121) menyatakan “Baterai berfungsi sebagai sumber listrik untuk mengaktifkan sistem pengapian, motor starter, lampu-lampu dan komponen lainnya yang membutuhkan arus”. Baterai terdiri dari beberapa buah sel yang dihubungkan secara seri dan setiap sel mempunyai tegangan listrik sebesar 2 volt, sebagai contoh baterai berkekuatan 12 volt memiliki 6 buah sel”.

2) Kunci kontak

Berfungsi untuk menyambungkan starter, aksesoris dan kelistrikan lainnya pada mobil.

3) Koil pengapian

Northop (1997 : 123) menyatakan “Koil pengapian berfungsi untuk memperbesar arus tegangan rendah dari baterai menjadi arus tegangan tinggi, koil pengapian yang digunakan pada kebanyakan mobil dapat menghasilkan tegangan tinggi hingga maksimum 30.000 volt”.

4) Kondensor

Northop (1997 : 127) menyatakan “Berfungsi sebagai reservoir energy listrik, berfungsi untuk mencegah terjadinya loncatan listrik pada platina”.

5) Kontak platina

Berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus primer koil agar tercipta induksi elektromagnetik yang menghasilkan tegangan tinggi untuk disalurkan ke busi.

6) Distributor

Berfungsi sebagai pembagi arus tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil ke setiap busi pada tiap-tiap silinder mesin.

d. Prinsip Kerja Sistem Pengapian Konvensional

- 1) Arus listrik mengalir dari baterai menuju kunci kontak. Pada saat starter, arus listrik dari kunci kontak mengalir langsung menuju

terminal pada koil pengapian, sedangkan pada saat mesin hidup, arus dari kunci kontak terlebih dahulu melalui *external resistor* dengan tujuan untuk mengurangi efek pemanasan pada koil pengapian.

- 2) Saat kontak platina menutup, arus dari kunci kontak mengalir ke koil pengapian melalui kumparan primer koil dan mendapatkan massa pada platina. Pada inti besi koil pengapian akan terjadi kemagnetan. Besarnya kemagnetan bergantung pada besarnya arus listrik yang mengalir dan lamanya pengaliran arus listrik.
- 3) Saat kontak platina membuka, arus listrik yang mengalir melalui rangkaian primer koil akan terputus akibat platina tidak dapat memberikan massa. Hal ini akan menyebabkan kemagnetan pada inti besi koil akan menghilang. Peristiwa ini akan menyebabkan terjadinya perubahan garis gaya magnet pada sekitar inti besi. Dampak yang timbul adalah terjadi induksi pada kumparan primer dan sekunder. Kumparan primer besar induksinya menghasilkan tegangan 300 volt, pada saat bersamaan kumparan sekunder menghasilkan tegangan 10.000 - 30.000 volt yang kemudian akan disalurkan pada tiap busi.

5. Sistem Pengapian Transistor

a. Pengertian Sistem Pengapian Transistor

Sistem pengapian transistor adalah sistem pengapian yang bekerja secara elektronik. Sistem pengapian full transistor

dikembangkan untuk menghapuskan perlunya pemeliharaan berkala seperti pada sistem pengapian konvensional, yang pada akhirnya mengurangi biaya pemeliharaan bagi pemakai. Northop (1997 : 137) menyatakan “Sistem pengapian elektronik mengontrol saat penyalan yang tepat agar bahan bakar dapat terbakar dengan baik, sehingga penggunaan bahan bakar bisa seefisien mungkin”.

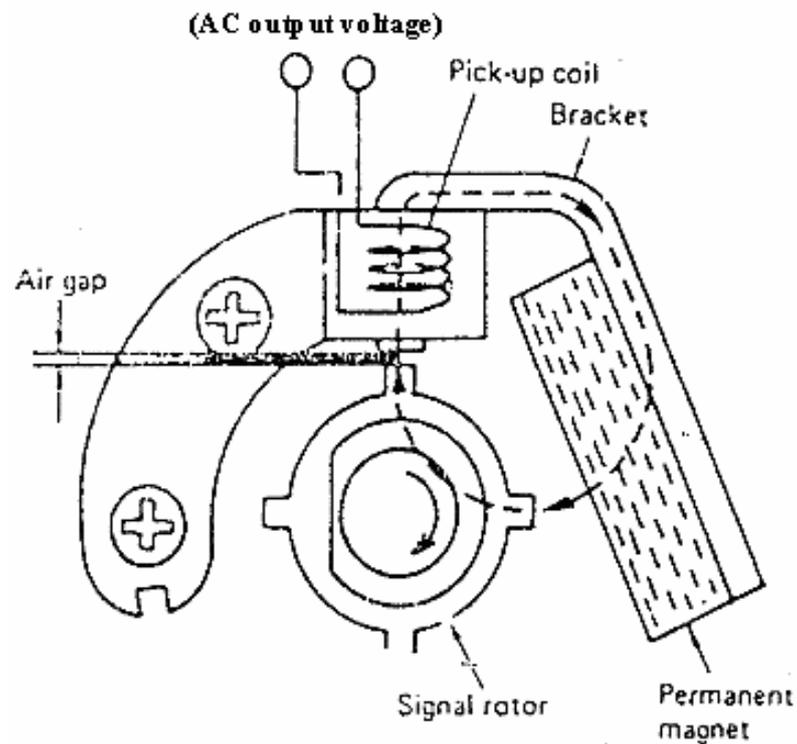
Pada sistem pengapian transistor, *signal generator* dipasang didalam distributor untuk menggantikan *breaker point*. Sistem pengapian transistor menggunakan transistor untuk memutus dan menghubungkan arus pada kumparan primer koil pengapian. Sedangkan untuk menghidupkan dan mematikan transistor menggunakan *signal rotor* dan generator yang cara kerjanya dengan induksi listrik. *Signal generator* membangkitkan tegangan untuk mengaktifkan transistor pada igniter untuk memutus arus primer pada koil pengapian sehingga terjadi induksi pada sekunder koil yang menghasilkan tegangan tinggi untuk disalurkan ke setiap busi. (*New Step 1 Training Manual*, 1996 : 6-7)

Kelebihan dari sistem pengapian transistor yang dijelaskan diatas sistem pengapian transistor juga memiliki kekurangan yaitu mesin langsung mati dan tidak dapat di *start* apabila terjadi kerusakan pada rangkaian kelistrikan sistem pengapian transistor, misalnya kerusakan pada *signal generator*, terputus atau terbakarnya rangkaian listrik didalam igniter pengapian.

2) Koil pengapian

Northop (1997 : 123) menyatakan “Koil pengapian berfungsi untuk memperbesar arus tegangan rendah dari baterai menjadi arus tegangan tinggi, koil pengapian yang digunakan pada kebanyakan mobil dapat menghasilkan tegangan tinggi hingga maksimum 30.000 volt”.

3) *Signal generator*



Gambar 4. *Signal generator*
(Toyota Astra Motor. *Training Manual Electrical Group*, 1994)

Signal generator adalah generator arus bolak balik yang berfungsi untuk menghidupkan power transistor didalam *igniter* untuk memutuskan arus primer pada koil pengapian pada saat pengapian yang tepat. *Signal generator* terdiri dari magnet

permanen yang memberi garis gaya magnet kepada *pick up coil* yang berfungsi untuk membangkitkan arus AC dan *signal rotor* yang menginduksi tegangan AC didalam *pick up coil* sesuai dengan saat pengapian. *Signal rotor* mempunyai gigi-gigi sebanyak jumlah silinder. Pada Toyota Kijang jumlah gigi pada *signal rotor* berjumlah 4 buah sesuai jumlah silindernya.

4) *Igniter*

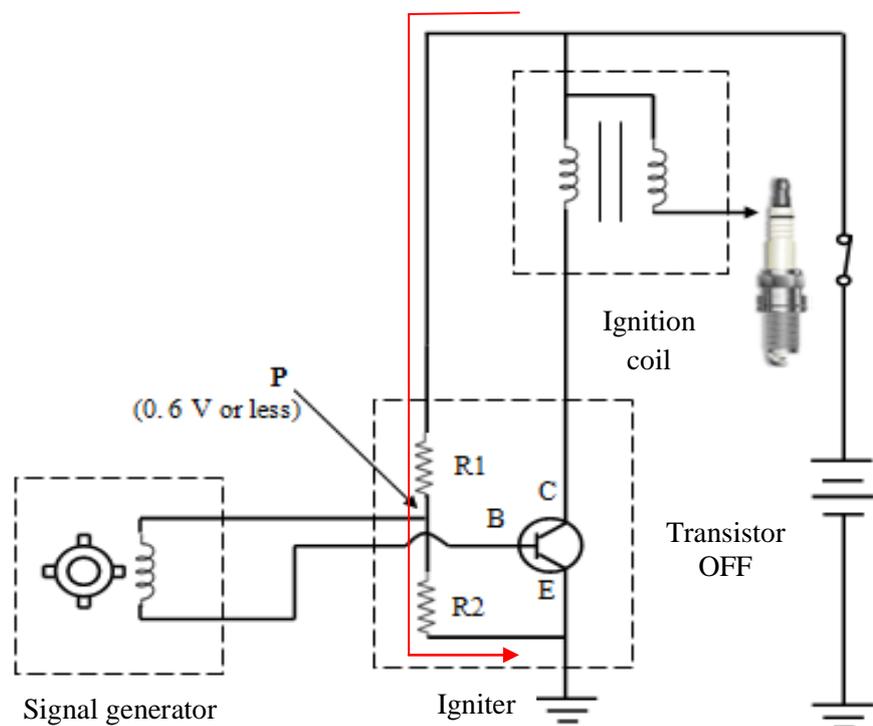
Perubahan gaya listrik yang terjadi pada *signal generator* akan dideteksi oleh *igniter*. *Igniter* adalah sebuah detektor yang berfungsi menerima signal tegangan dari signal generator, didalam *igniter* terdapat dua buah resistor dan sebuah transistor yang akan memutus dan menghubungkan arus primer pada koil pengapian sesuai signal yang diterima dari *signal rotor*. Jenis transistor yang digunakan dalam sistem pengapian ini adalah transistor NPN. Tegangan pengaktifan transistor pada basis adalah $>0,6$ Volt dan daya transistor adalah 300 Watt dengan arus 25 A.

d. Prinsip Kerja Sistem Pengapian Transistor

Aliran arus saat sistem pengapian ini bekerja sangat kompleks, terutama aliran arus pada *igniter*. Oleh karena itu rangkaian *igniter* pada gambar berikut ini akan disederhanakan pada kerja *power transistor*.

1) Mesin Mati

Saat kunci kontak ON maka tegangan dialirkan ke titik P. Tegangan pada titik P berada dibawah tegangan basis yang diperlukan untuk mengaktifkan transistor melalui pengatur tegangan R1 dan R2, akibatnya transistor akan tetap OFF selama mesin mati, dan tidak ada arus yang mengalir ke kumparan primer koil pengapian. (Fundamental of Electricity Step 2, 1996 : 38)

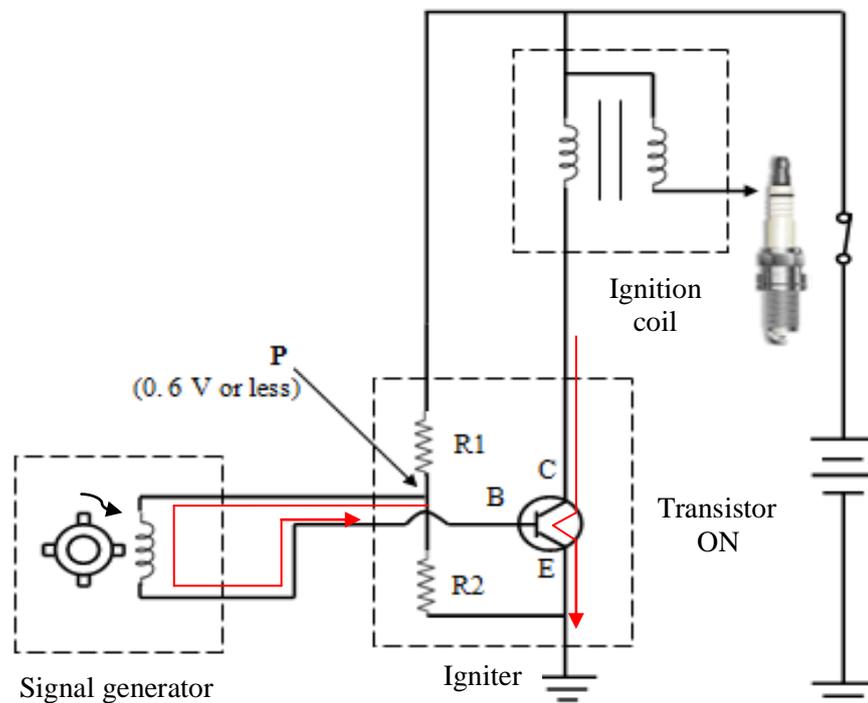


Gambar 5. Aliran arus saat mesin mati.
(*Electrical Group step 2 hal : 38, 1994*)

2) Mesin Hidup (*Pick up coil* menghasilkan tegangan positif)

Saat mesin dihidupkan maka *signal rotor* pada distributor akan berputar, dan menghasilkan tegangan AC dalam *pick up coil*. Bila tegangan yang dihasilkan adalah positif tegangan ini ditambahkan dengan tegangan dari baterai yang dialirkan ke titik P

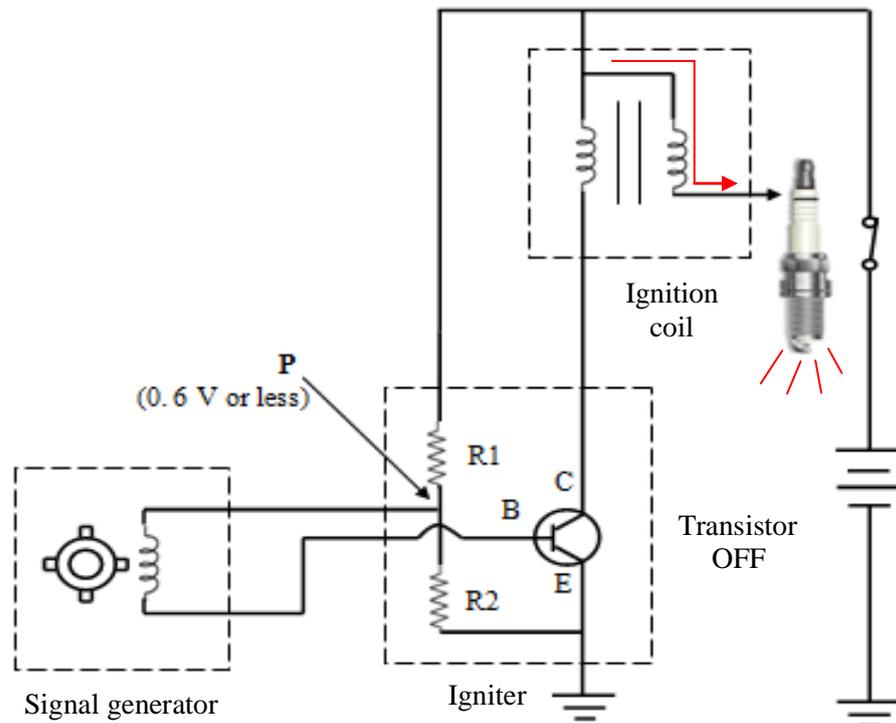
untuk menaikkan tegangan pada titik Q diatas tegangan kerja transistor, dan transistor ON. Akibatnya arus primer koil akan mengalir melalui C (*collector*) ke E (*emitter*). (Fundamental of Electricity Step 2, 1996 : 38)



Gambar 6. Aliran arus saat *Pick up coil* menghasilkan tegangan positif. (Electrical Group step 2, hal : 38, 1994)

3) Mesin Hidup (*Pick up coil* menghasilkan tegangan negatif)

Bila tegangan AC yang dihasilkan dalam pick up coil adalah negatif, tegangan ini ditambahkan pada tegangan titik P sehingga tegangan pada titik Q turun dibawah tegangan kerja transistor dan transistor OFF. Akibatnya arus primer koil terputus dan tegangan tinggi diinduksi pada kumparan sekunder koil pengapian. (Fundamental of Electricity Step 2, 1996 : 39)



Gambar 7. Aliran arus saat *pick up coil* menghasilkan tegangan negatif.
(*Electrical Group step 2, hal :39, 1994*)

6. Pengaruh Sistem Pengapian Terhadap Proses Pembakaran

Tegangan tinggi diperlukan setiap saat tersalurkan ke busi agar percikan bunga api busi stabil disetiap putaran mesin.

Willard (2004 : 5) menyatakan,

“Spark Ignition (SI) engine is an engine starts the combustion process in each cycle by use of a spark plug. The spark plug gives a high voltage electrical discharge between two electrodes which ignites the air-fuel mixture in the combustion chamber surrounding the plug.

Kutipan diatas menjelaskan mesin bensin memulai proses pembakaran pada setiap langkahnya dengan penggunaan busi. Busi memberikan percikan api tegangan tinggi pada celah elektroda busi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara didalam ruang bakar.

Willard (2004 : 275) menyatakan,

“Combustion is initiated by an electrical discharge across the electrodes of a spark plug. This occurs anywhere from 10° - 30° before TDC, depending on the immediate operating of the engine. This high temperature plasma discharge between the electrodes ignites the air-fuel mixture in the immediate vicinity, and the combustion reaction spreads outward from there. Energy dissipation versus time across the electrodes of a typical spark plug, applied potential is generally 25.000-40.000 volts, with a maximum current on the order of 200 amps lasting about 10 nsec (1 nsec = 10⁻⁹). This gives a peak temperature on the order of 60.000 K. Overall spark discharge lasts about 0.001 second with an average temperature of about 6000 K. A stoichiometric mixture of hydrocarbon fuel requires about 0.2 mJ (0.2 x 10⁻³) of energy, most of which, however, is lost by heat transfer. Several different methods are used to produce the high voltage potential needed to cause discharge across spark plug electrodes. One common system is a battery-coil combination. Most automobiles use a 12-volt electrical system, including a 12-volt battery. This low voltage is multiplied many times by the coil that supplies the very high potential delivered to the spark plug.”

Kutipan diatas menjelaskan pembakaran dimulai saat busi memercikan api diantara celah elektroda busi. Bunga api busi muncul saat 10° - 30° sebelum TMA, tergantung pada pengoperasian mesin. Percikan bunga api busi ini menyebar didalam ruang bakar diatas piston. Energi percikan api busi berbanding dengan waktu loncatan api pada elektroda, biasanya sebesar 25.000-45.000 volt, dengan arus maksimum pada 200 amps yang bertahan selama 10 nsec (1 nsec = 10⁻⁹). Dengan ini temperatur maksimum rata-rata dicapai pada 6000 K, campuran bahan bakar pada keadaan yang setimbang dibutuhkan energi sebesar sekitar 0.2 mJ (0.2 x 10⁻³), yang mana sebagian besar hilang oleh perpindahan panas. Beberapa metode telah ada untuk menghasilkan tegangan tinggi untuk menghasilkan percikan api pada elektroda busi. Mobil

menggunakan sistem pengapian dengan baterai 12 volt, tegangan rendah ini dilipatgandakan oleh koil untuk menghasilkan percikan api pada busi. Pembakaran campuran bahan bakar dan udara menghasilkan kerja berupa gaya dorong piston.

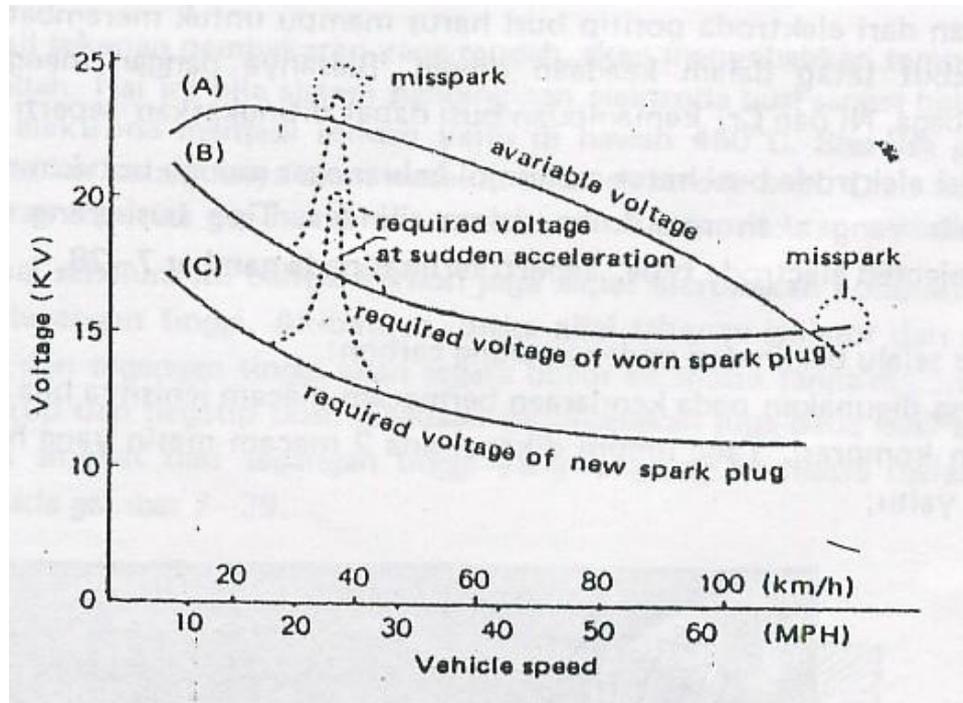
Willard (2004 : 47) menyatakan,

“Work is the output of any heat engine, and in a reciprocating SI engine this work is generated by the gases in the combustion chamber of the cylinder. Work is the result of a force acting through a distance. That is, the force due to gas pressure on the piston generates the work in an SI engine cycle.”

Kutipan diatas menjelaskan kerja adalah *output* keluaran dari mesin, dan energi naik turunnya piston pada mesin dihasilkan oleh tekanan gas pada ruang bakar. Kerja adalah hasil dari gaya dalam satu jarak tertentu, yaitu gaya dorong dari tekanan gas diatas piston yang menghasilkan kerja pada mesin. Jenis sistem pengapian yang digunakan dapat berpengaruh pada torsi dan daya yang dihasilkan mesin, seperti halnya perbedaan karakteristik antara sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian transistor. Kedua jenis sistem pengapian ini memiliki perbedaan pada konstruksi dan kerja alat pemutus arus pada kumparan primer koil sehingga efisiensi kerja kedua sistem pengapian ini pun berbeda.

Sistem pengapian konvensional memiliki karakteristik semakin tinggi putaran mesin maka tegangan induksi semakin rendah sebab saat putaran tinggi arus primer semakin kecil akibat waktu mengalirkan arus semakin singkat, selain itu juga dapat disebabkan sudut dwel yang mengecil akibat kontak pemutus arus melayang akibat pegas lemah. Bila tegangan induksi yang dihasilkan kurang dari tegangan yang dibutuhkan maka akan terjadi

kegagalan percikan api (*misspark*), sehingga terjadi kegagalan pembakaran. Kegagalan percikan api sering terjadi saat kendaraan dipercepat karena pada saat tersebut kebutuhan tegangan lebih tinggi.



Gambar 8. Hubungan tegangan yang dihasilkan dan kebutuhan tegangan.

Menurut Alexander (2009 : 574) "When a sinusoidal voltage is applied to the primary winding, the same magnetic flux Φ goes through both windings. According to Faraday's law, the voltage across the primary winding is

$$v_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

While that across the secondary winding is

$$v_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Dividing v_2 by v_1 , we get

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

n = turns ratio or transformation ratio

v_2 = secondary voltage

v_1 = the primary voltage

primary winding has turns N_1 and the secondary winding has turns N_2 ”.

Kutipan diatas menjelaskan ketika tegangan bangkit pada kumparan primer koil, magnetik fluks yang sama dibangkitkan pada kedua kumparan yakni primer dan sekunder. Berdasarkan hukum Faraday diatas maka didapatkan rasio perbandingan transformasi koil.

Koil diharapkan dapat mencapai hasil rasio tranformasi yang maksimal setiap saatnya, karena berdasarkan hukum Faraday diatas bahwa nilai rasio transformasi yang tinggi menandakan bahwa tegangan yang dihasilkan pada kumparan sekunder dan primer juga tinggi, tegangan yang tinggi diperlukan agar bunga api busi dapat tercipta cukup besar untuk membakar campuran bahan bakar dan udara didalam silinder sehingga pembakaran sempurna. Dibutuhkan tegangan tinggi yang stabil disetiap putaran mesin agar performa mesin maksimal.

Besar tegangan induksi dipengaruhi oleh $\frac{d\phi}{dt}$ dimana bila dt sangat kecil yaitu pemutusan arus sangat cepat, maka hasil $\frac{d\phi}{dt}$ akan tinggi. Nilai $\frac{d\phi}{dt}$ yang tinggi berbanding lurus dengan tingginya tegangan yang dihasilkan, begitu juga sebaliknya. Mengganti sistem pengapian dari

sistem pengapian konvensional ke sistem pengapian yang lebih canggih seperti contohnya sistem pengapian transistor dapat memperbaiki kelemahan yang ada sebelumnya. Seperti yang dijelaskan, sistem pengapian konvensional memiliki kelemahan antara lain berkurangnya tegangan tinggi pada saat putaran rendah, tinggi dan perubahan saat pengapian sangat cepat sekali. (Toyota *Engine Group Step 2*, 1995 : 30)

Pengaruh nilai tekanan efektif piston terhadap daya mesin dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{\pi D^2 \times L \times P_r \times N \times Z}{75 \times 60} (kW)$$

Keterangan :

P = Daya (KiloWatt)

N = Putaran mesin (RPM)

Z = Jumlah silinder

L = Jumlah langkah

Pr = Tekanan efektif rata-rata

D = Diameter piston

Sistem pengapian menghasilkan bunga api pada busi yang akan menciptakan tekanan pembakaran untuk mendorong piston memutar poros engkol, sistem pengapian yang berbeda jenis memiliki unjuk kerja yang berbeda seperti contohnya sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian transistor. Karakteristik dari sistem pengapian konvensional dijelaskan dalam sumber berikut, Toyota *Engine Group Step 2* (1995 : 30) menyatakan “Penurunan tegangan tinggi pada kumparan sekunder koil disebabkan oleh terjadinya penurunan kecepatan pemutusan arus akibat dari adanya loncatan bunga api pada kontak platina saat kontak platina

mulai membuka. Terbakarnya titik kontak platina menyebabkan ausnya kontak platina sehingga saat pengapiannya menjadi berubah”.

Sistem pengapian elektronik memiliki beberapa kelebihan yang dapat meminimalisir kelemahan sistem pengapian konvensional agar performa mesin lebih maksimal. Dalam *ASE Engine Performance* Unit VIII (2004 : 117) menyatakan “Sistem pengapian transistor menggunakan *pulse generator* yang berfungsi mengaktifkan dan mematikan transistor untuk mengatur saat pengapian yang lebih tepat dapat menutupi beberapa kelemahan yang terdapat pada sistem pengapian konvensional. Sistem pengapian transistor adalah sistem pengapian elektronik yang dapat bekerja menghasilkan tegangan tinggi secara konstan dan stabil, sehingga dapat menghasilkan performa pengapian yang lebih baik pada setiap putaran mesin. Disimpulkan bahwa ketidakstabilan tegangan koil dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan mesin karena berkaitan dengan besar dan stabilnya percikan bunga api busi.

7. Pengaruh Sistem Pengapian Transistor terhadap Proses Pembakaran, Torsi dan Daya Mesin

Willard (2004 : 47) menyatakan,

“Work is the output of any heat engine, and in a reciprocating SI engine this work is generated by the gases in the combustion chamber of the cylinder. Work is the result of a force acting through a distance. That is, the force due to gas pressure on the piston generates the work in an SI engine cycle.”

Dijelaskan pada kutipan di atas bahwa kerja mesin bensin dihasilkan dari tekanan gas yang mendorong piston oleh karena hasil dari proses

pembakaran yang menggunakan busi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara di atas piston.

Willard (2004 : 275) menyatakan,

“Combustion is initiated by an electrical discharge across the electrodes of a spark plug. This occurs anywhere from 10° - 30° before TDC, depending on the immediate operating of the engine. This high temperature plasma discharge between the electrodes ignites the air-fuel mixture in the immediate vicinity, and the combustion reaction spreads outward from there. Energy dissipation versus time across the electrodes of a typical spark plug, applied potential is generally 25.000-40.000 volts”.

Kutipan di atas menjelaskan proses pembakaran terjadi oleh karena percikan busi yang membakar campuran bahan bakar dan udara di atas piston, reaksi pembakaran menghasilkan tekanan gas di atas piston yang menyebar dan mendorong piston kebawah. Energi percikan dari elektroda busi menghasilkan tegangan potensial sebesar 25.000 - 40.000 volts.

Menurut Buntarto (1993 : 30) “Besarnya tegangan induksi di kumparan primer mengakibatkan timbulnya bunga api listrik pada saat kontak platina mulai membuka. Terbakarnya permukaan kontak platina menyebabkan keausan sehingga menyebabkan saat pengapiannya berubah”. Dijelaskan pada kuitpan diatas tentang kelemahan sistem pengapian konvensional yang dapat berdampak pada torsi dan daya yang dihasilkan mesin karena saat pengapian yang dapat berubah-ubah jika kontak platina aus.

Northop (1997:137) menyatakan “Kelemahan sistem pengapian konvensional seperti contohnya timbul bunga api pada kontak platina, kontak platina harus diperiksa secara berkala dan setelan kerenggangan

platina yang salah akan menyebabkan kinerja mesin berkurang. Kelemahan tersebut dapat dihilangkan dengan menggunakan sistem pengapian elektronik. Sistem pengapian elektronik mengontrol saat penyalaan yang tepat agar bahan bakar dapat terbakar dengan baik, sehingga penggunaan bahan bakar bisa seefisien mungkin”. Sistem pengapian transistor yang bekerja secara elektronik memiliki kelebihan di bandingkan dengan sistem pengapian konvensional, sistem pengapian transistor dapat menghasilkan performa mesin maksimal baik dengan menghasilkan daya dan torsi mesin yang lebih baik.

Menurut Buntarto (1993 : 31) “Titik kontak tidak berhubungan langsung dengan kumparan primer agar tidak ada arus induksi yang mengalir pada titik kontak pemutus saat membuka”. Dalam *ASE Engine Performance Unit VIII* (2004 : 117) menyatakan “*The problem just mentioned are overcome by using a power transistor to carry out the switching function and a pulse generator to provide the timing signal. Most of transistor ignition systems today are known as constant energy. This ensures high performance ignition even at high engine speed*”.

Kutipan diatas menjelaskan bahwa sistem pengapian transistor menggunakan *pulse generator* yang berfungsi mengaktifkan dan mematikan transistor untuk mengatur saat pengapian yang lebih tepat dapat menutupi beberapa kelemahan yang terdapat pada sistem pengapian konvensional. Sistem pengapian transistor dikenal sebagai sebuah sistem pengapian elektronik yang dapat bekerja secara konstan dan stabil,

sehingga dapat menghasilkan performa pengapian yang lebih baik pada setiap putaran mesin.

Dalam ASE *Engine Performance* Unit VIII (2004 : 90) menyatakan “*Transistor switching allowed very low control currents and a new type of sensor that send signal currents to the transistor called signal generator. These have no mechanical contact and wear-free. These development improved ignition timing reliability, and further changes improved the primary circuit performance, resulting in better spark generation*”.

Kutipan diatas menjelaskan bahwa pengaktifan dan pemutusan transistor hanya membutuhkan sedikit arus listrik untuk mengontrolnya. Sensor yang mengaktifkan dan mematikan transistor adalah *signal generator*, yang secara prinsip kerjanya tidak ada sentuhan/kontak antar benda berbeda seperti kontak pemutus arus sehingga sistem pengapian lebih tahan lama tanpa diperlukan perawatan berkala. Sistem pengapian transistor dapat menghasilkan pengapian yang lebih tepat, dan berpengaruh pada performa koil dengan menghasilkan tegangan kumparan primer koil yang konstan dan stabil agar dapat menghasilkan bunga api busi yang lebih besar sehingga pembakaran sempurna tercapai.

Wahyu (2012:159) menyatakan “Pengapian *transistorized* atau sistem pengapian transistor dapat mengurangi kelemahan sistem pengapian konvensional, sistem pengapian transistor beroperasi menggunakan jenis pulsa magnetik yang menggantikan platina pada sistem pengapian konvensional”.

Sistem pengapian transistor yang menggunakan pulsa magnetik/*pick up coil* mengaktifkan dan mematikan transistor untuk memutus dan menyambungkan arus listrik primer koil, sehingga dapat memaksimalkan pembangkitan tegangan pada primer koil karena tidak terdapat loncatan bunga api seperti halnya yang sering terjadi pada platina sistem pengapian konvensional. Dapat disimpulkan dari kutipan-kutipan diatas bahwa dengan tidak adanya loncatan api maka sistem pengapian transistor dapat menghasilkan tegangan sekunder koil yang lebih stabil dan bunga api busi yang konstan serta stabil menjadikan pembakaran lebih sempurna dan performa mesin dapat menjadi maksimal sehingga memungkinkan mesin untuk menghasilkan torsi dan daya yang lebih besar.

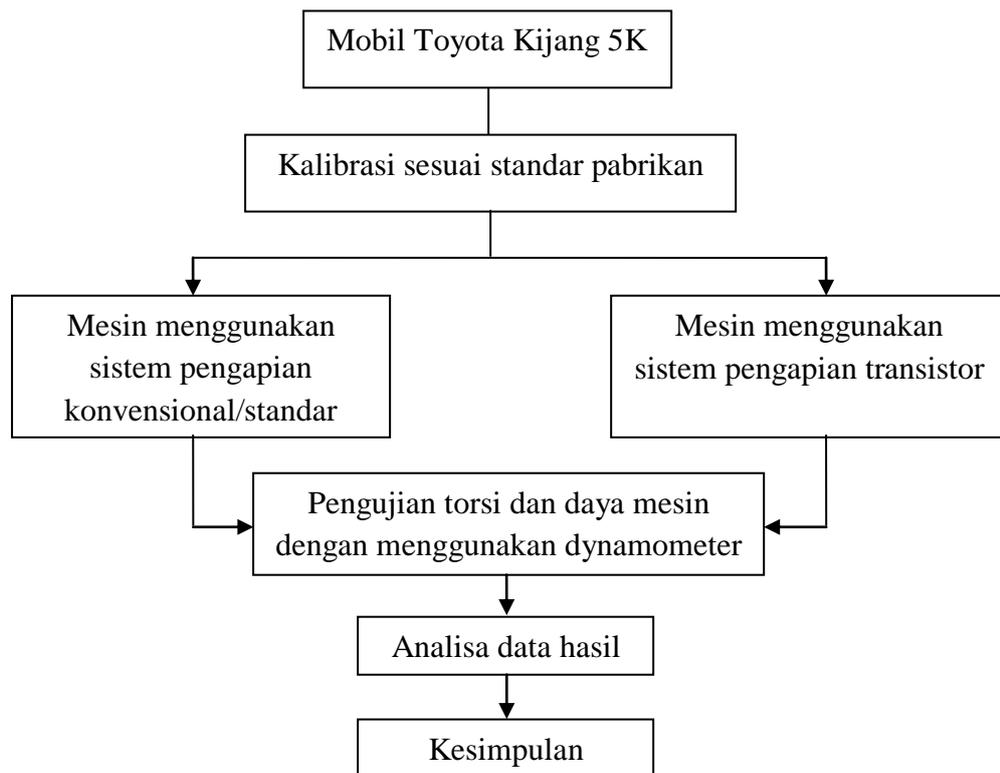
B. Penelitian Relevan

Penelitian terdahulu yang relevan diambil untuk memperkuat teori-teori yang telah dikemukakan pada kajian teori telah penulis kumpulkan dibawah ini:

1. Akhmad Ali Fadoli dkk di Universitas Pancasakti Tegal dalam skripsinya, mengungkapkan setelah menggunakan booster pengapian pada mesin Toyota Kijang 7K, maka daya mengalami peningkatan sebesar 10,48 %.
2. Heru Hartanto di Universitas Negeri Semarang (2006) dalam tugas akhirnya, menyimpulkan sistem pengapian transistor pada Toyota kijang 5K memungkinkan untuk mendapatkan kualitas pengapian yang baik, karena kecepatan potong fluks magnet yang terjadi pada pengapian full-transistor tidak terpengaruh oleh putaran mesin sehingga selalu didapatkan kualitas pengapian yang optimal pada setiap jenjang putaran mesin.

C. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam penelitian ini adalah sebagai gambaran mengenai penelitian pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya mesin Toyota Kijang 5K. Secara lebih jelas kerangka konseptual penelitian ini dapat digambarkan seperti dalam diagram berikut:



D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori diatas terutama tentang karakteristik sistem pengapian transistor dibandingkan dengan karakteristtik sistem pengapian konvensional, hipotesis yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini yaitu terdapat pengaruh penggunaan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya mesin mobil Toyota Kijang 5K.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dibahas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sistem pengapian transistor memberikan perubahan torsi yang lebih tinggi dalam semua rentang putaran yang ditentukan yaitu, putaran mesin 1500 RPM (97,1 Nm), 3000 RPM (106,15 Nm) dan 4500 RPM (97,14 Nm), dibandingkan dengan sistem pengapian konvensional standar pabrikan Toyota Kijang 5K yang hanya menghasilkan torsi pada putaran mesin 1500 RPM (90,35 Nm), 3000 RPM (99,25 Nm) dan 4500 RPM (95,3 Nm).
2. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sistem pengapian transistor memberikan perubahan daya yang lebih tinggi dalam semua rentang putaran yang ditentukan yaitu, putaran mesin 1500 RPM (20,25 BHP), 3000 RPM (44,9 BHP) dan 4500 RPM (61,25 BHP), dibandingkan dengan sistem pengapian konvensional standar pabrikan Toyota Kijang 5K yang hanya menghasilkan daya pada putaran mesin 1500 RPM (19,05 BHP), 3000 RPM (41,6 BHP) dan 4500 RPM (60,3 BHP).
3. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijabarkan menggunakan *uji t* maka didapatkan rata-rata dari masing-masing torsi yang dihasilkan sistem pengapian konvensional dibandingkan dengan sistem pengapian transistor pada putaran mesin 1500 RPM rata-ratanya 27,000216 (signifikan), pada

putaran 3000 RPM rata-ratanya 96,874558 (signifikan) dan pada putaran 4500 RPM rata-ratanya 12,333366 (signifikan).

4. Hasil penelitian yang telah dijabarkan menggunakan *uji t* maka didapatkan rata-rata dari masing-masing daya yang dihasilkan sistem pengapian konvensional dibandingkan dengan sistem pengapian transistor pada putaran mesin 1500 RPM rata-ratanya 7,589652 (signifikan), pada putaran 3000 RPM rata-ratanya 11,667291 (signifikan) dan pada putaran 4500 RPM rata-ratanya 3,528240 (signifikan).
5. Hipotesis statistik H_0 ditolak dan H_a diterima karena berdasarkan hasil penelitian dan *uji t* terdapat pengaruh yang signifikan dari penggunaan sistem pengapian transistor terhadap torsi dan daya mesin Toyota Kijang 5K.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Untuk mencapai kinerja mesin yang lebih maksimal maka sebaiknya Toyota Kijang 5K dimodifikasi menggunakan sistem pengapian transistor, karena sistem pengapian transistor bekerja lebih baik daripada sistem pengapian konvensional sehingga dapat meningkatkan torsi dan daya mesin Toyota Kijang 5K pada setiap putarannya sehingga mampu menghasilkan performa mesin yang lebih optimal seperti yang didapatkan dari hasil pengujian dan penelitian.

2. Penelitian ini masih terbatas hanya pada beberapa putaran mesin yang mewakili, pada penelitian lanjutan untuk putaran yang lebih tinggi
3. Sebaiknya peneliti lain yang melakukan penelitian torsi dan daya berdasarkan dengan perbandingan dua jenis pengapian yakni sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian transistor, memvariasikan saat pengapiannya diluar spesifikasi standar Toyota Kijang 5K untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap torsi dan daya mesin. Variasi penyetelan saat pengapian mempengaruhi proses pembakaran sehingga berdampak terhadap torsi dan daya yang dihasilkan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, Berenschot. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta : Erlangga.
- Arends, Berenschot. 1994. *Motor Bensin*. Jakarta : Erlangga.
- Arismunandar, Wiranto. 2005. *Motor Bakar Torak*. Bandung : ITB.
- Akhmad, Ali._____. “Analisa Perbandingan Daya dan Konsumsi Bahan Bakar antara Pengapian Standar dengan Pengapian Menggunakan Booster Pada Mesin Toyota Kijang Seri 7K”. *Jurnal Penelitian*. Universitas Pancasakti Tegal.
- _____. 2004. *ASE Engine Performance Unit VII. United State of America* : Pearson Prentice Hall Digital University Press.
- Buntarto. 2015. *Dasar-dasar Kelistrikan Otomotif*. Yogyakarta : Pustaka Baru Press.
- Charles K, Alexander. 2009. *Fundamentals of Electric Circuits*. USA : Mc Graw Hill.
- Ganesan. 2003. *Internal Combustion Engines*. USA : Mc Graw Hill.
- Hartanto, Heru. 2006. “Sistem Pengapian dan Troubleshooting Pada Mesin Toyota Kijang 5K”. *Tugas Akhir*. Universitas Negeri Semarang.
- Hidayat, Wahyu. 2012. *Motor Bensin Modern*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Kurniawan Imam. 2005. “Studi Perbandingan Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Antara Pengapian Standar dengan Pengapian Menggunakan Booster pada Mesin Toyota Seri 5K” *Jurnal Penelitian*. Universitas Negeri Semarang.
- Lipson. 1973. *Statistical Design and Analysis On Engineering Experiments*. Tokyo : Mc Graw-Hill Kogakhusa, Ltd.
- Magtrol *motor testing products description*, “*Engine Dynamometers.*”
http://www.magtrol.com/motortesting/ed_dynamometers.html. (diakses: 2 Juni 2015)
- Muharman. 2011. “Perakitan Sistem Pengapian IIA Pada Engine Stand Great Corolla 5A-FE”. *Tugas Akhir*. UNP.
- Northop. 1997. *Service Auto Mobil*. Bandung : Pustaka Setia.