

TUGAS AKHIR

***TROUBLESHOOTING* DAN PENGUJIAN SISTEM STARTER**

PADA TOYOTA KIJANG INNOVA *ENGINE* 1 TR-FE

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Progam Diploma 3

untuk Menyangang Sebutan Ahli Madya



Oleh :

Arman Setiawan

5211312002

PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

TAHUN 2015

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Arman Setiawan
NIM : 5211312002
Program Studi : Teknik Mesin D3
Judul : *TROUBLESHOOTING* DAN PENGUJIAN SISTEM
STARTER PADA TOYOTA KIJANG INNOVA ENGINE
1 TR-FE

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Dr. Samsudin Anis, S.T., M.T.
NIP. 197601012003121002

(Anis)

Sekretaris : Widi Widayat, ST, M.T.
NIP. 197408152000031001

(Widi)

Dewan Penguji

Pembimbing : Wahyudi, S. Pd, M.Eng.
NIP. 198003192005011001

(Wahyudi)

Penguji Utama : Drs. Abdurrahman, M. Pd
NIP. 196009031985031002

(Abdurrahman)

Penguji Pendamping : Wahyudi, S. Pd, M.Eng.
NIP. 198003192005011001

(Wahyudi)

Ditetapkan di Semarang
Tanggal :



Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Drs. H. Muhammad Harlanu, M. Pd.
NIP. 196602151991021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Hidup hanyalah untuk mencari Ridho Allah SWT, dengan ridhonya segala sesuatu akan mudah diperoleh.
2. Kemuliaan manusia bukan pada bentuk rupa, banyaknya harta benda, dan kepangkatan. Tetapi kesantunan dan kerendahan hati serta taqwa membuat kita disukai oleh yang di langit dan mahluk bumi.
3. Keyakinan yang kuat dengan percaya diri yang tinggi akan membawamu dalam kesuksesan.
4. Orang sukses adalah orang yang bisa memanfaatkan waktu dengan sebaik-baiknya.

Persembahan :

1. Ayah dan Ibu tercinta.
2. Adikku tersayang.
3. Teman seperjuangan yang selalu mendukung dalam pembuatan laporan ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Hidayah dan Inayah-Nya, sehingga penyusunan laporan Proyek Akhir dengan judul “ *Troubleshooting* dan Pengujian Sistem Starter Pada Toyota Kijang Innova *Engine 1 Tr-Fe*” dapat terselesaikan.

Selesainya laporan Proyek Akhir ini tak lepas dari kerjasama dan jasa baik dari berbagai pihak, dengan segala kerendahan hati Penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. M. Khumaedi, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Samsudin Anis, S.T., M.T. Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
3. Widi Widayat, S.T, M.T, Kaprodi D3 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
4. Wahyudi, S.Pd. M. Eng, Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Angga Septiyanto, S.Pd, M.T Pembimbing Lapangan dalam pembuatan tugas akhir.
6. Semua pihak yang tak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan maupun dukungan moral.

Semoga segala dorongan, bantuan, bimbingan dan pengorbanan yang telah di berikan dari berbagai pihak di dalam penulisan laporan ini mendapat balasan yang lebih dari Allah SWT dan akhirnya penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca.

Semarang,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	2
C. Tujuan	3
D. Manfaat	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Prinsip Kerja Motor Starter	5
B. Motor Starter Tipe <i>Planetary</i>	11
1. Mekanisme Pengurangan Kecepatan	12
2. <i>Damping Device</i>	13
C. Bagian-bagian Motor Starter	13
1. <i>Magnetic Switch</i>	13
2. <i>Field Coil</i>	15
3. <i>Brush</i>	15
4. <i>Armature</i>	16
5. <i>Drive Lever</i>	17
6. <i>Starter Clutch</i>	17

D. Cara Kerja Sistem Starter.....	18
1. Kunci Kontak pada Posisi Start.	18
2. Pinion Gear dengan Ring Gear Berkaitan	19
3. Kunci Kontak pada Posisi ON.	20
 BAB III. <i>TROUBLESHOOTING</i> DAN PENGUJIAN SISTEM STARTER PADA TOYOTA KIJANG INNOVA <i>ENGINE</i> 1 TR-FE	22
A. Alat dan Bahan	22
B. Proses Pelaksanaan.....	22
1. Pembongkaran.....	22
2. Langkah Pemeriksaan	29
3. Perakitan.....	38
4. <i>Troubleshooting</i> yang terjadi pada motor starter.....	44
C. Pengujian Motor Starter Kijang Innova <i>Engine</i> 1 TR-FE.....	55
1. Tes <i>pull in coil</i>	55
2. Tes <i>hold in coil</i>	56
3. Tes kembalinya <i>pinion</i>	58
4. Pengujian arus motor starter tanpa beban	59
5. Pengujian arus motor starter ada beban saat kompresi los	61
6. Pengujian arus motor starter ada beban saat kompresi aktif	62
 BAB IV. PENUTUP	64
A. Simpulan	64
B. Saran..	65
 DAFTAR PUSTAKA	66
 LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Motor Starter Pada Kendaraan	6
Gambar 2.2. Grafik Karakteristik Motor Starter	7
Gambar 2.3. Kaidah Ulir Kanan	8
Gambar 2.4. Aturan Tangan Kiri <i>Fleming</i>	9
Gambar 2.5. Motor Seri DC yang Dikombinasikan pada Motor Starter	10
Gambar 2.6. Model Kerja Motor Sederhana	10
Gambar 2.7. Motor starter tipe <i>Planetary</i>	11
Gambar 2.8. Mekanisme pengurangan kecepatan.....	12
Gambar 2.9. <i>Damping Device</i>	13
Gambar 2.10. <i>Magnetic Switch</i>	14
Gambar 2.11. <i>Field Coil</i>	15
Gambar 2.12. <i>Brush</i>	16
Gambar 2.13. <i>Armature</i>	16
Gambar 2.14. <i>Drive Lever</i>	17
Gambar 2.15. <i>Starter Clutch</i>	18
Gambar 2.16. Kunci Kontak pada Posisi Start.....	19
Gambar 2.17. Kunci Kontak dengan <i>Ring Gear</i> Berkaitan	20
Gambar 2.18. Kunci Kontak pada Posisi ON	21
Gambar 3.1. Membuka mur dari terminal C	23
Gambar 3.2. Melepas kabel tembaga dari terminal C.....	23
Gambar 3.3. Melepas dua mur pengunci <i>magnetic switch</i>	24

Gambar 3.4. Melepas <i>magnetic switch</i>	24
Gambar 3.5. Melepas dua baut utama	25
Gambar 3.6. Melepas baut pengunci tutup belakang motor starter.....	25
Gambar 3.7. Melepas tutup belakang motor starter	26
Gambar 3.8. Melepas rumah <i>internal gear</i> dari <i>field frame</i>	26
Gambar 3.9. Melepas tutup <i>armature</i> dari <i>yoke</i>	27
Gambar 3.10. Melepas <i>armature</i> dari <i>yoke</i>	27
Gambar 3.11. Melepas <i>planetary gear</i> dari <i>planetary gear shaft</i>	28
Gambar 3.12. Melepas rumah depan motor starter	28
Gambar 3.13. Melepas perkaitan <i>drive lever</i> dengan <i>starter clucth</i>	29
Gambar 3.14. Pemeriksaan komutator terhadap hubungan terbuka	29
Gambar 3.15. Pemeriksaan komutator terhadap hubungan massa.....	30
Gambar 3.16. Pemeriksaan permukaan komutator	31
Gambar 3.17. Mengukur diameter komutator	31
Gambar 3.18. Pemeriksaan hubungan terbuka <i>field coil</i>	32
Gambar 3.19. Pemeriksaan hubungan <i>field coil</i> dengan massa	33
Gambar 3.20. Pemeriksaan <i>plunger</i>	33
Gambar 3.21. Pemeriksaan sirkuit terbuka <i>pull in coil</i>	34
Gambar 3.22. Pemeriksaan sirkuit terbuka <i>hold-in coil</i>	35
Gambar 3.23. Pemeriksaan <i>pinion gear</i>	35
Gambar 3.24. Pemeriksaan kopling	36
Gambar 3.25. Pengukuran panjang <i>brush</i>	37
Gambar 3.26. Pemeriksaan terhadap isolasi <i>brush holder</i>	37

Gambar 3.27. Memasang perkaitan <i>drive lever</i> dengan <i>starter clutch</i>	38
Gambar 3.28. Memasang rumah depan motor starter	38
Gambar 3.29. Memasang <i>planetary gear</i> ke <i>planetary gear shaft</i>	39
Gambar 3.30. Memasang <i>armature</i> ke dalam <i>yoke</i>	39
Gambar 3.31. Memasang tutup <i>armature</i> ke dalam <i>yoke</i>	40
Gambar 3.32. Memasang rumah <i>internal gear</i> dengan <i>field frame</i>	40
Gambar 3.33. Memasang tutup belakang motor starter	41
Gambar 3.34. Memasang baut pengunci tutup belakang motor starter.....	41
Gambar 3.35. Memasang dua baut utama.....	42
Gambar 3.36. Memasang <i>magnetic switch</i>	42
Gambar 3.37. Memasang dua mur pengunci <i>magnetic switch</i>	43
Gambar 3.38. Memasang kabel tembaga ke terminal C	43
Gambar 3.39. Memasang mur ke terminal C	44
Gambar 3.40. Terminal <i>relay</i> starter	49
Gambar 3.41. Rangkaian tes <i>pull-in coil</i>	55
Gambar 3.42. <i>Wiring diagram</i> tes <i>pull-in coil</i>	55
Gambar 3.43. Hasil tes <i>pull-in coil</i>	56
Gambar 3.44. Rangkaian tes <i>hold-in coil</i>	56
Gambar 3.45. <i>Wiring diagram</i> tes <i>hold-in coil</i>	57
Gambar 3.46. Hasil tes <i>hold-in coil</i>	57
Gambar 3.47. Rangkaian tes kembalinya <i>pinion</i>	58
Gambar 3.48. <i>Wiring diagram</i> tes kembalinya <i>pinion</i>	58
Gambar 3.49. Hasil tes kembalinya <i>pinion</i>	59

Gambar 3.50. Rangkaian tes tanpa beban	60
Gambar 3.51. <i>Wiring diagram</i> tes tanpa beban	60
Gambar 3.52. Hasil tes tanpa beban.....	61
Gambar 3.53. Hasil pengujian tes tanpa beban	61
Gambar 3.54. Tes ada beban kompresi los	62
Gambar 3.55. Tes ada beban kompresi aktif.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Motor Starter	8
Tabel 3.1. <i>Troubleshooting</i> Sistem Starter.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Motor Starter Tipe <i>Planetary</i>	68
Lampiran 2. Spesifikasi Mesin 1 TR-FE Kijang Innova.....	68
Lampiran 3. Dokumentasi.....	69
Lampiran 4. Surat Tugas	70

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dewasa ini berkembang dengan pesat terutama di bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Terapan. Perkembangan teknologi otomotif selalu mengikuti kemajuan IPTEK dan tuntutan konsumen. Pada perkembangannya bertujuan pada tiga hal pokok yaitu kenyamanan, keamanan dan ramah lingkungan, diantara perkembangan pada auto mobil yang paling pesat adalah sistem kelistrikan. Sistem kelistrikan terbagi dalam kelistrikan *engine* dan kelistrikan *body*. Mesin membutuhkan suatu sistem kelistrikan untuk menghidupkan mesin dan mempertahankannya agar tetap hidup, yaitu dengan menggunakan motor starter.

Motor starter digunakan untuk memutar poros engkol dan kemudian menggerakkan torak-torak sehingga mesin dapat hidup. Pada umumnya mobil menggunakan motor listrik yang digabung dengan *magnetic switch* yang memindahkan *pinion gear* yang berputar ke *ring gear* yang dipasang mengelilingi *fly wheel* (roda penerus) yang dibaut pada poros engkol. Motor starter harus dapat menghasilkan momen yang besar dari tenaga yang kecil yang tersedia pada baterai. Dengan momen yang besar ini diharapkan dapat memutar poros engkol dan dapat mengabutkan bahan bakar sehingga mesin dapat hidup dengan mudah.

Perkembangan motor starter sampai saat ini ada empat tipe yaitu konvensional, reduksi, *planetary* dan *planetary reduction-segment conductor*

motor (PS Starter). Meskipun motor starter berbeda-beda, tetapi fungsi dan prinsip kerjanya sama, yaitu sebagai penggerak awal suatu mobil. Toyota Kijang Innova *engine 1 TR-FE* menggunakan motor starter tipe *planetary* sebagai penggerak awalnya.

Pengetahuan mengenai *troubleshooting* sangat penting untuk mempermudah mengenali setiap kerusakan yang terjadi pada sistem starter, mengetahui cara memperbaiki gejala yang timbul pada sistem starter dengan cepat dan tepat dan mampu mengetahui dan menangani *troubleshooting* yang sering terjadi dalam sistem starter. Pengetahuan mengenai pengujian pada sistem starter sangat penting untuk dapat mengetahui keadaan arus dalam berbagai kondisi pada sistem starter terutama pada saat putaran awal. Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE* telah banyak dipasarkan, sehingga pengetahuan mengenai *troubleshooting* dan pengujiannya sangat penting untuk dipelajari. Melihat keadaan tersebut saya tertarik untuk mempelajari *troubleshooting* dan pengujian sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*. Atas dasar tersebut penulis tertarik untuk mengambil judul “*Troubleshooting dan Pengujian Sistem Starter Pada Toyota Kijang Innova Engine 1 Tr-Fe*”

B. Permasalahan

Dari uraian tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *troubleshooting* pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*?
2. Bagaimana cara pengetesan *pull-in* pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*?

3. Bagaimana cara penyetesan *hold-in* pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*?
4. Bagaimana cara penyetesan kembalinya pinion pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*?
5. Bagaimana cara pengujian arus tanpa beban, ada beban saat kompresi los dan ada beban saat kompresi aktif pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*?

C. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis pada penulisan laporan Tugas Akhir dalam sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE* yaitu untuk:

1. Untuk mengetahui *troubleshooting* pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*.
2. Untuk mengetahui cara penyetesan *pull-in* pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*.
3. Untuk mengetahui cara penyetesan *hold-in* pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*.
4. Untuk mengetahui cara penyetesan kembalinya pinion pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*.
5. Untuk mengetahui cara pengujian arus tanpa beban, ada beban saat kompresi los dan ada beban saat kompresi aktif pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*.

D. Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai oleh penulis pada penulisan laporan Tugas Akhir dalam sistem starter pada Toyota Kijang Innova *Engine* 1 Tr-Fe adalah:

1. Mempermudah mengenali setiap kerusakan yang terjadi pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine* 1 TR-FE.
2. Dapat mengetahui keadaan arus dalam berbagai kondisi pada sistem starter Toyota Kijang Innova *Engine* 1 TR-FE.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip Kerja Motor Starter

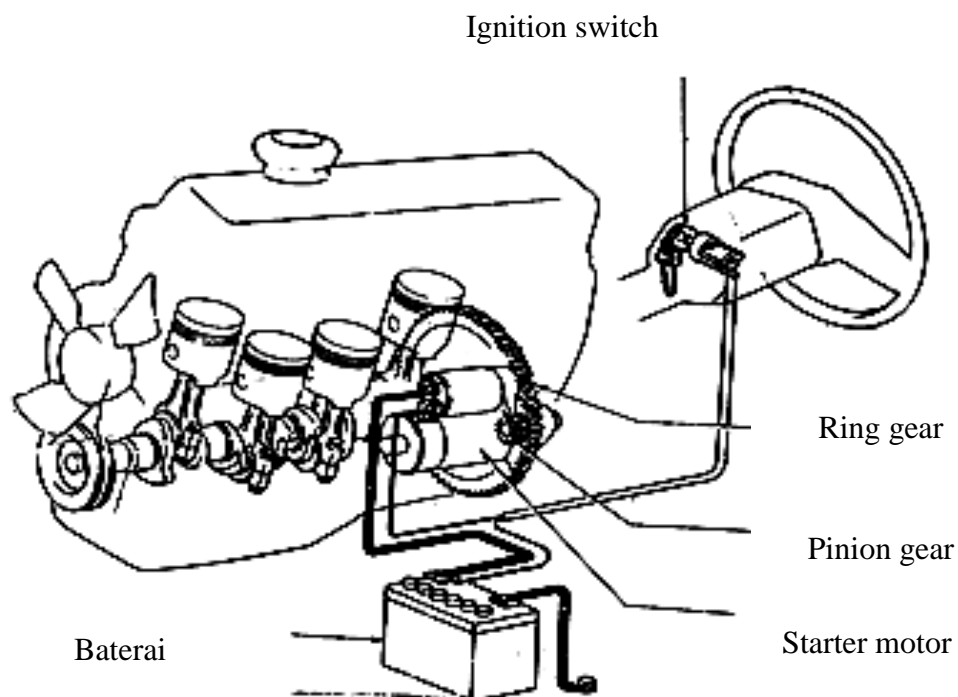
Motor bakar tidak bisa dihidupkan dengan tenaga motor itu sendiri, maka starter digunakan untuk memutar motor bakar pertama kali sampai tercapai putaran tertentu agar motor dapat hidup. Mesin membutuhkan tenaga dari luar untuk menggerakkan poros engkol dan membantunya agar mudah hidup. Diantara berbagai peralatan yang ada, salah satunya menggunakan motor listrik yang dikombinasikan dengan *magnetic switch* untuk mendorong *pinion gear* yang berputar ke dalam atau keluar dari hubungan dengan *ring gear* yang ada pada roda gila (*fly wheel*) mesin.

Motor starter sebagai penggerak mula harus dapat mengatasi tahanan-tahanan motor, misalnya :

1. Tekanan kompresi
2. Gesekan, pada semua bagian yang bergerak
3. Hambatan dari minyak pelumas, sewaktu masih dingin kekentalannya masih tinggi

Motor starter harus dapat membangkitkan momen puntir yang besar dari sumber tenaga baterai yang terbatas. Pada waktu yang bersamaan harus ringan dan kompak. Oleh karena itu maka dipergunakan motor seri DC (*Direct Current*). Mesin tidak dapat start sebelum melakukan siklus operasionalnya berulang-ulang yaitu langkah hisap, kompresi, usaha, dan buang. (Sumarsono, 2012: 26)

Kecepatan putar minimum yang diperlukan untuk menghidupkan mesin berbeda – beda tergantung pada kondisi operasionalnya, pada umumnya 40 rpm sampai 60 rpm untuk motor bensin dan 80 rpm sampai 100 rpm untuk motor diesel. Pada umumnya kendaraan menggunakan baterai 12 volt, maka motor starter juga dirancang untuk tegangan tersebut.

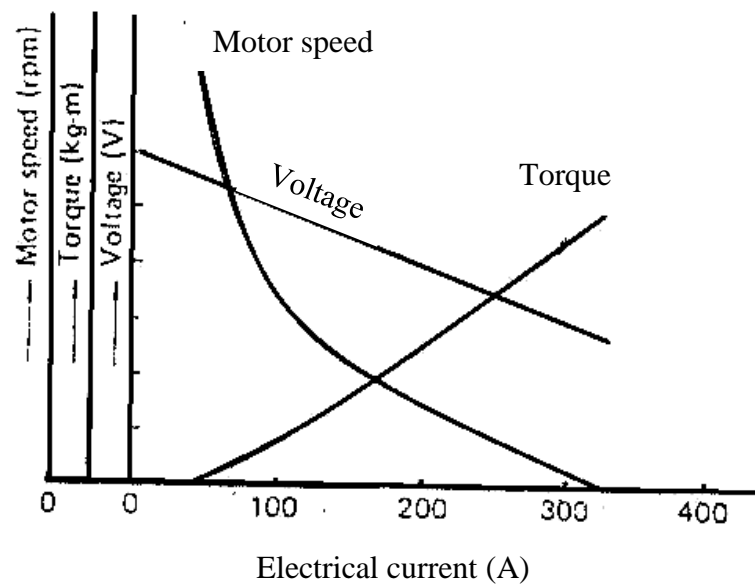


Gambar 2.1 Motor Starter Pada Kendaraan (Wahyu, 2014: 05)

Alasan mengapa mesin tidak akan hidup sampai kecepatan putarnya mencapai tingkat tertentu meliputi:

- a. Bahan bakar tidak teratomisasi sepenuhnya pada putaran rendah. Pada motor bensin, kecepatan udara masuk berpengaruh terhadap kerja karburator. Pada motor diesel, kecepatan putar pompa injeksi yang rendah tidak memungkinkan terjadinya atomisasi bahan bakar secara sempurna.

- b. Temperatur yang terlalu rendah. Pada motor bensin, temperatur silinder yang rendah akan menghambat pengabutan bahan bakar. Pada mesin diesel, hingga temperatur udara yang dikompresikan didalam silinder tercapai, bahan bakar masih dapat saja gagal terbakar.
- c. Karakteristik motor starter semakin rendah putarannya akan mengambil arus lebih besar dari baterai, dan baterai mungkin tidak mampu untuk memberikan tenaga yang cukup ke sistem pengapian (pada motor bensin) selama putaran awal, karena tegangan pada terminal baterai yang turun. Bila ini terjadi, maka kemampuan pembakaran akan menurun, karena tegangan yang masuk ke kumparan primer dari *ignition coil* tidak cukup, menyebabkan tegangan sekunder yang dikirim ke busi tidak cukup. Di bawah ini terdapat gambar tentang grafik karakteristik dari motor stater.



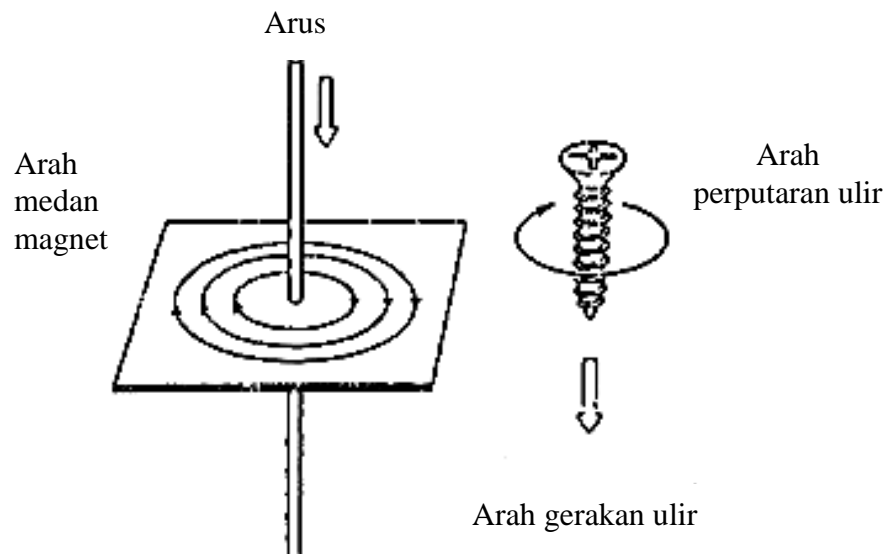
Gambar 2.2 Grafik Karakteristik Motor Starter (Toyota, 1995: 6)

Tabel 2.1 Karakteristik Motor Starter (Toyota, 1995: 6)

Item	Pemutaran awal	Pemutaran meningkat
Kecepatan motor	Rendah	Tinggi
Gaya elektromotive lawan yang dibangkitkan pada <i>armature coil</i>	Kecil	Besar
Arus motor	Besar	Kecil
Momen puntir yang dibangkitkan	Besar	Kecil
Penurunan tegangan pada baterai dan kabel	Besar	Kecil
Tegangan yang diberikan ke motor starter	Kecil	Besar

Prinsip kerja dari motor starter adalah sebagai berikut:

- 1) Bila arus mengalir dalam suatu penghantar (*conductor*), medan magnet dibangkitkan seperti arah ulir kanan.

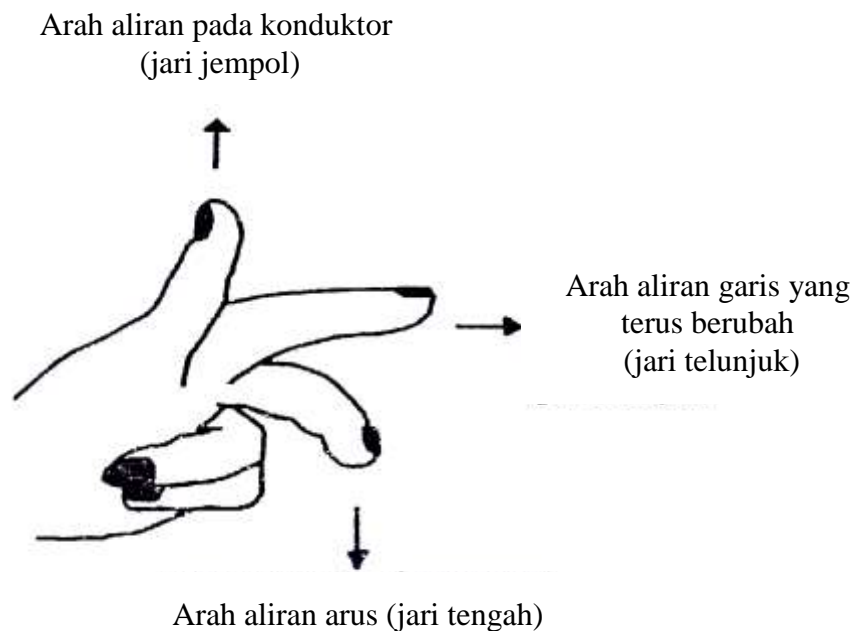


Gambar 2.3 Kaidah Ulir Kanan (Toyota, 1995: 2)

- 2) Bila penghantar ditempatkan diantara kutub N dan S dari sebuah magnet permanen, maka garis gaya magnet yang terjadi oleh arus listrik dalam penghantar dan garis gaya magnet dari magnet permanen saling berpotongan

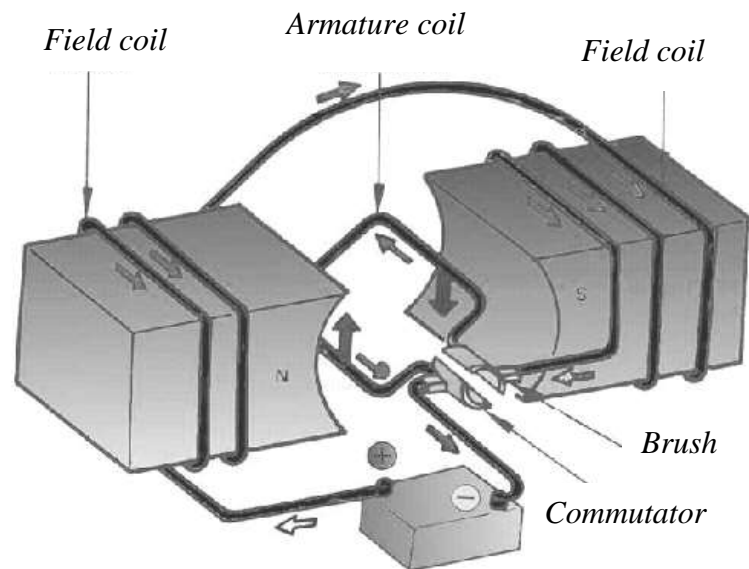
menyebabkan *magnetic flux* bertambah dibagian bawah penghantar dan berkurang dibagian atas penghantar.

Dapat dianggap bahwa *magnetic flux* adalah sebagai sabuk karet yang telah ditegangkan. Jadi *magnetic flux* adalah gaya yang cenderung menarik pada satu garis lurus lebih kuat dibagian bawah penghantar. Akibatnya dari hal ini bahwa penghantar memperoleh gaya yang cenderung mendorongnya ke atas (kaidah tangan kiri Fleming).



Gambar 2.4 Aturan Tangan Kiri Fleming (Sumarsono, 2012: 29)

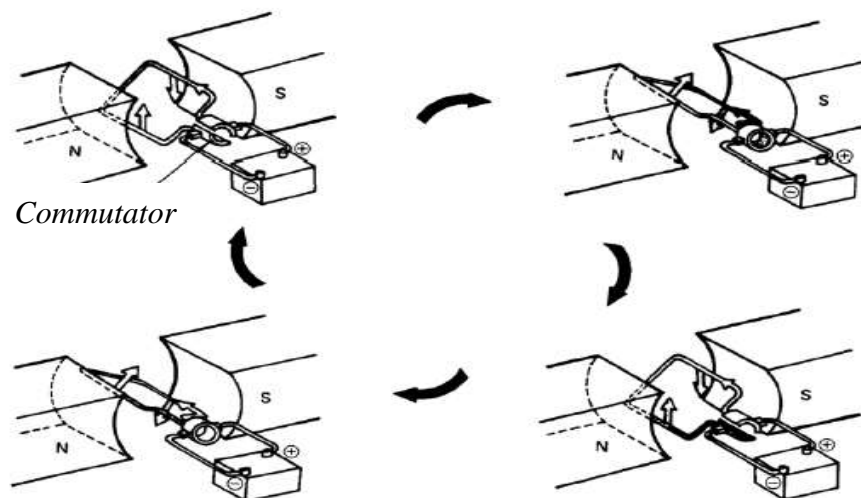
Lilitan kawat yang diletakkan diantara kutup magnet permanen akan mulai berputar bila diberi arus. Hal ini disebabkan arus mengalir dengan arah yang berlawanan pada masing-masing lilitan, jadi gaya yang saling memotong dari lilitan dengan magnet itu sendiri. Akibatnya lilitan kawat akan berputar searah dengan arah jarum jam.



Gambar 2.5 Motor Seri DC Yang Dikombinasikan Pada Motor Starter

(Sinurat, 2011: 08)

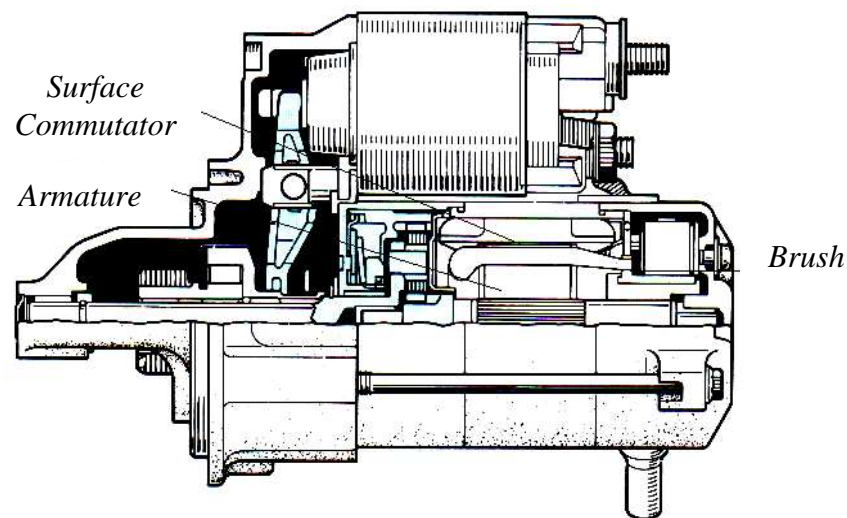
Waktu yang tepat diperoleh dengan membalikkan arah aliran arus dengan menggunakan komutator, maka lilitan akan terdorong berputar terus pada arah yang sama. Gambar 2.6 menunjukkan model yang paling sederhana dari kerjanya motor.



Gambar 2.6 Model Kerja Motor Sederhana (Toyota, 1995: 3)

Motor yang sebenarnya, terdapat beberapa set kumparan dipergunakan untuk membatasi ketidakaturan putaran dan menjaga kecepatan agar tetap konstan, tetapi prinsipnya sama. Selanjutnya motor seri DC yang dikombinasikan pada motor starter menggunakan sejumlah kumparan yang disebut *field coil* yang dirangkai secara seri dengan beberapa *armature* sebagai pengganti magnet permanen. Motor seri artinya kumparan medan dihubungkan seri dengan anker. Tenaga mekanik yang dihasilkan berupa tenaga putar dari poros anker ke roda penerus lewat *pinion*.

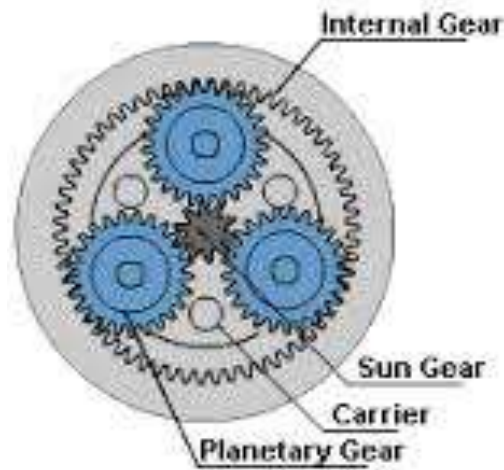
B. Motor Starter Tipe *Planetary*



Gambar 2.7 Motor starter tipe *Planetary* (Anonim, 2008: 7)

Motor starter tipe *planetary* menggunakan *planetary gear* untuk mengurangi kecepatan putaran *armature*, pengurangan kecepatan poros *armature* dilakukan oleh tiga buah *planetary gear* dan satu *internal gear*. Apabila poros *armature* berputar, maka *planetary gear* akan berputar dengan arah sebaliknya yang selanjutnya menyebabkan *internal gear* berputar. Akan tetapi karena *internal gear* terikat, *planetary gear* akhirnya juga berputar di dalam *internal gear*.

1. Mekanisme pengurangan kecepatan



Gambar 2.8 Motor starter tipe *Planetary* (Anonim, 2008: 7)

Perbandingan gigi antara *armature gear* dengan *planetary gear* dan *internal gear* adalah 11 : 15 : 43 yang menghasilkan sekitar 4 perbandingan reduksi. Dengan demikian putaran *pinion gear* berkurang 1/4 dari putaran sebenarnya. Hal ini membuat tenaga putar dari *pinion gear* lebih besar. Berikut perhitungan *gear ratio* :

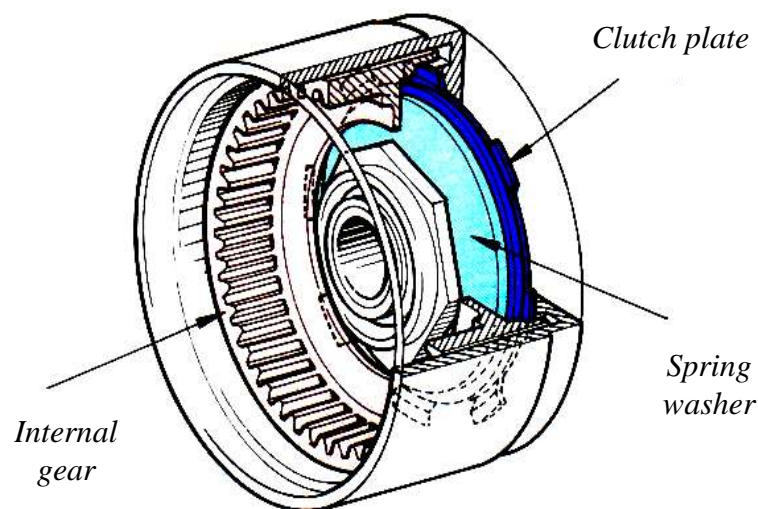
$$\text{Gear Ratio} = \frac{\text{Planetary Gear}}{\text{Sun Gear}} \times \frac{\text{Internal Gear}}{\text{Planetary Gear}}$$

$$\text{Gear Ratio} = \frac{15}{11} \times \frac{43}{15} = \frac{645}{165} = 3,90 \approx 4$$

Perbandingan antara gigi pereduksi dengan *pinion gear* ini antara 5 : 1 hingga 4 : 1, berarti jika *armature* berputar 4000 rpm maka *pinion gear* berputar 1000 rpm. Penurunan putaran *pinion gear* sebanyak empat kali menyebabkan putaran *pinion gear* lebih lambat dari gigi pereduksi, namun momen yang dihasilkan oleh *pinion gear* lebih besar empat kali.

2. *Internal Gear*

Pada *internal gear* biasanya dipasang mati atau permanen, tetapi bila momen yang diberikan ke starter terlalu besar, maka *internal gear* pada akhirnya akan berputar untuk membuang momen yang berlebihan dan mencegah kerusakan pada *armature* dan bagian-bagian lainnya. *Internal gear* diikatkan dengan *clutch plate* dan *clutch plate* didorong oleh *spring washer*. Bila momen yang berlebihan membawa *internal gear*, *clutch plate* akan menahan gaya dorong *spring washer* dan berputar sehingga *internal gear* ikut berputar. Dengan cara itu momen yang berlebihan dapat diredam.



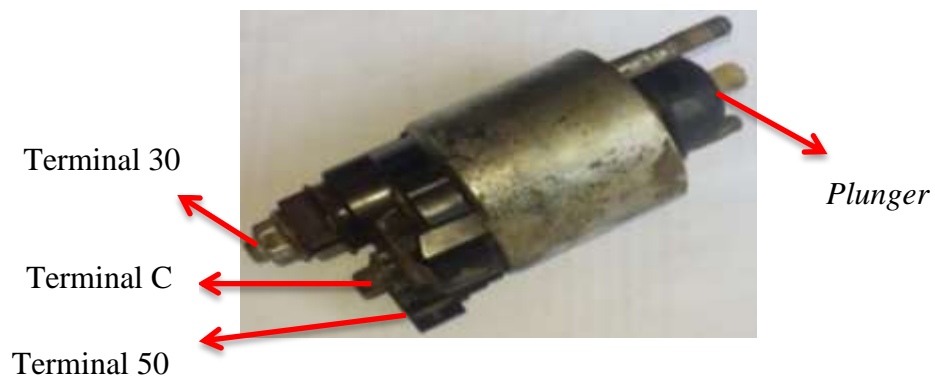
Gambar 2.9 Motor starter tipe *Planetary* (Anonim, 2008: 7)

C. Bagian-bagian Motor Starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*

1. *Magnetic Switch*

Magnetic switch dioperasikan oleh gaya magnet yang dibangkitkan di dalam kumparan dan mempunyai dua fungsi yaitu untuk menghubungkan dan melepaskan *pinion gear* ke/dari *ring gear* dan bekerja sebagai *main switch* atau

relay yang memungkinkan arus yang besar dari baterai mengalir ke motor starter. Pada saklar magnet terdapat tiga terminal, yaitu terminal C yang dihubungkan dengan *field coil* motor starter, terminal 50 yang dihubungkan dengan kunci kontak bertanda ST dan terminal 30 yang dihubungkan dengan positif baterai.



Gambar 2.10 *Magnetic Switch* (Dokumentasi)

Keterangan:

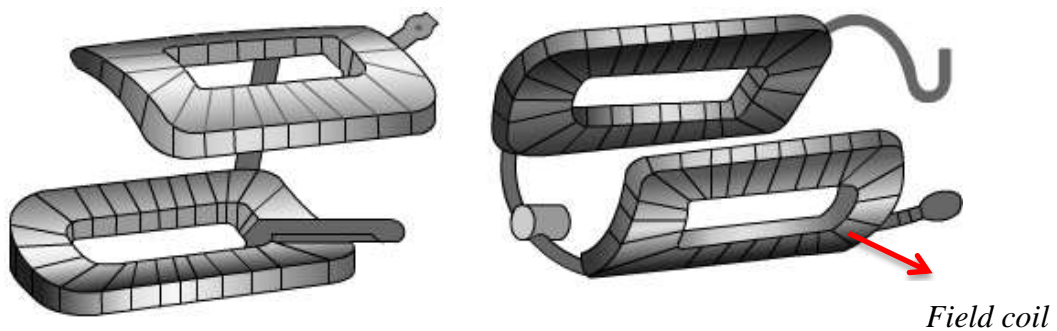
- a. *Hold-in coil* sebagai penahan *plunger*
- b. *Pull-in coil* sebagai penarik *plunger*
- c. *Plunger*, sebagai penarik tuas penggerak
- d. Terminal C, sebagai penghubung arus ke kumparan medan
- e. Terminal 30, sebagai penghubung arus dari *accu*
- f. *Contact plate*, sebagai penghubung terminal C dan terminal 30
- g. Pegas pembalik, sebagai pegas pengembali *plunger*

Cara kerja:

Bila *pull-in coil* dan *hold-in coil* dialiri arus dari baterai maka kumparan akan menjadi magnet sehingga inti akan terlempar, terdorong dan berhubungan dengan *contact plate* pada terminal 30 dan terminal C.

2. Field Coil

Field coil berfungsi untuk dapat membangkitkan medan magnet. *Field coil* terdiri dari plat tembaga yang digulung pada inti besi, penggunaan plat tembaga sebagai *field coil* ini mempunyai maksud agar dapat mengalirkan arus yang cukup kuat dengan demikian akan dihasilkan medan magnet yang cukup besar. Hubungan listrik pada *field coil* dihubungkan secara seri dengan lilitan kawat pada *armature*, untuk menghubungkan antara *field coil* dan *armature* digunakan empat buah sikat karbon.



Gambar 2.11 *Field Coil* (Anonim, 2015: 2)

Cara kerja:

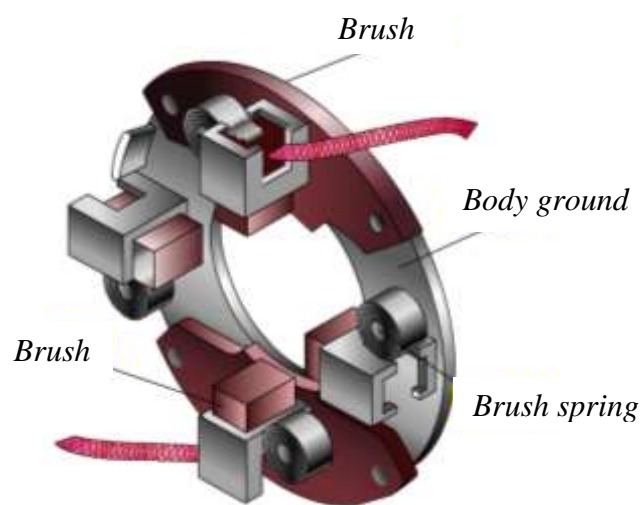
Arus listrik dari *magnetic switch* mengalir melalui *field coil* yang selanjutnya membangkitkan medan magnet untuk memutar *armature*.

3. Brush

Brush berfungsi menghantarkan arus listrik dari *field coil* ke *armature coil* langsung ke massa melalui komutator. Motor starter dilengkapi dengan 4 buah sikat karbon. Dua buah diantaranya dipegang pada kedudukannya dengan diisolasi agar tidak kontak pada massa negatif, sikat yang diisolasi ini adalah sikat positif dihubungkan dengan *armature coil* melalui komutator. Dua buah

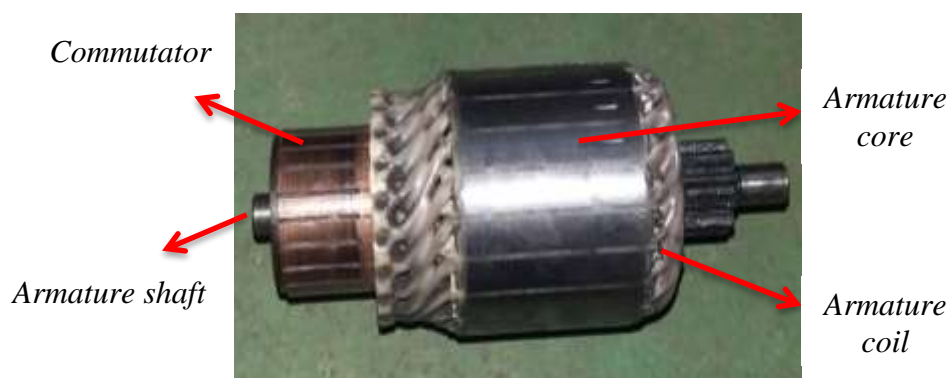
sikat lainnya adalah sikat negatif yang berhubungan langsung dengan bodi motor starter.

Bila sikat telah aus dan tekanan pegas lemah maka tidak dapat berhubungan baik dengan komutator, sehingga gaya putar starter menjadi berkurang dan tidak mampu memutar mesin.



Gambar 2.12 *Brush* (Anonim, 2015: 2)

4. *Armature*



Gambar 2.13 *Armature* (Dokumentasi)

Keterangan:

- a. *Armature core*, sebagai tempat lilitan *armature*

- b. *Armature shaft*, sebagai dudukan *armature*
- c. *Commutator*, sebagai penerus arus dari sikat
- d. *Armature coil*, sebagai pemotong GGL (gaya gerak listrik)

Armature berputar diakibatkan dari interaksi antara medan magnet yang dibangkitkan oleh *field coil* dengan *armature coil*. *Armature* berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar.

5. *Drive Lever*

Drive lever berfungsi untuk mendorong *pinion gear* ke arah posisi berkaitan dengan roda penerus, dan melepas perkaitan *pinion gear* dari perkaitan roda penerus.



Gambar 2.14 *Drive Lever* (Dokumentasi)

6. *Starter Clutch*

Starter clutch berfungsi untuk memindahkan momen puntir dari *armature shaft* kepada roda penerus, sehingga dapat berputar. *Starter clutch* juga berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah terjadinya *over running* pada *armature* apabila gigi yang digerakkan (*driven gear*) sudah mempunyai tenaga putar karena mesin telah hidup.

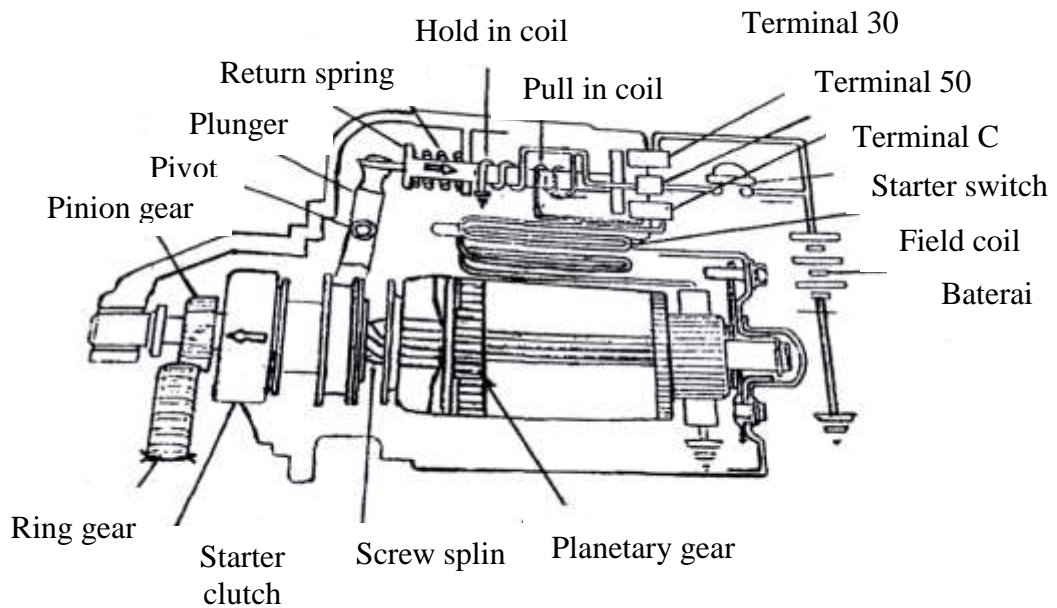


Gambar 2.15 *Starter Clutch* (Dokumentasi)

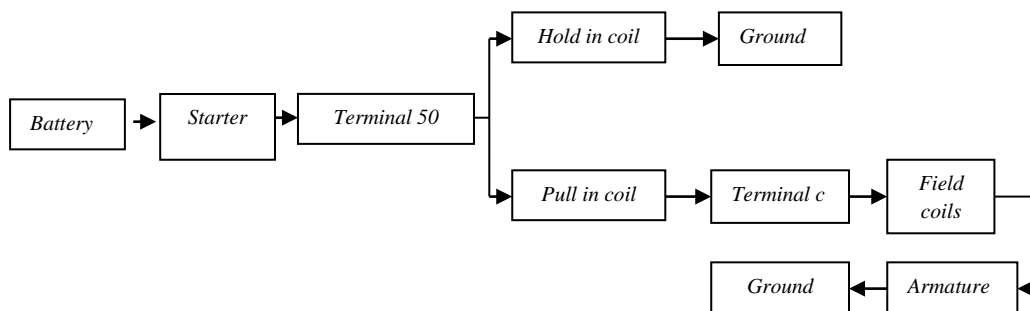
D. Cara Kerja Motor Starter Toyota Kijang Innova *Engine 1 TR-FE*

1. Kunci kontak pada posisi start

Saat kunci kontak diputar pada posisi start, terminal 50 akan mengalirkan arus listrik dari baterai ke *pull-in coil* dan *hold-in coil*. Dari *pull-in coil* kemudian arus mengalir ke *field coil* dan *armature coil* melalui terminal C. Pada titik ini, tegangan pada *pull-in coil* turun karena mempertahankan aliran arus yang mengalir pada bagian motor (*field coil* dan *armature*) kecil, sehingga motor berputar dengan putaran lambat. Pada saat yang bersamaan *hold-in coil* dan *pull-in coil* timbul medan magnet akibat dialiri arus, sehingga *plunger* yang ada ditengah-tengah kumparan akan tertarik ke kanan melawan pegas pengembali. Gerakan ini menyebabkan *pinion gear* terdorong ke kiri dan berkaitan dengan *ring gear*. Kecepatan putaran motor yang lambat akan membuat perkaitan gigi menjadi lembut. Alur *spiral* membantu perkaitan *pinion gear* dan *ring gear* menjadi lembut.



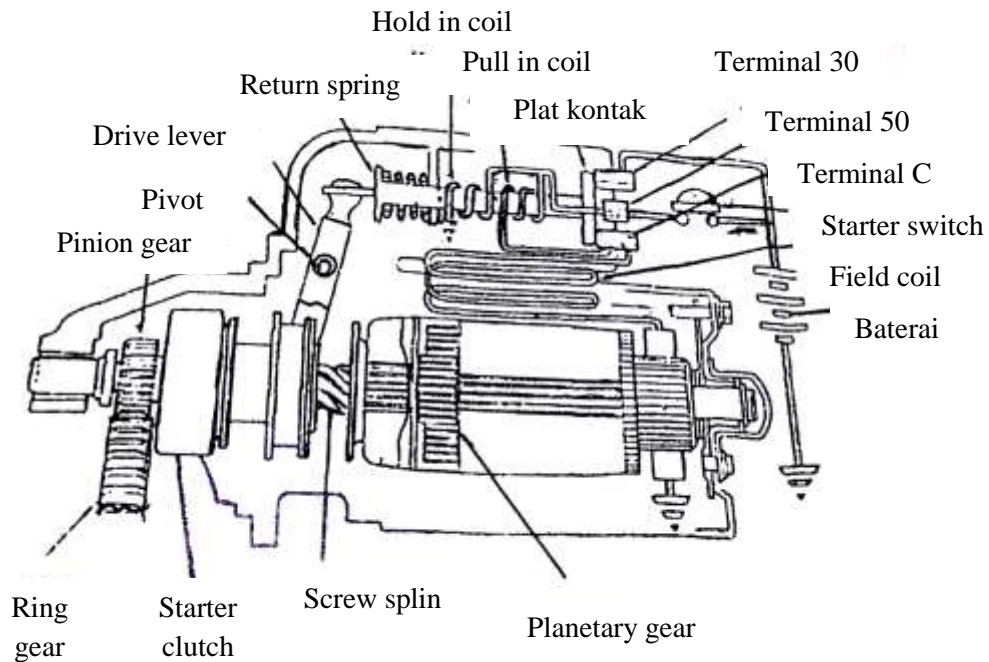
Gambar 2.16 Kunci Kontak Pada Posisi Start (Huda, 2012: 07)



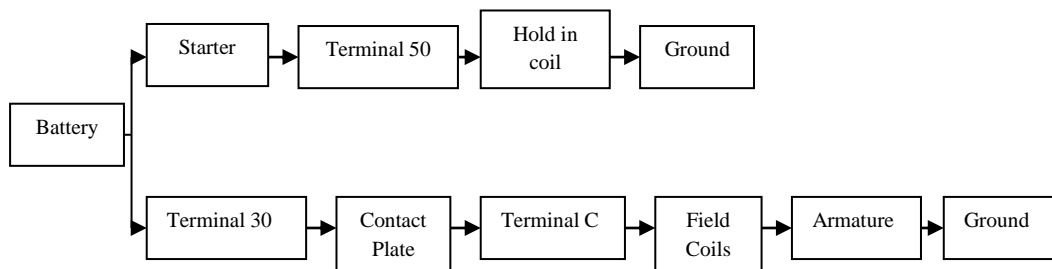
2. Pinion gear dengan ring gear berkaitan

Magnetic switch dan alur *spiral* mendorong *pinion gear* pada posisi berkaitan penuh dengan *ring gear*, *contact plate* yang tersentuh ujung *plunger* membuat *main relay* ON dengan menghubungkan terminal 30 dan terminal C. Akibat hubungan ini maka arus yang mengalir ke motor menjadi lebih besar dan menyebabkan motor berputar dengan momen yang lebih besar. Alur *spiral* memperkuat perkaitan *pinion gear* dengan *ring gear*. Pada saat ini tegangan pada kedua ujung *pull-in coil* menjadi sama sehingga arus tidak

mengalir pada kumparan ini, oleh karena *plunger* ditahan pada posisinya dengan gaya magnet yang dihasilkan oleh *hold-in coil*.



Gambar 2.17 Kunci Kontak dengan *Ring Gear* Berkaitan (Huda, 2012: 07)

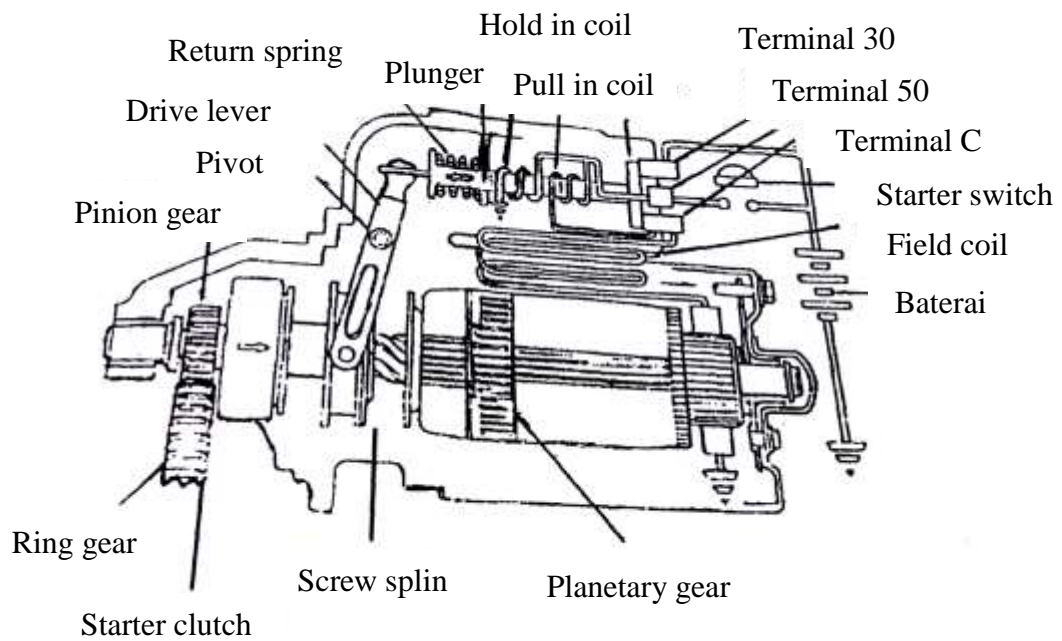


3. Kunci kontak pada posisi on

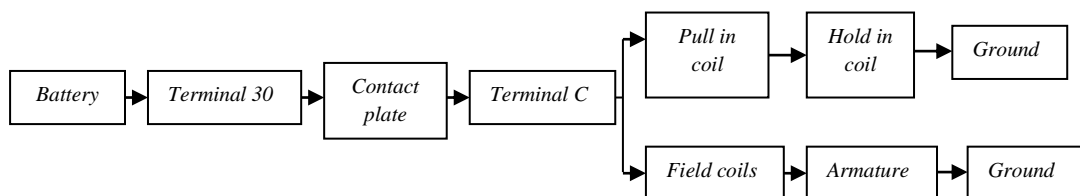
Saat kunci kontak dikembalikan ke posisi ON dari posisi START, maka tegangan yang diberikan ke terminal 50 akan terputus. *Main switch* tetap tertutup tetapi sebagian arus mengalir dari terminal C ke *hold-in coil* melalui *pull-in coil*. Dengan mengalirnya arus melalui *hold-in coil* dengan arah yang sama pada seperti pada saat kunci kontak diposisikan start, ini akan

membangkitkan medan magnet yang menarik *plunger*. Pada *pull-in coil* arus mengalir dengan arah yang berlawanan, dan membangkitkan medan magnet yang akan mengembalikan *plunger* ke posisi semula.

Medan magnet yang terjadi pada kedua kumparan tersebut akan saling meniadakan, sehingga *plunger* akan tertarik mundur kembali oleh pegas pembalik. Dengan demikian, maka arus besar yang diberikan ke motor akan terputus bersamaan dengan itu, *plunger* akan memutuskan hubungan *pinion gear* dengan *ring gear*.



Gambar 2.18 Kunci Kontak Pada Posisi ON (Huda, 2012: 07)



BAB IV

PENUTUP

A. SIMPULAN

Laporan tugas akhir dari uraian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa:

1. *Troubleshooting* yang sering terjadi pada motor starter yaitu motor starter tidak dapat berputar, motor starter berputar dengan lambat, motor starter distart *pinion gear* bergerak keluar masuk secara berulang-ulang, motor starter berputar terus, motor starter berputar tetapi *pinion gear* tidak dapat berhubungan dengan *ring gear*.
2. Cara pengetesan *pull-in* yaitu dengan melepas kawat timah dari terminal C dan menghubungkan kabel positif baterai ke terminal 50 dan kabel negatif baterai ke terminal C dan massa.
3. Cara pengetesan *hold-in* yaitu sama seperti rangkaian pada pengetesan *pull-in* tetapi kabel negatif baterai pada terminal C dilepas.
4. Cara pengetesan kembalinya *pinion* yaitu sama seperti rangkaian pada pengetesan *hold-in* yang kabel negatif baterai terminal C sudah dilepas dan melepas kabel negatif massa.
5. Pengujian arus tanpa beban dilakukan dengan cara menghubungkan kawat timah ke terminal C dan menghubungkan kabel positif baterai ke terminal 50, kabel negatif baterai ke terminal 30 dan massa. Pengujian arus motor

starter ada beban saat kompresi los semua busi dilepas dan pengujian arus motor starter ada beban saat kompresi aktif semua busi di pasang kembali.

B. SARAN

Akhir dari laporan ini, penulis akan menyampaikan beberapa saran sebagai masukan bagi pengguna kendaraan, karena dalam penggunaannya perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Saat melakukan start untuk menghidupkan mesin tidak lebih dari 5 detik, karena hal ini untuk mencegah kerusakan motor starter yaitu terutama pada kumparan *armature*, karena kumparan ini akan cepat panas, disamping itu baterai akan kehilangan tegangan dan lemah.
2. Motor starter membutuhkan arus yang besar dari baterai untuk memutar mesin. Untuk itu diperlukan baterai dalam kondisi baik, sehingga diperlukan pemeliharaan baterai agar awet yaitu dimulai dari pemeliharaan baterai dari kerak atau kotoran yang timbul pada baterai.
3. Dalam pemasangan kabel pada terminal *magnetic switch* harus kuat agar arus dari baterai tidak berkurang karena ada hambatan pada terminal baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Motor Starter Tipe Planetary*. http://www.rollaclub.com/wiki/index_php?title=Tech:Electrical/Starter_Motor/Planetary_Type. 15:57. 17 Mei 2015
- Anonim. 2015. *Komponen motor starter dan fungsinya*. <http://ottologi.blogspot.com/2015/02/komponen-motor-starter-dan-fungsinya.html>
- Daryanto. 1995. *Teknik Servis Mobil*, Jakarta: PT Rineka Cipta
- Huda, Nurul. 2012. *Sistem Starter*. <http://aduh2104.blogspot.com/2012/07/sistem-starter.html>. 15:06. 14 Juni 2015
- Sinurat, Daud. 2011. *Motor Listrik*. <http://daudelectrical.blogspot.com/2011/08/motor-listrik.html>. 21:34. 9 Mei 2015
- Sumarsono. 2012. *Sistem Kelistrikan Engine*, Bandung: Yrama Widya
- Toyota, 1996. *New Step II Training Manual*, Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Toyota, 2004. *Suplement Pedoman Reparasi Innova*, Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Wahyu, Bastian. 2014. *Cara kerja sistem starter*. <http://bastianwahyoe.blogspot.com/2014/05/cara-kerja-sistem-motor-starter.html>. 21:34. 9 Mei 2015

LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Motor Starter Tipe *Planetary*Tabel Spesifikasi Motor Starter Tipe *Planetary*

<i>Starter Type</i>		<i>Specifications</i>
P1.0* ¹	<i>Supplier</i>	DENSO
<i>Direct current</i>	<i>Kapasitas Output</i>	1.0 kW
	<i>Voltage</i>	12 V
	<i>Length</i>	157 mm
	<i>Weight</i>	3100 g (3.1 kg)

Lampiran 2. Spesifikasi Mesin 1 TR-FE Kijang Innova

Tabel Spesifikasi Mesin 1 TR-FE Kijang Innova

MESIN / ENGINE	1TR-FE
Tipe Mesin / <i>Engine Type</i>	4 Silinder Segaris, 16 Katup, DOHC, VVT-i / 4 <i>Cylinder in-line, 16 Valve, DOHC, VVT-i</i>
Isi Silinder / <i>Displacement (cc)</i>	1.998
Diameter x Langkah / <i>Bore x Stroke (mm x mm)</i>	86.0 x 86.0
Daya Maksimum / <i>Max Power (ps/rpm)</i>	136/5,600
Torsi Maksimum / <i>Max Torque (kgm/rpm)</i>	18.6/4,000
Kapasitas Tangki / <i>Tank Capacity (ltr)</i>	55
Bahan Bakar/ <i>Fuel</i> :	
<i>Jenis/Type</i> :	Bensin/ <i>Gasoline</i>
<i>Sistem/System</i> :	Sistem Injeksi Elektronik/ <i>Electronic Fuel Injection (EFI)</i>

Lampiran 3. Dokumentasi

Motor Starter Tipe *Planetary*

Mesin 1 TR-FE Kijang Innova Tampak Atas



Mencatat hasil pengujian arus motor starter



Melepas baterai

Lampiran 4. Surat Tugas



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**
Nomor : **A 35** /FT - UNNES/2015

Tentang
**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR SEMESTER GENAP
TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin DIII Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang membuat Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin DIII Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing

Mengingat :
1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78);
2. SK Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Diploma III UNNES;
3. SK Rektor UNNES No. 162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
4. SK Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor. 362/P/2011, tanggal 24 Oktober 2011 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Memperhatikan : Usul Ketua Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin DIII Tanggal 25 Maret 2015

MEMUTUSKAN

Menetapkan
PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada :

1. Nama : Wahyudi, S.Pd., M.Eng
NIP : 198003192005011001
Pangkat/Golongan : Penata, III/c
Jabatan Akademik : Lektor
Sebagai Pembimbing

Untuk membimbing mahasiswa penyusun Tugas Akhir

Nama : Arman Setiawan
NIM : 5211312002
Prodi : D3 Teknik Mesin
Judul : Troubleshooting dan Pengujian Starter.

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

DITETAPKAN DI : SEMARANG
TANGGAL : 30 Maret 2015


Dekan, Dr. H. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 1966021511021001

Tembusan :
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Dosen Pembimbing