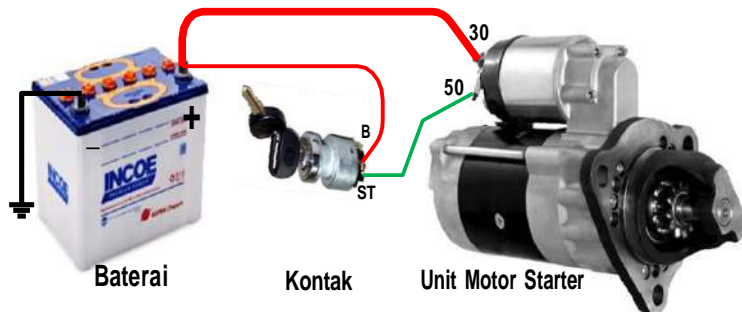


SISTEM STARTER



Uraian Materi

1. Pendahuluan

a. Klasifikasi Sistem Starter

Sistem starter merupakan sistem yang berfungsi menghasilkan tenaga gerak untuk memutar poros engkol agar mesin dapat hidup. Torsi yang dibutuhkan untuk memutar poros engkol motor bensin 4 – 6 silinder dengan kapasitas silinder 1000 sampai 2000 cc mencapai 6 kgm dengan kecepatan putar poros engkol antara 60 – 90 rpm. Bila torsi yang dihasilkan kurang maka putaran motor menjadi rendah atau tidak dapat berputar sama sekali, sehingga proses pemasukan maupun kompresi tidak memenuhi syarat untuk proses pembakaran, dengan demikian bila momen yang dihasilkan motor starter kurang maka motor sulit hidup.

Sistem starter dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1). Sistem starter mekanik

- a) Menggunakan tali yang digerakkan tangan
- b) Menggunakan engkol digerakkan tangan
- c) Menggunakan engkol digerakkan tali

2). Sistem starter elektrik

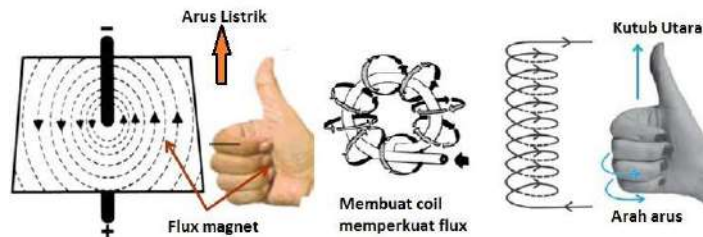
- a) Konvensional
- b) Reduksi

Sistem starter mekanik banyak digunakan untuk motor dengan kapasitas silinder kecil seperti motor penggerak kompresor dan sepeda motor. Menghidupkan dengan sistem starter mekanik memerlukan tenaga manusia yang besar dan tidak praktis dalam operasionalnya, sehingga sistem starter mekanik sudah jarang digunakan. Pada saat ini hampir semua mesin menggunakan starter elektrik, karena sistem starter elektrik lebih ringan dan mudah operasionalnya. Pengendara cukup memutar kunci kontak atau menekan tombol starter untuk menghidupkan mesin. Lebih jelasnya lihat <https://www.youtube.com/watch?v=XNyQK7U59ko>

b. Dasar-Dasar Motor Starter

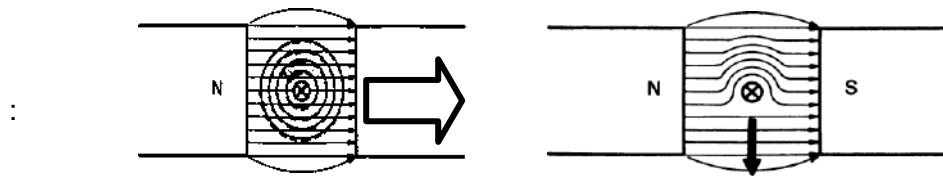
Bila suatu penghantar dialiri listrik maka di sekeliling penghantar akan timbul medan magnet. Hubungan antara arah arus dan arah medan magnet digambarkan dengan kaidah ibu jari tangan kanan Fleming atau ulir kanan.

Kaidah tersebut menjelaskan bila suatu penghantar dialiri listrik searah ibu jari maka arah medan magnet adalah searah keempat jari yang lain. Arah medan magnet yang dihasilkan sama dengan arah sekerup kanan yaitu arah bila mengencangkan sekerup atau menjauh arah putar sekerup searah jarum jam dan bila mengendorkan atau mendekat arah putar sekerup berlawanan dengan jarum jam



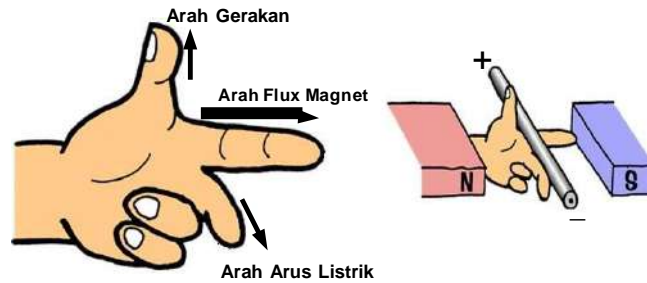
Gambar 2.1 Medan magnet disekeliling penghantar yang dialiri listrik

Penghantar dialiri arus listrik dengan arah menjauh akan menghasilkan medan magnet searah jarum. Bila penghantar tersebut berada diantara kutup magnet maka medan magnet yang searah akan saling menguatkan dan yang arahnya berlawanan akan saling melemahkan, dengan demikian terdapat perbedaan kuat medan magnet pada sisi penghantar. Perbedaan kuat medan magnet tersebut menyebabkan penghantar akan bergerak ke arah medan magnet yang lemah.



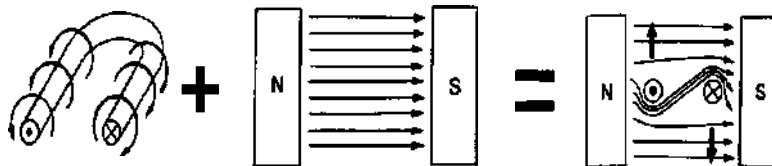
Gambar 2.2 Penghantar dialiri listrik berada di medan

Hubungan antara arah arus listrik, arah garis gaya magnet dan arah gerakan digambarkan dengan kaidah tangan kiri Fleming. Jari telunjuk menggambarkan arah arus listrik, jari tengah merupakan arah garis gaya magnet (*magnetic flux*) dan ibu jari menunjukkan arah gerakan yang dihasilkan.



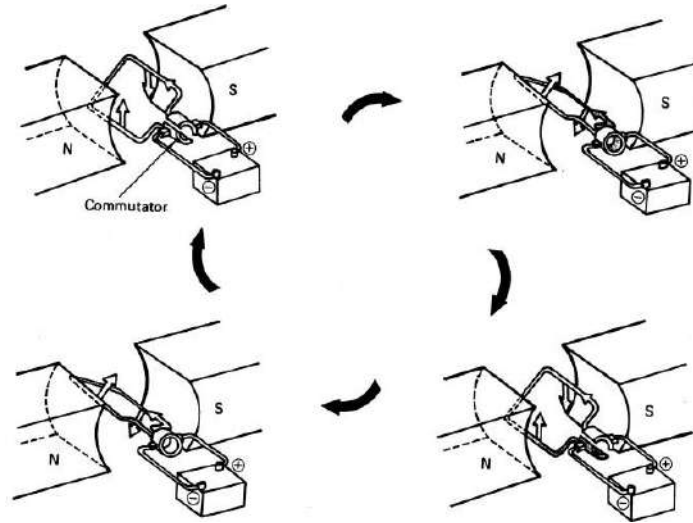
Gambar 2.3. Kaedah tangan kiri Fleming

Dengan konsep tersebut bila suatu penghantar dibentuk “U” dan ujung penghantar dihubungkan dengan komutator. Komutator dihubungkan dengan sikat dan kedua sikat dihubungkan baterai, maka penghantar yang arah alirannya menjauh akan bergerak ke bawah dan yang arah aliran mendekat akan bergerak ke atas. Kedua arah gerak tersebut membuat gaya kopel atau momen putar dengan arah putaran searah jarum jam. Kuat momen yang dihasilkan tergantung dari kuat medan magnet, besar arus yang mengalir dan panjang lilitan.



Gambar 2.4. Prinsip gerakan elektro magnetic

Saat penghantar berputar maka kamutator yang berhubungan dengan sikat positif akan berpindah berhubungan dengan sikat negatif, demikian juga sebaliknya. Namun arah aliran listrik penghantar yang dekat kutub utara tetap yaitu menjauh dan yang dekat kutub selatan arah alirannya mendekat, dengan demikian maka arah gerak penghantar akan tetap yaitu searah jarum.



Gambar 2.5. Prinsip kerja motor starter

Prinsip kerja Motor starter satu siklus dapat dijelaskan sebagai berikut :

Arus listrik mengalir dari \oplus baterai \rightarrow sikat positif \rightarrow komutator \rightarrow sikat negatif \rightarrow \ominus baterai . Akibatnya:

- Sisi kumparan \otimes (arus menjauhi kita) membentuk medan magnet dengan garis gaya magnet searah putaran jarum jam.
- Medan magnet yang timbul diantara kutub-kutub, magnet saling berinteraksi dengan medan magnet yang timbul pada kumparan menghasilkan gaya magnet yang mengarah kebawah (arah panah).
- Sisi kumparan \odot (arus mendekati kita) membentuk medan magnet, dengan garis gaya magnet berlawanan arah putaran jarum jam.
- Medan magnet yang timbul antara kutub-kutub magnet saling berinteraksi dengan medan magnet pada kumparan dan menghasilkan gaya magnet mengarah keatas.

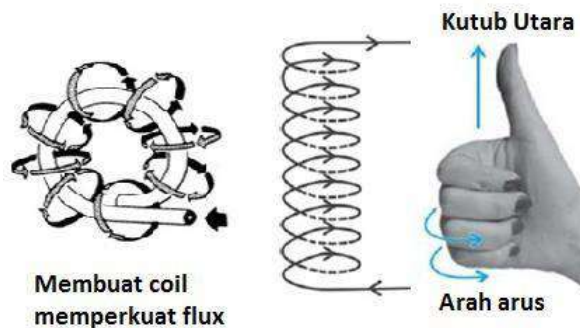
Akibat dari arah kedua gaya magnet yang berlawanan tersebut maka armature akan berputar setengah putaran searah jarum jam. Bila arah arus pada kumparan yang memotong kutub magnet diarahkan hanya satu arah melalui lamel komutator, maka akan menghasilkan putaran motor yang teratur secara terus menerus atau kontinyu.

Torsi yang terjadi akan tergantung pada kuat medan magnet, dan panjang kumparan yang berada dalam medan magnet. Dalam motor yang sebenarnya terdapat beberapa set atau pasangan kumparan untuk menjamin putaran motor yang lebih teratur.

c. Motor Listrik DC Dengan Magnet Remanent

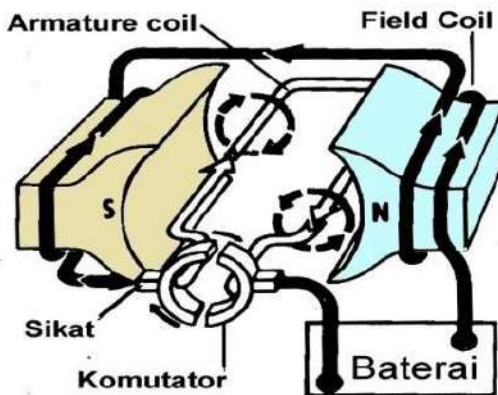
Pada prinsip motor starter di atas menggunakan magnet permanent, motor starter dengan magnet permanent digunakan pada motor starter sepeda. Motor starter mobil menggunakan magnet remanent, dimana kemagnetan dihasilkan secara elektrik

Sebuah penghantar dialiri listrik maka disekeliling penghantar timbul medan magnet. Jika penghantar yang dialiri arus listrik tersebut dibuat loop maka medan magnet yang dihasilkan membentuk garis gaya magnet dengan dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Medan magnet yang dihasilkan lebih kuat bila di dalam lilitan dipasang sebatang matrial seperti besi lunak, kolbat maupun nikel. Semakin besar arus yang mengalir semakin kuat medan magnet.



Gambar 2.6. Medan magnet pada lilitan yang dialiri listrik

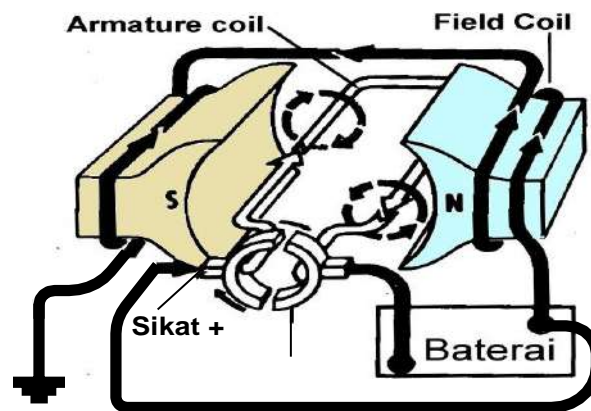
Berdasarkan konsep tersebut maka motor starter pada kendaraan menggunakan motor DC seri. Kawat dililitkan inti medan, arah lilitan serah jarum jam untuk membuat kutub magnet utara dan berlawanan jarum jam untuk membuat kutub magnet selatan. Ujung lilitan dihubungkan dengan sikat positif. Sikat menempel komutator, bagian komutator lain berhubungan dengan sikat negatif, sikat negatif dihubungkan dengan negatif baterai.



Gambar 2.7. Motor DC seri

Prinsip kerja rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

Arus listrik mengalir dari (+) baterai, ke field coil, ke sikat (+), ke komutator, ke armature coil, ke komutator, ke sikat (-) dan (-) baterai. Akibat dari arah kedua gaya magnet yang berlawanan tersebut maka armature akan berputar setengah putaran searah jarum jam. Besar torsi dan putaran motor CD tergantung besar arus yang mengalir. Saat beban berat maka arus listrik yang melalui medan magnet semakin besar sehingga torsi yang dihasilkan juga besar, namun saat beban kecil maka arus yang dihasilkan juga kecil.



Gambar 28. Motor DC parallel

Berbeda dengan motor DC seri, pada motor DC parallel ujung field coil tidak dihubungkan dengan sikat positif, tetapi langsung dihubungkan dengan massa. Sikat positif langsung dihubungkan dengan positif baterai. Akibatnya kuat medan magnet yang dihasilkan field coil relative tetap tidak tergantung dengan beban. Kelebihan motor starter DC parallel yaitu besar kawat untuk field coil tidak sebesar motor DC seri, karena hanya dilewati arus untuk membentuk medan magnet saja.

d. Kecepatan Putar dan Torsi Poros Engkol.

Seperti yang telah diterangkan terdahulu bawah fungsi motor starter yang dikehendaki adalah memutar motor secukupnya untuk memperoleh putaran minimum sehingga proses pembakaran dalam silinder motor bisa berlangsung.. Kecepatan minimum yang dibutuhkan untuk menstarter motor, disesuaikan dengan kecepatan putar poros engkol adalah sebagai berikut:

- 1) Model motor : yang dimaksudkan model motor di sini adalah meliputi banyaknya silinder, volume silinder, bentuk ruang bakar dan sifat-sifat karburatornya.

- 2) Kondisi motor, meliputi temperatur tekanan udara, campuran udara bensin dan loncatan api
- 3) Faktor lain adalah putaran minimum yang di butuhkan untuk menghidupkan motor , terutama pada saat temperatur rendah.

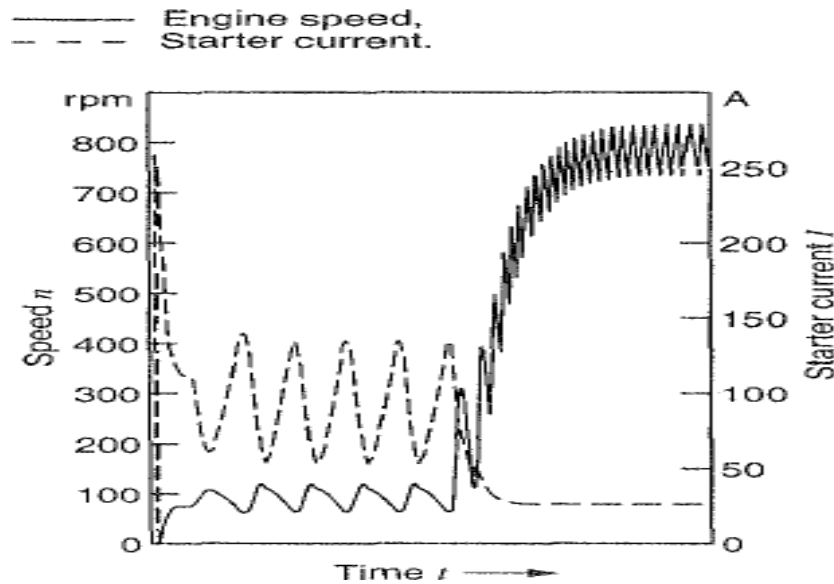
Kecepatan putar poros engkol (*Cranking speed*) pada motor yang normal, tekanan kompresi baik, dan campuran udara serta saat pembakaran yang baik untuk motor bensin adalah 60~ 90 rpm. Untuk jelasnya berikut ini contoh kecepatan putar poros engkol adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Putaran minimal poros engkol saat starter

Motor bensin	Bolak balik	60 - 90 rpm
	Rotari	150 – 180 rpm
Motor diesel	Dengan glow plug	60 - 140 rpm
	Tanpa glow plug	100 – 200 rpm

Sumber : Tom Dalton 2004

Apabila putaran start dengan kecepatan putar melebihi ketentuan diatas, namun motor masih belum hidup, maka dapat dipastikan adanya kerusakan pada sistem yang lain. Sedangkan pada waktu motor distart, tegangan pada baterai tidak menurun, maka poros engkol dapat distart kembali dengan putaran poros engkol (60 - 90 rpm). Tapi jika pada saat distart, putaran yang lebih rendah dari ketentuan diatas maka arus yang lebih besar akan mengalir pada motor starter sehingga tegangan baterai turun, dan bila saat ini tegangan coil pengapian berada dibawah normal (± 8 Volt) maka ignition (penyalaaan) tidak berfungsi. Kecepatan putar poros engkol minimum yang dibutuhkan apabila tegangan baterai menurun, sekurang-kurangnya sebesar 60 rpm.



Gambar 2.9. Grafik besar arus dan putaran mesin saat starter

Berdasarkan grafik di atas, saat awal starter dibutuhkan arus listrik yang sangat besar sampai mendekati 250 A, selanjut berfluktuasi antara 50 – 125 A, setelah mesin hidup kebutuhan sekitar 30A. Saat starter putaran mesin berfluktuasi antara 75-125 rpm.

Torsi yang dihasilkan oleh motor starter merupakan faktor penting dalam menentukan apakah sistem starter dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Setiap motor mempunyai maksimum torsi yang dihasilkan, misal untuk motor 4 silinder dengan 1.500 ~ 2.000 cc maksimum torsinya adalah $\pm 0,8 \sim 1,0$ kg-m.

Untuk dapat menggerakkan motor dengan kapasitas tersebut, diperlukan torsi yang melebihi (sampai 6 kg m) tetapi dalam hal ini starter hanya mempunyai torsi $\pm 0,8 \sim 1,0$ kg-m, tentu kemampuan tersebut tidak dapat memutar poros engkol. Untuk memperbesar torsi yang dihasilkan, maka dilakukan dengan bantuan roda gigi (gear).

Jumlah gigi pinion dan ring gear biasanya berbanding 10 – 13, maka torsi akan menjadi 10 ~ 13 kali lebih besar. Sebagai contoh digunakan motor 12R dengan perbandingannya adalah sebagai berikut :

Jumlah gigi starter pinion	9
Jumlah gigi ring gear	115
Jumlah perbandingan gigi	$\frac{115}{9} = 12,78$

Pada saat torsi yang diperlukan poros engkol sebesar 6 kgm, maka torsi yang diperlukan untuk starter adalah:

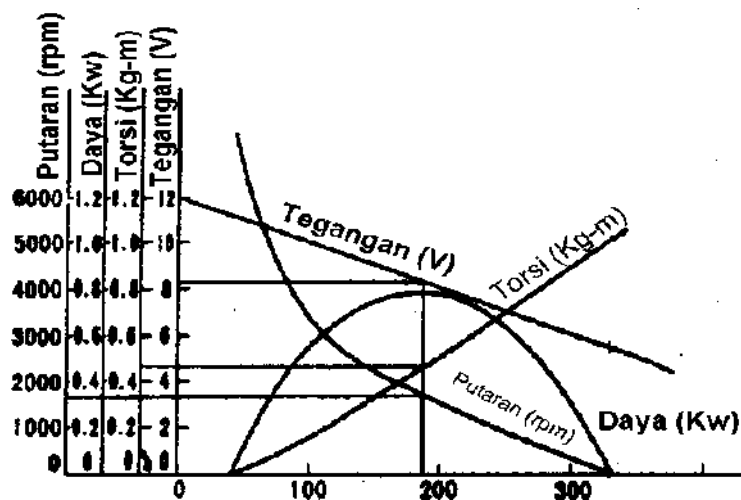
$$\frac{6}{12,78} = 0,47 \text{ Kg} - m$$

Dengan demikian dapat diketahui bahwa torsi yang diperlukan untuk starter adalah 0,47 kg-m. grafik dibawah menunjukkan data output starter yang diperlukan oleh motor 12R.

Pada grafik sebelumnya terlihat ketika torsi starter 0,47 kg-m, putaran adalah ± 1.700 rpm. Dari sini dihasilkan putaran motor (NE) adalah:

$$\frac{1.700}{12,78} = 133 \text{ rpm} .$$

Pada saat motor mulai berputar, tahanan putarannya kecil yang mestinya lebih besar dari itu. Karena tegangan pada starter dapat dihasilkan putaran yang cukup pada permulaan starter.



Gambar 2.10. Grafik motor starter dengan daya 0,8 KW

2. Sistem Starter Konvensional

a. Komponen Sistem Starter Konvensional

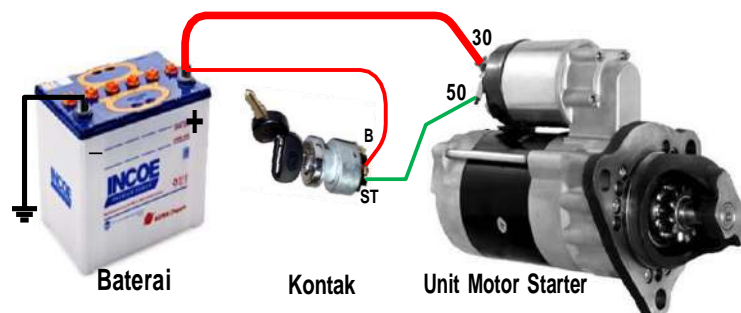
Sistem starter merupakan sistem yang berfungsi merubah energi listrik menjadi gerak putar. Gerak putar yang dihasilkan digunakan memutar poros engkol agar mesin dapat hidup. Komponen sistem starter dapat dikolompokkan menjadi dua, yaitu:

- 1). Komponen yang merubah energi listrik menjadi gerak putar. Komponen ini antara lain:
 - a) Baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik
 - b) Kunci kontak berfungsi untuk mengaktifkan selenoid starter sehingga sistem starter dapat bekerja.
 - c) Selenoid starter berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi gaya magnet yang digunakan menghubungkan terminal yang berhubungan dengan baterai dan terminal yang berhubungan dengan motor starter. Jadi selenoid berfungsi sebagai saklar elektrik.
 - d) Motor starter berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi gerak putar

- 2). Komponen yang digunakan untuk memindahkan energi gerak yang dihasilkan ke poros engkol. Komponen ini antara lain:
 - a) Baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik
 - b) Selenoid berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi gaya magnet yang digunakan untuk menarik tuas pengungkit
 - c) Tuas pengungkit berfungsi untuk mengungkit pinion gear agar bergerak berhubungan dengan *flywheel*.
 - d) Kopling starter (*over running clutch*) berfungsi untuk menghubungkan putaran motor starter ke *flywheel* dan mencegah *flywheel* memutar motor starter
 - e) Pinion gear merupakan gigi yang menghubungkan motor ke *flywheel*.

Pada sistem starter komponen seperti selenoid starter, tuas penggerak, kopling starter (*over running clutch*) dan pinion gear ditempatkan menjadi satu kesatuan dalam unit motor starter, sehingga komponen sistem starter menjadi lebih sederhana. Dengan demikian komponen sistem starter ada tiga yaitu:

- 1) Baterai,
- 2) Kunci kontak
- 3) Unit motor starter (Konvensional /Reduksi)

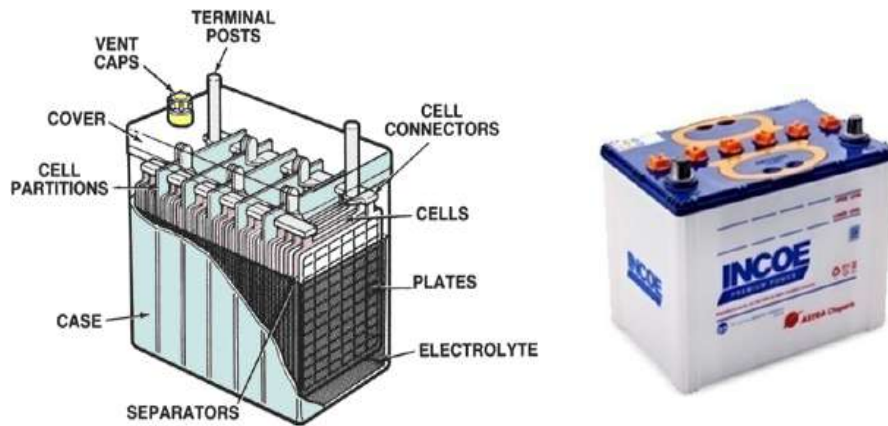


Gambar 2.11. Sistem starter konvensional

1). Baterai

Baterai merupakan sumber energi listrik yang digunakan oleh sistem starter dan sistem kelistrikan yang lain. Baterai terdiri dari beberapa komponen antara lain : Kotak baterai, terminal baterai, elektrolit baterai, lubang elektrolit baterai, tutup baterai dan sel baterai. Dalam satu baterai terdiri dari beberapa sel baterai, tiap sel menghasilkan tegangan 2 -2,2 V. Baterai 6 V terdiri dari 3 sel, dan baterai 12 V mempunyai 6 sel baterai yang dirangkai secara seri.

Elektrolit baterai merupakan campuran antara air suling (H₂ O) dengan Asam sulfat (SO₄), komposisi campuran adalah 64 % H₂O dan dan 36 % SO₄. Dari campuran tersebut diperoleh elektrolit baterai dengan berat jenis 1,270. karena penguapan maka elektrolit baterai dapat berkurang, untuk menambah gunakan air suling atau air accu.



Gambar 2.12. Konstruksi baterai

Terdapat 3 hal yang harus diperhatikan pada baterai yaitu ukuran, posisi terminal dan kapasitas baterai. Kapasitas baterai menunjukkan jumlah listrik yang disimpan baterai yang dapat dilepaskan sebagai sumber listrik. Kapasitas baterai dinyatakan dalam ampere Haur (AH) dengan rumus sebagai berikut:

$$AH = A \text{ (amper)} \times H \text{ (Jam)}$$

Kapasitas baterai berubah tergantung kondisi pengeluarannya. JIS mendefinisikan kapasitas baterai sebagai jumlah listrik yang dilepaskan sampai tegangan pengeluaran akhir menjadi 10,5 V dalam 5 jam. Sebagai contoh baterai dalam keadaan terisi penuh dikeluarkan muatannya secara terus menerus 10 A selama 5 jam sampai mencapai tegangan pengeluaran akhir (10,5 V). Maka kapasitas baterai ialah 50 AH (10 x 5 jam)

2). Kunci kontak (*Starter Switch*)

Kunci kontak berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran listrik ke sistem kelistrikan. Kunci kontak pada kendaraan memiliki 3 atau lebih terminal. Terminal utama pada kontak adalah terminal B atau AM yang dihubungkan ke baterai, terminal IG dihubungkan ke (+) koil pengapian dan beban lain yang membutuhkan, terminal ST dihubungkan ke selenoid starter terminal 50.



Terminal Posisi Kontak	B	ACC	IG	ST
OFF				
ACC	●	●		
ON	●	●	●	
Starter	●		●	●

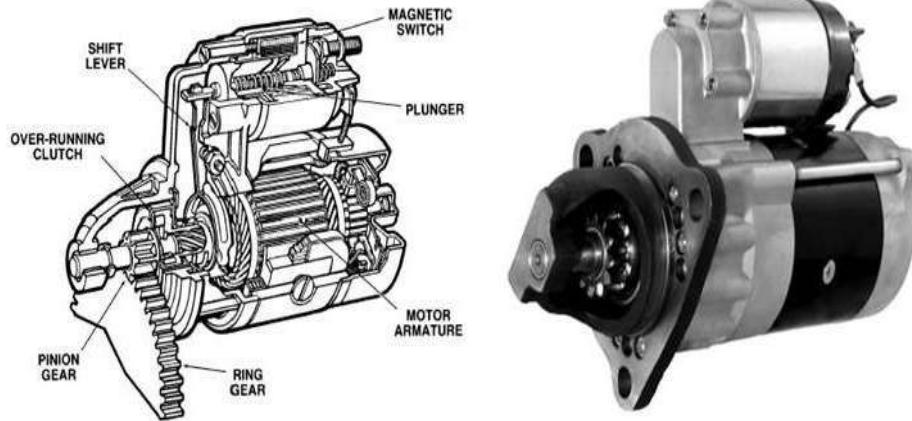
Gambar 2.13. Hubungan terminal pada kunci kontak

Bila kunci kontak tersebut memiliki 4 terminal maka terminal ke 4 yaitu terminal ACC yang dihubungkan ke asesoris kendaraan, seperti radio, tape dan lainnya. Kunci kontak mempunyai 4 posisi yaitu OFF, ACC, ON dan START. Saat kunci kontak diputar sampai start maka terdapat hubungan terminal B dengan terminal ST sehingga arus listrik dari baterai mengalir ke terminal B, terminal ST dan terminal 50 pada selenoid starter. Aliran listrik tersebut yang menyebabkan selenoid bekerja dan motor starter berputar. Hubungan antar terminal pada kunci kontak adapat di ligat pada gambar 13.

3). Unit Motor Starter

Komponen unit motor starter dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok komponen yaitu:

- a) Komponen penghasil putaran
- b) Komponen pemindah putaran.



Gambar 14. Unit motor starter tipe konvensional

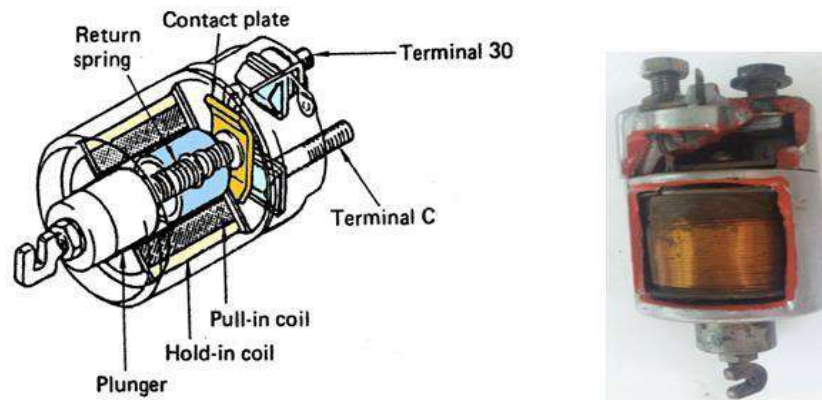
a). Komponen Penghasil Putaran

Komponen penghasil putaran pada motor starter merupakan komponen yang merubah energi listrik menjadi energi gerak putaran, yang termasuk komponen penghasil putaran antara lain:

- Selenoid starter
- Yoke, Pole core dan Field coil
- Armature
- Sikat

Selenoid Starter

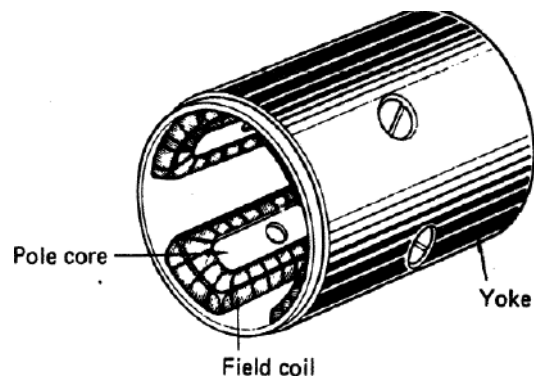
Arus yang mengalir pada motor starter sangat besar yaitu 100 – 300 A, tergantung dari jenis dan ukuran mesin. Mesin diesel membutuhkan arus yang lebih besar sebab tekanan kompresi motor diesel besar, mesin yang ukuran silindernya lebih besar membutuhkan arus yang lebih besar pula.



Gambar 2.15. Konstruksi selenoid sterter

Solenoid starter merupakan electrical *switch* yang menghubungkan arus dari baterai ke motor starter, solenoid starter dioperasikan oleh kunci kontak. Solenoid terdiri dari hold-in coil, pull-in coil, plunger, plat kontak yang akan menghubungkan terminal 30 dengan terminal C. Hold-in coil berhubungan antara terminal 50 dengan massa, sedangkan pull-in coil berhubungan antara terminal 50 dengan terminal C. Terminal C dihubungkan ke field coil, sikat, amature, sikat dan massa.

Yoke, pole core dan field coil



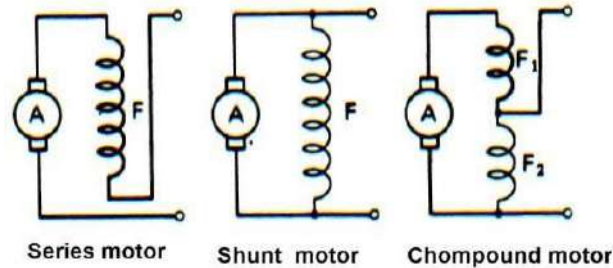
Gambar 2.16. Yoke dan pole core

Yoke berbentuk tabung berfungsi sebagai rumah armature dan tempat mengikat pole core. Pole core sebagai penopang field coil dan sebagai inti yang memperkuat medan magnet yang dihasilkan oleh field coil. Pada motor starter biasanya terdapat 4 pole core yang diikatkan yoke dengan menggunakan sekerup, untuk motor besar ada pla yang memiliki 6 pole core.

Field coil berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. Pada motor starter tidak digunakan magnet permanen melainkan magnet remanent yang diperoleh dari aliran listrik pada field coil.

Hubungan field coil dapat dikelompokkan menjadi 3 macam, yaitu:

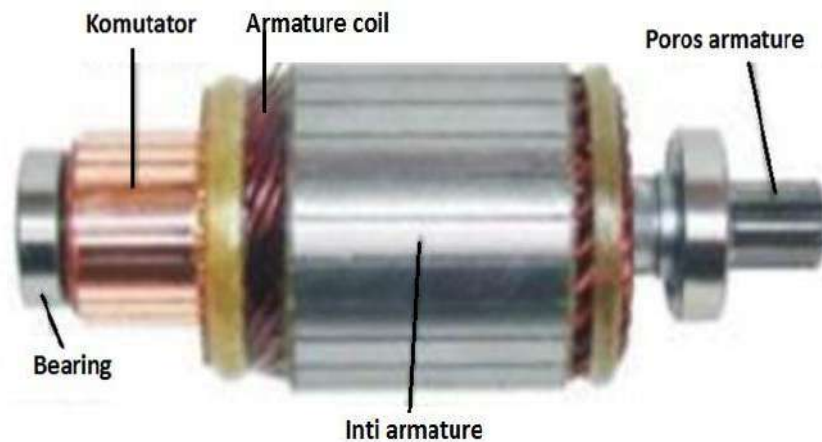
- 1) Series Motor : field coil dan armature dirangkai secara seri
- 2) Shunt Motor : field coil dan armature dirangkai secara parallel
- 3) Compound Motor: field coil dirangkai secara seri parallel atau kombinasi.



Gambar 2.17. Macam rangkaian *field coil*

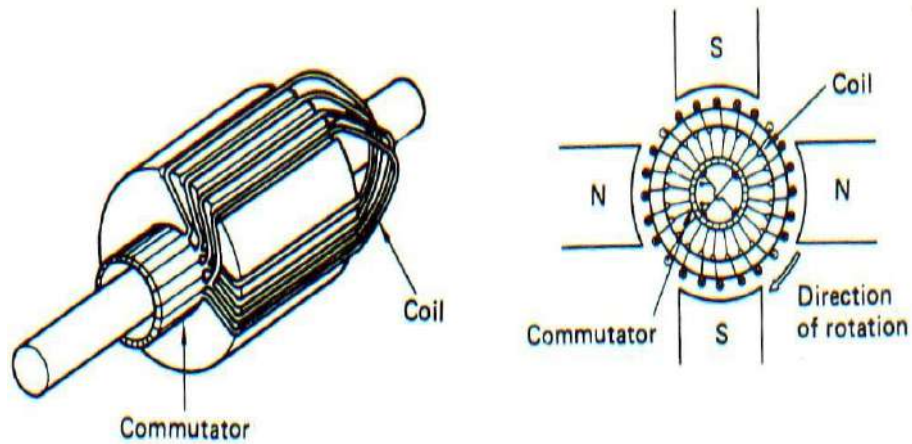
Armature

Armature terdiri dari beberapa bagian yaitu poros armature, komutator, inti armature, armature coil dan ditumpuh dengan bearing. Commutator merupakan terminal dari armature coil, commutator selalu bersinggungan dengan sikat, sehingga saat ada arus listrik mengalir dari sikat positif maka arus diteruskan ke komutator, armatur coil, komutator, sikat negatif dan massa.



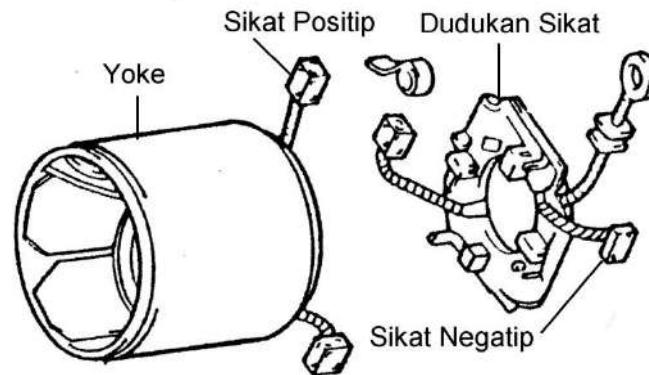
Gambar 18. Armature

Adanya arus listrik yang melalui armatur coil menyebabkan armature coil bergerak, hubungan arah arus, arah fluk magnet dan arah gerakan sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming. Jumlah commutator cukup banyak maka saat armatur berputar hubungan sikat dengan commutator berpindah ke commutator sebelahnya sehingga dihasilkan putaran yang kontinyu.



Gambar 2.19. Metode lilitan pada armature

Sikat-sikat (Brushes)



Gambar 2.20. Sikat motor starter

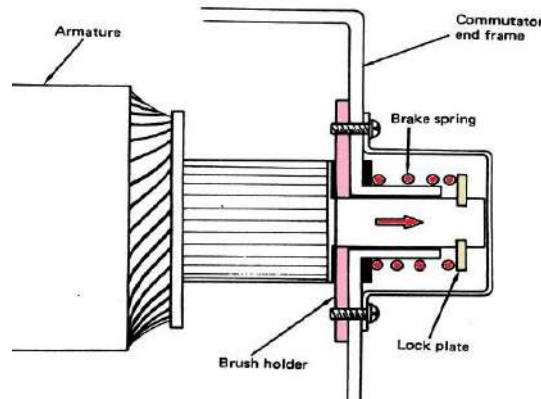
Motor starter biasanya dilengkapi dengan 2 atau 4 sikat. Bila dilengkapi 4 sikat maka terdiri dari 2 sikat positif dan 2 sikat negatif. Sikat positif dihubungkan dengan field coil, pemasangan sikat positif pada rumah sikat yang dilengkapi dengan isolator sedangkan sikat negatif dihubungkan ke massa atau bodi rumah sikat. Agar selalu menempel pada commutator sikat-sikat tersebut ditekan oleh pegas sikat.

Armature Brake

Bila melakukan starter dan mesin tidak dapat dihidupkan maka kita akan melakukan proses starter lagi, saat proses starter yang kedua tersebut bila armature masih berputar akibat

sisanya akan mengakibatkan benturan antara pinion gear dengan fly wheel sehingga dapat merusak gigi pinion maupun gigi fly wheel. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka armature harus secepatnya berhenti setelah proses starter, sistem untuk mengerem armature adalah Armature brake. Metode pengereman ada 2 macam yaitu secara mekanis dan secara elektrik.

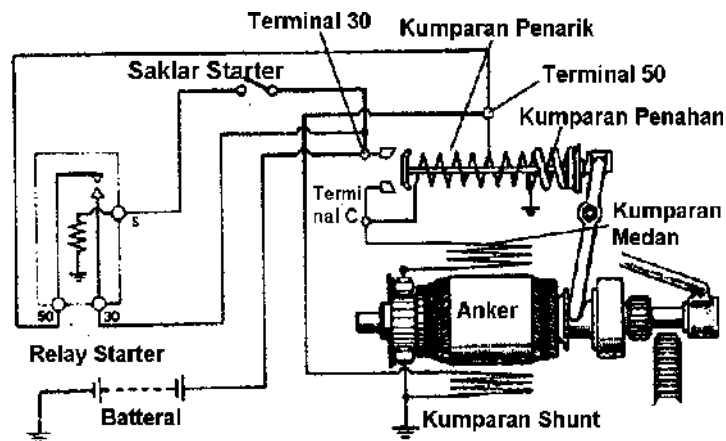
Armature brake mekanis dengan memanfaatkan tegangan pegas dan plat gesek untuk pengereman.



Gambar 2.21. Armature brake mekanis

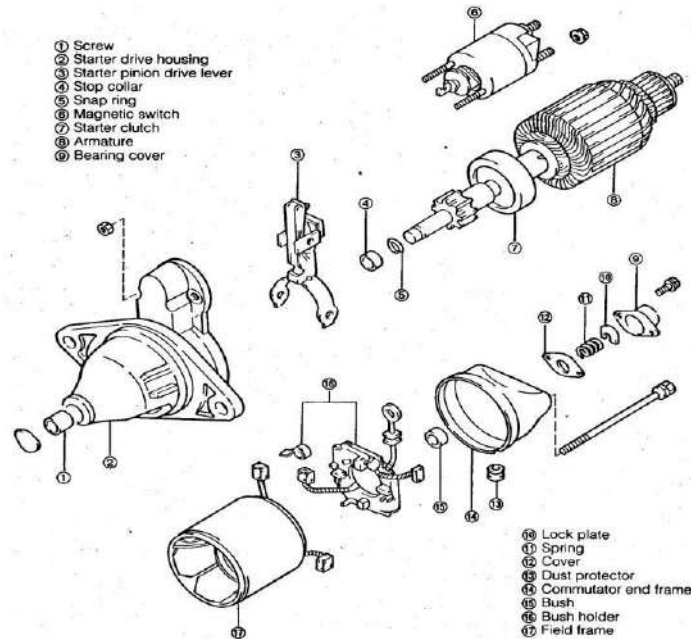
Armature brake elektrik bekerja berdasarkan arus listrik. Konstruksi motor starter ini sedikit berbeda dengan motor starter biasa, yaitu terdapat 2 buah kumparan medan. Satu kumparan medan terhubung seri dengan armature coil ke massa seperti motor starter yang biasa, dan kumparan medan lainnya langsung terhubung ke massa.

Gambar di bawah memperlihatkan rangkaian kelistrikan motor starter dengan kumparan shunt.



Gambar 2.22. Rangkaian armature brake elektrik

Cara kerja pada saat saklar start ON, kumparan medan shunt memperkuat kemagnetan pada kumparan medan, pada saat saklar start Off, plat kontak terlepas, arus ke kumparan medan dan ke kumparan shunt terputus. Armature masih tetap berputar karena kelembaman masa armature, sisa-sisa kemagnetan pada inti besi (armature) memotong kumparan medan shunt sehingga terjadi induksi dengan arah arus dan garis gaya magnet yang berlawanan. Akibatnya armature segera berhenti berputar.



Gambar 2.23. Komponen unit motor

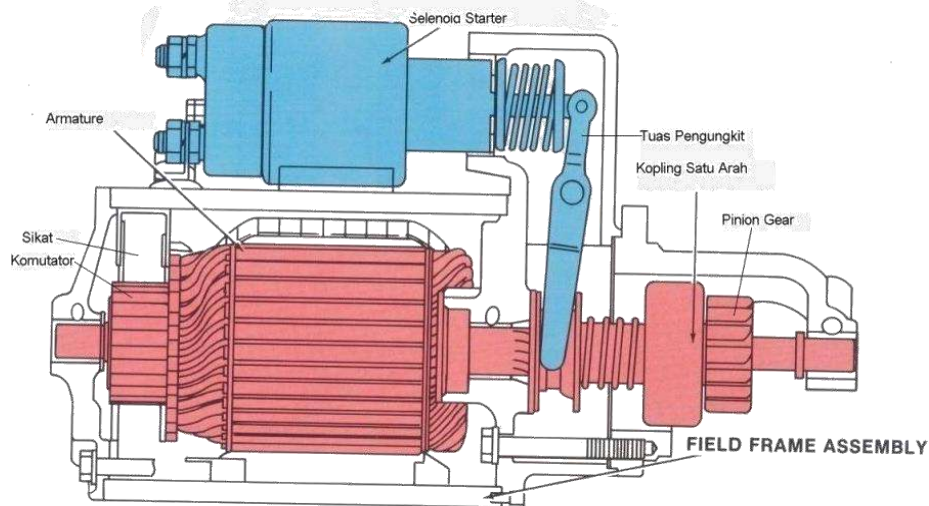
b). Mekanisme Pemindah Putaran

Mekanisme pemindah tenaga putar berfungsi untuk memindahkan tenaga putar yang dihasilkan oleh motor starter ke *flywheel* dan mencegah *flywheel* memutar motor starter. Komponen mekanisme pemindah putaran antara lain:

- Solenoid starter,
- Tuas pengungkit (*drive lever*)
- *Pinion Clutch* atau *overrunning clutch*
- *Pinion gear*.

Solenoid starter dan Tuas pengungkit (*Drive lever*)

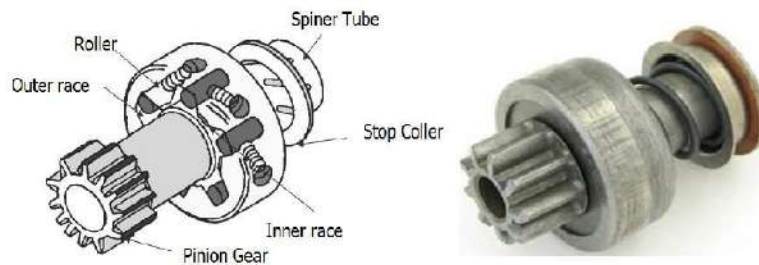
Solenoid starter mempunyai dua fungsi yaitu sebagai saklar elektrik yang menghubungkan terminal 30 dengan terminal C dan menarik tuas pengungkit. Saat tuas pengungkit ditarik maka ujung tuas yang lain akan mendorong pinion gear maju berhubungan dengan *flywheel*.



Gambar 2.24. Kerja drive lever dan selenoid starter

Over running clutch

Over running clutch berfungsi untuk menghubungkan momen putar yang dihasilkan motor starter ke *flywheel* melalui pinion gear dan mencegah *flywheel* memutar motor starter saat mesin telah hidup agar motor starter tidak cepat terbakar akibat motor starter menjadi generator. *Over running clutch* juga sering disebut *one way clutch* karena hanya meneruskan putaran dari salah satu arah yaitu dari motor starter.



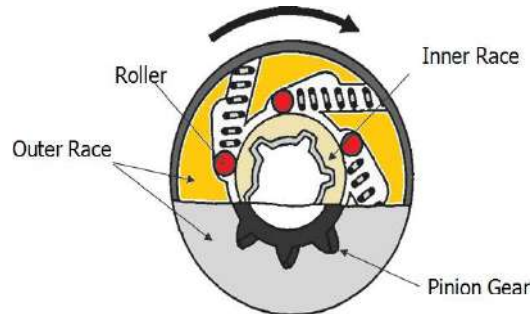
Gambar 2.25. *Over running clutch* dan pinion gear

Konstruksi *over running clutch* terdiri dari beberapa bagian yaitu *clutch roller*, *spring*, *inner*, *outer* dan *pinion gear*. *Outer* menjadi satu dengan *screw spline*, *screw spline* berhubungan dengan *screw shaft* yang menjadi satu dengan poros armatur *Inner* menjadi satu bagian dengan pinion gear.

Cara kerja *over running clutch*

Saat motor starter berputar

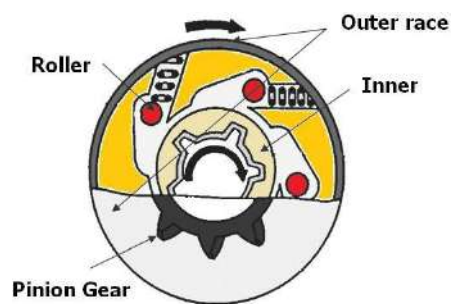
Saat motor starter berputar maka poros armatur juga berputar, akibat poros berputar maka pinion gear bergerak maju, majunya pinion gear selain akibat gerakan tuas penggerak juga akibat bentuk poros armatur yang berbentuk *screw* (seperti model *bendix*). Gerakan maju pinion gear menyebabkan *pinion gear* berhubungan dengan *flywheel*.



Gambar 2.26. Kerja *over running clutch* saat motor starter berputar

Putaran poros *armature* ditransfer ke *outer*, karena bentuk ruang *roller clutch* yang tirus dan didorong oleh *spring* serta gesekan *roller* dengan *inner* maka *roller clutch* akan terjepit antara *outer* dan *inner*. Terjepitnya *roller clutch* menyebabkan tenaga putar *outer* diteruskan ke *inner*, karena *outer* berhubungan dengan motor starter dan *inner* berhubungan dengan *pinion gear* maka tenaga putar yang dihasilkan motor starter diteruskan dan memutar *flywheel*.

Saat mesin hidup



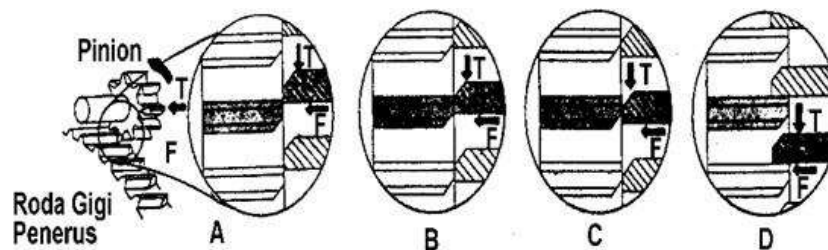
Gambar 27. Kerja *over running clutch* saat mesin hidup

Bila mesin telah hidup maka putaran *flywheel* lebih cepat dibandingkan putaran motor starter, berarti putaran *inner* lebih cepat dibanding *outer*, akibat gaya gesek antara *inner* dengan *roller clutch* maka *roller clutch* akan terdorong ke ruang yang lebih lebar melawan *spring* sehingga *roller clutch* tidak terjepit lagi. Dengan demikian putaran *inner* tidak diteruskan ke *outer*, karena *inner* berhubungan dengan *pinion gear* dan *outer* berhubungan dengan poros armatur maka *flywheel* tidak akan memutar motor starter.

Saat starter switch OFF maka arus ke motor starter terhenti, hubungan pinion gear dengan *flywheel* terlepas, pinion gear kembali keposisi semula

Pinion gear

Pinion gear merupakan gear yang menghubungkan motor starter dengan *fly wheel*. Saat berhubungan pinion gear dalam keadaan berputar sedangkan *flywheel* diam, sehingga pinion gear sulit berkait. Agar proses pengkaitan pinion gear dengan *flywheel* lebih mudah maka ujung gigi pinion dipingul pada sisi yang berlawanan dengan arah putar motor starter. Sedangkan gigi *flywheel* dipingul pada sisi yang berlawanan dengan sisi pinion gear. Proses pengaitan pinion gear dengan *flywheel* dapat digambarkan sebagai berikut:



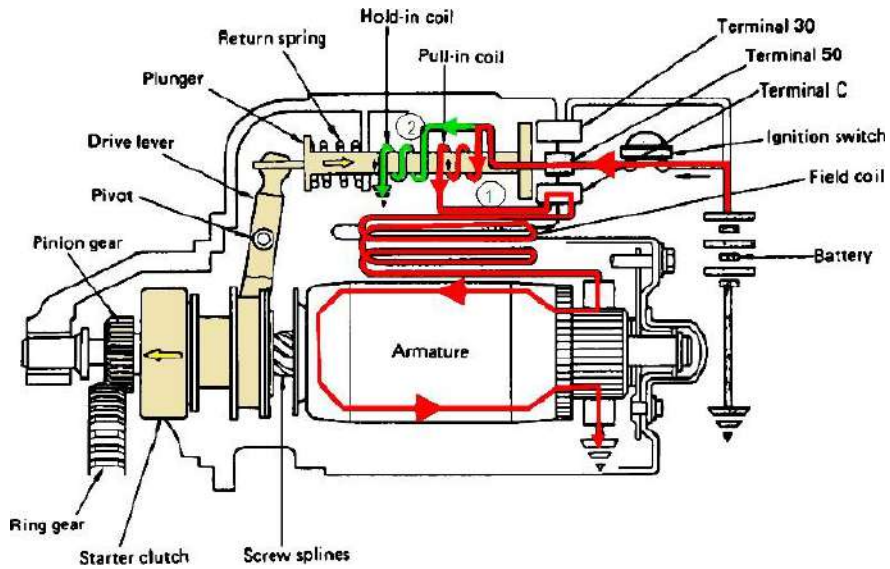
Gambar 2.28. Proses perkaitan pinion gear dengan flywheel

Saat pinion gear maju gigi pinion membentur gigi flywheel, sehingga pinion tidak dapat langsung mengkait gigi flywheel (gambar A). Namun akibat momen yang dihasilkan motor starter (T) dan gaya dorong pinion (F) yang diperoleh dari selenoid dan inersia putaran (bendix) maka pinion gear akan tergelincir sehingga pinion gear bergerak seperti gambar B dan C. Pada gambar D menggambarkan pinion gear telah masuk ke flywheel dan motor starter memutar flywheel.

b. Prinsip Kerja Sistem Starter

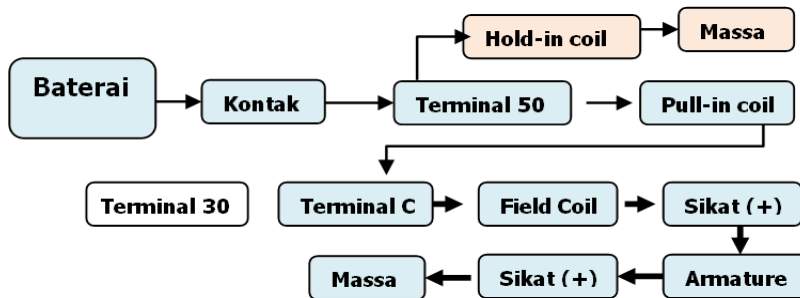
1). Kunci kontak diputar sampai starter ON

Aliran listrik yang mengalir ke field coil, sikat (+), armatur, sikat (-) dan massa menyebabkan motor starter berputar putaran lambat sebab arus yang mengalir kecil karena harus melewati *pull-in coil*. *Pull-in coil* dan *hold-in coil* dialiri arus listrik dengan arah arus yang sama. Arus listrik yang mengalir pada kedua coil tersebut menghasilkan magnet yang kuat, gaya magnet menarik plunger, plunger menarik tuas pengungkit sehingga mendorong pinion gear maju berhubungan dengan *flywheel*. Putaran mesin yang lambat dan gerak maju yang kuat menyebabkan hubungan pinion dan ring gear lembut.



Gambar 2.29. Motor starter mulai berputar

Saat kunci kontak diputar sampai starter ON maka arus listrik mengalir dari :

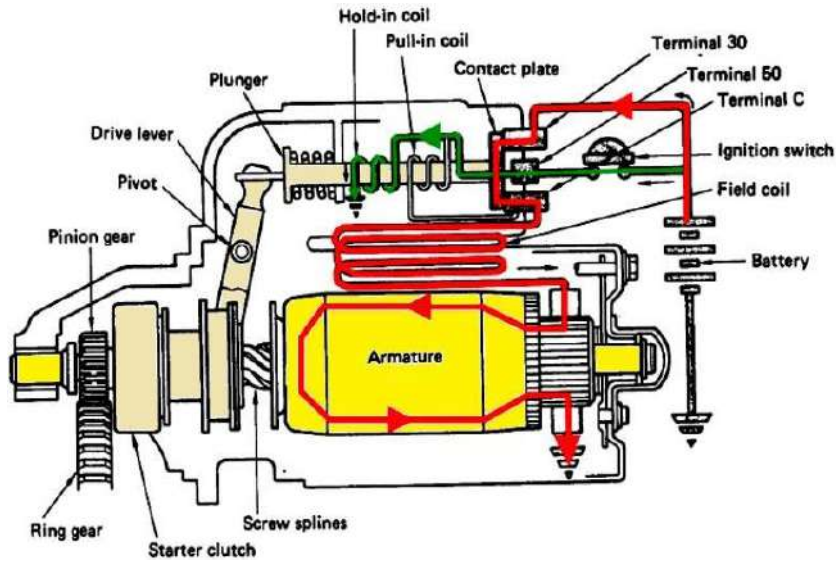


2). Saat pinion gear berhubungan penuh.

Akibat gerakan *plunger* menarik tuas pengungkit maka *pinion gear* berhubungan dengan *flywheel*, bila hubungan pinion gear dan *flywheel* sudah penuh memungkinkan plat kontak menghubungkan terminal 30 dengan terminal C, akibat kedua terminal tersebut berhubungan maka:

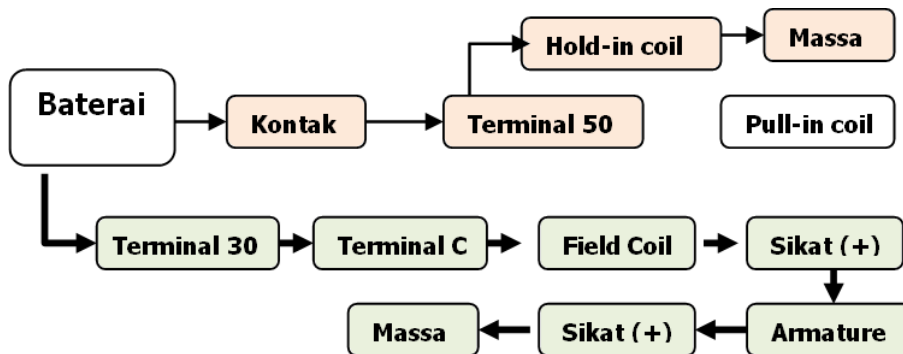
- 1) *Pull-in coil* tidak berfungsi karena tidak ada beda potensial diantara kedua ujung lilitan.
- 2) Aliran listrik tetap mengalir pada hold-in coil, kemagnetan dari hold-in coil digunakan untuk mempertahankan pinion tetap berhubungan dengan *flywheel* dan terminal 30 dan terminal C tetap berhubungan.

- 3) Adanya hubungan antara terminal 30 dengan terminal C membuat arus listrik mengalir dari baterai langsung ke motor starter (field coil, sikat (+), armatur, sikat (-) dan massa) sehingga motor starter berputar cepat.



Gambar 2.30. Saat pinion gear berhubungan penuh.

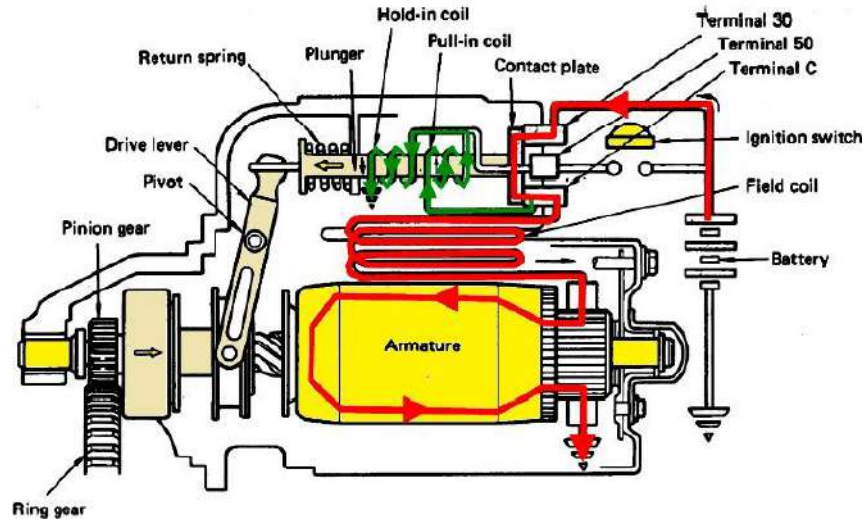
Aliran arus listrik dapat digambarkan sebagai berikut:



3). Saat starter OFF

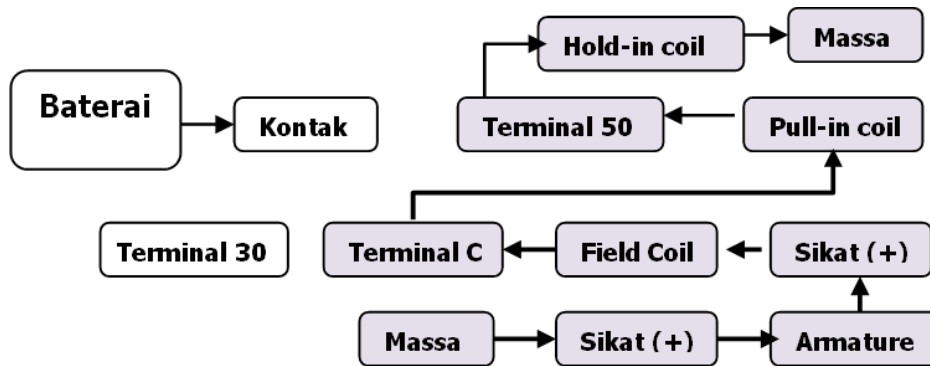
Setelah mesin hidup maka kontak starter di OFF kan. Saat kontak starter OFF maka arus listrik ke terminal 50 terhenti, namun plunger tidak segera kembali ke posisi semula. Penyebab tidak kembali karena pegas pengembali tidak mampu menarik plunger akibat masih terdapat sisa kemagnetan maupun plat kontak yang lengket. Karena plunger tidak kembali pada posisi semula menyebabkan plat kontak yang menghubungkan antara terminal 30 dengan terminal C masih berhubungan dan pinion gear tetap berhubungan dengan *flywheel*, karena

mesin sudah hidup maka mesin akan memutar motor starter sehingga motor starter menjadi generator listrik.



Gambar 31. Saat starter OFF

Listrik yang dihasilkan motor starter mengalir :



Adanya aliran listrik dari terminal C yang mengalir pada pull-in dan hold-in coil menyebabkan arah aliran listrik berlainan maka gaya magnet yang dihasilkan menjadi berlawanan sehingga kemagnetan saling menghilangkan. Hilangnya kemagnetan membuat pegas pengembali mampu menarik plunger sehingga hubungan plat kontak lepas dan pinion gear juga lepas dari *flywheel*. Animasi cara kerja sistem starter dapat dilihat pada https://www.youtube.com/watch?v=8WD5Q_PF3pM.

3. Sistem Starter Reduksi

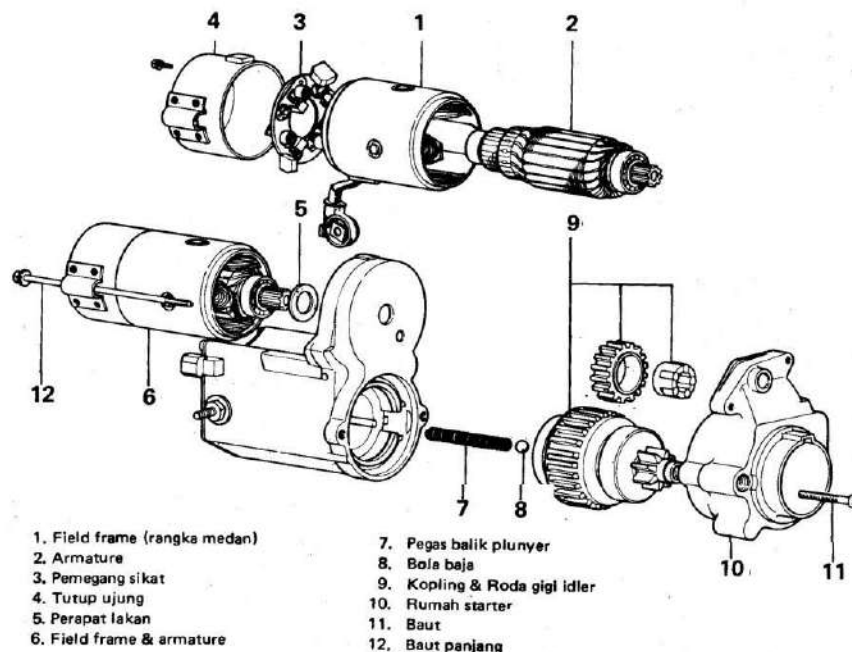
Sistem starter reduksi merupakan sistem starter yang menggunakan motor starter reduksi. Motor starter reduksi merupakan motor starter yang putaran armature lebih cepat dibandingkan gigi pinion. Putaran motor starter direduksi untuk meningkatkan torsi. Berdasarkan model gigi reduksi terdapat 2 type motor starter reduksi, yaitu: motor starter reduksi idle gear dan motor starter reduksi planetary gear.

a. Kelebihan Motor Starter Reduksi

Terdapat beberapa kelebihan motor stater reduksi dibandingkan dengan motor stater konvensional, diantaranya:

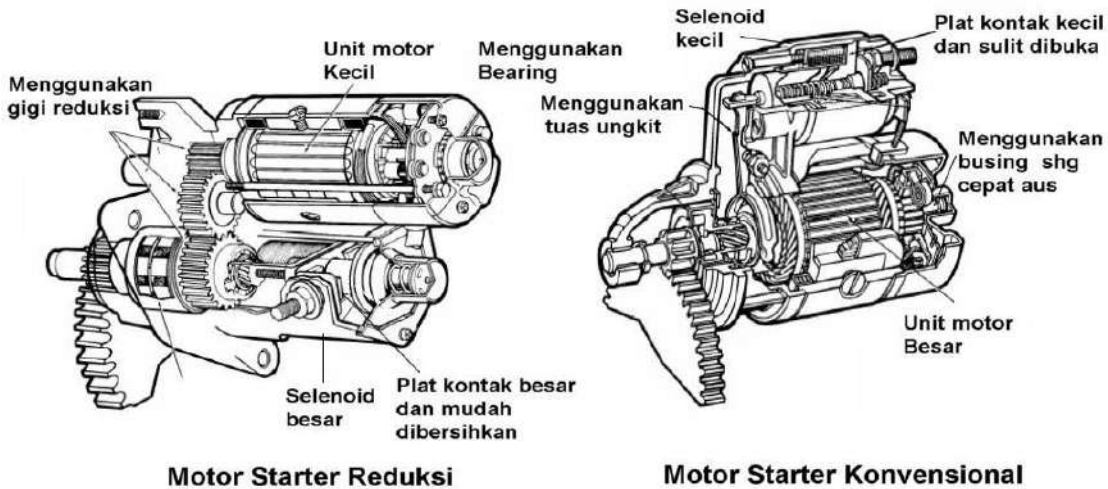
- 1) Ukuran motor lebih kecil. Ukuran dapat diperkecil karena menggunakan motor DC putaran tinggi, dimana putaran armature 3-6 kali putaran pinion gear. Karena putaran pinion gear antara motor stater konvensional dengan motor starter relative sama maka putaran motor starter reduksi 3-6 kali motor konvensional. Poros armature ditumpuh oleh bearing, dimana pada motor konvensional ditumpuh oleh bushing (bos), sehingga tahanan gesek rendah dan air gap antara armature dengan core dapat diperkecil sehingga momen kopel lebih kuat.
- 2) Perawatan lebih rendah karena diameter komutator lebih kecil sehingga sikat lebih awet, penggunaan bearing memungkinkan keausan lebih kecil, ukuran kntak lebih besar memungkinkan kerusakan kontak lebih kecil.

b. Komponen Motor Starter Reduksi Idle Gear



Gambar 2.32. Komponen motor starter reduksi

Perbedaan konstruksi motor starter reduksi dengan konvensional adalah sebagai berikut:



Gambar 2.33. Konstruksi motor stater reduksi dengan konvensional

1). Gigi Reduksi

Salah satu perbedaan motor starter reduksi dengan konvensional adalah pada motor starter reduksi menggunakan gigi reduksi. Fungsi gigi reduksi adalah untuk menurunkan putaran putaran yang dihasilkan motor starter dan meningkatkan torsi yang dihasilkan. Perbandingan antara gigi pada armature dengan gigi pada pinion adalah 1 : 2,4 sampai 1: 3. atau bila jumlah gigi armature 10 buah maka jumlah gigi kopling 24 – 30 buah. Seperti telah dijelaskan pada dasar-dasar motor starter bahwa putaran motor mesin 4 – 6 silinder saat starter sekitar 60 – 90 rpm. Bila perbandingan flywheel dengan pinion gear adalah 115 : 9, maka untuk menghasilkan putaran mesin 60 rpm dibutuhkan putaran pinion gear:

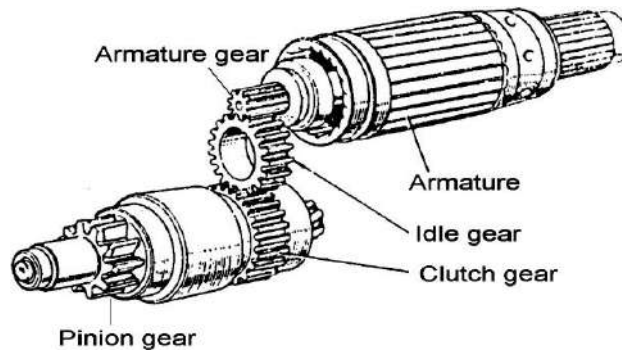
$$\begin{aligned}
 \text{Putaran pinion gear} &= (\text{Flywheel : pinion gear}) \times \text{Putaran mesin} \\
 &= (115 : 9) \times 60 \\
 &= 766,6 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Putaran armature motor starter konvensional sama dengan putaran pinion gear, sedangkan pada motor reduksi putaran armature lebih cepat dibandingkan dengan putaran pinion gearnya. Dengan demikian bila perbandingan gigi reduksi starter sebesar 1 : 3 maka

atau gigi armature 10 buah dan gigi pinion 30 buah maka putaran armature pada motor starter reduksi adalah:

$$\begin{aligned} \text{Putaran armature} &= (\text{gigi pinion} : \text{gigi armature}) \times \text{putaran pinion gear} \\ &= (30 : 10) \times 766,6 \\ &= 2300 \text{ rpm.} \end{aligned}$$

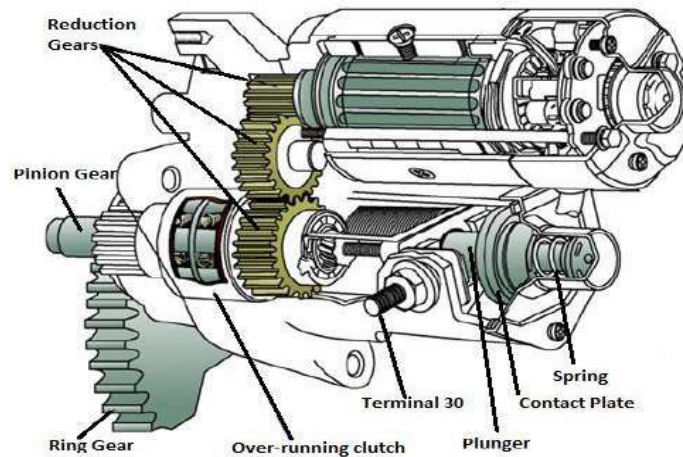
Konstruksi gigi reduksi pada motor starter reduksi adalah sebagai berikut:



Gambar 2.34. Konstruksi gigi reduksi

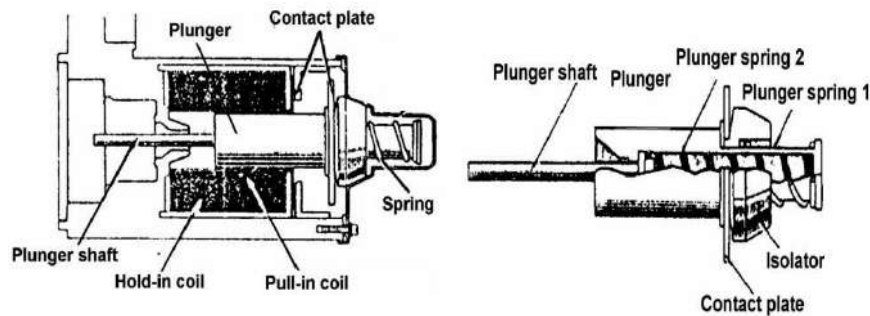
2). Selenoid Starter

Selenoid starter berfungsi sebagai saklar listrik, yaitu menghubungkan antara terminal 30 dengan terminal C. Selain sebagai saklar selenoid starter juga berfungsi untuk mendorong pinion gear agar berhubungan dengan flywheel. Konstruksi selenoid starter adalah sebagai berikut:



Gambar 2.35. Selenoid starter posisi terpasang

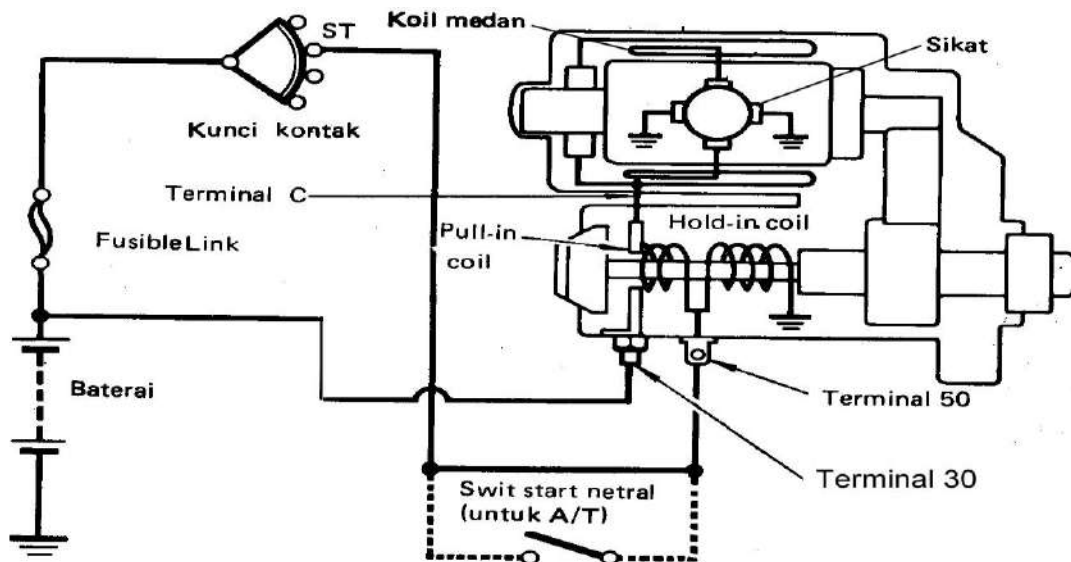
Solenoid starter terdiri dari rumah selenoid, tutup selenoid, *pull-in coil*, *hold-in coil*, *plunger*, *contact plate*.



Gambar 2.36. Plat kontak (contact plate) solenoid starter.

Prinsip kerja:

Saat kunci kontak starter ON, maka arus listrik akan mengalir dari kontak ke terminal 50, ke *pull-in dan hold-in* solenoid starter. Aliran listrik ini menyebabkan solenoid menjadi magnet dan menarik plunger, gerakan plungan menyebabkan plat kontak (*contact plate*) menghubungkan terminal 30 dengan terminal C, dan motor starter berputar. Gerakan plunger juga menyebabkan plunger shaft mendorong pinion gear sehingga pinion berhubungan dengan flywheel. Saat kontak starter OFF, akibat gaya pegas plunger maka plat kontak terputus dan motor starter berhenti berputar.



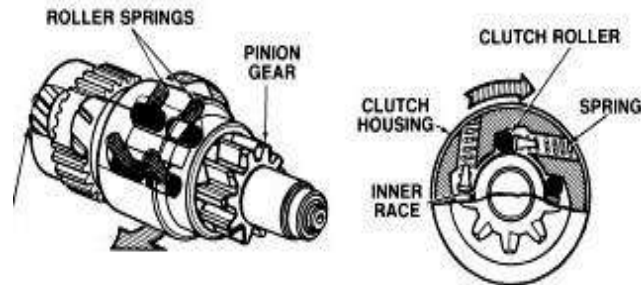
Gambar 2.37. Rangkaian sistem starter reduksi

3). Pinion gear unit

Seperti halnya pada starter konvensional, pada starter reduksi juga dilengkapi dengan pinion gear unit. Pada pinion gear unit terdiri dari kopling starter (*starter clutch*) dan pinion gear. Kopling starter merupakan kopling satu arah (*one way clutch*) yaitu kopling yang hanya meneruskan putaran dari satu arah. Kopling starter berfungsi untuk menghubungkan putaran motor starter ke *flywheel* dan mencegah *flywheel* memutar motor starter. Kopling starter jenis ini juga disebut *overrunning clutch*, karena berfungsi untuk mencegah putaran yang berlebihan pada motor starter saat mesin telah hidup agar motor starter tidak terbakar.

Prinsip kerja kopling starter (*starter clutch*)

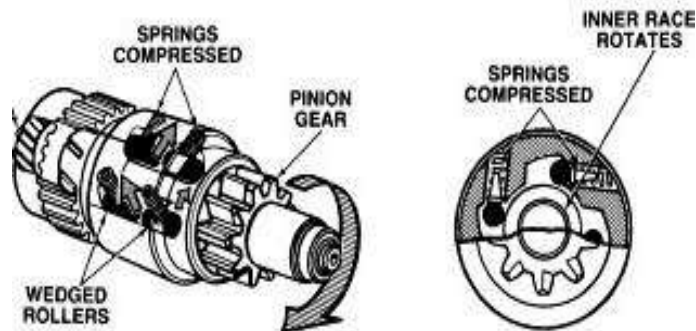
Saat Starter



Gambar 2.38. Kerja kopling starter saat melakukan starter

Seperti ditunjukkan pada gambar di atas, mekanisme kopling starter adalah jenis peluru luar (*outer roller*). Bila starter bekerja, peluru-peluru (*roller clutch*) akan meluncur ke dalam sehingga mengunci bagian dalam (*inner race*) dan luar tabung kopling (*outer*), sehingga gaya putar gigi kopling diteruskan ke gigi pinion.

Saat mesin hidup

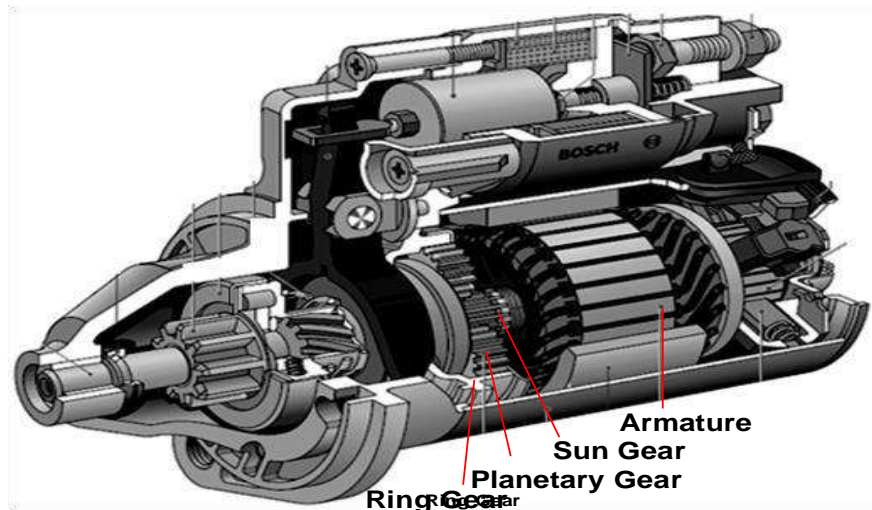


Gambar 2.39. Kerja kopling starter saat mesin hidup

Sebaliknya, apabila mesin mulai hidup dan gigi flywheel mulai memutar pinion, maka rumah kopling bagian dalam yang berhubungan dengan poros pinion dan ulir memanjang akan berputar lebih cepat di bandingkan dengan bagian luar kopling, akibatnya *roller clutch* akan menekan pegas-pegas (*springs*). Karena roller clutch masuk maka gaya putar dari pinion gear tidak diteruskan ke clutch kemudian ke motor starter. Hal ini sebagai upaya mencegah motor starter terbakar akibat diputar oleh mesin saat mesin hidup dan kuntah starter tetap ON.

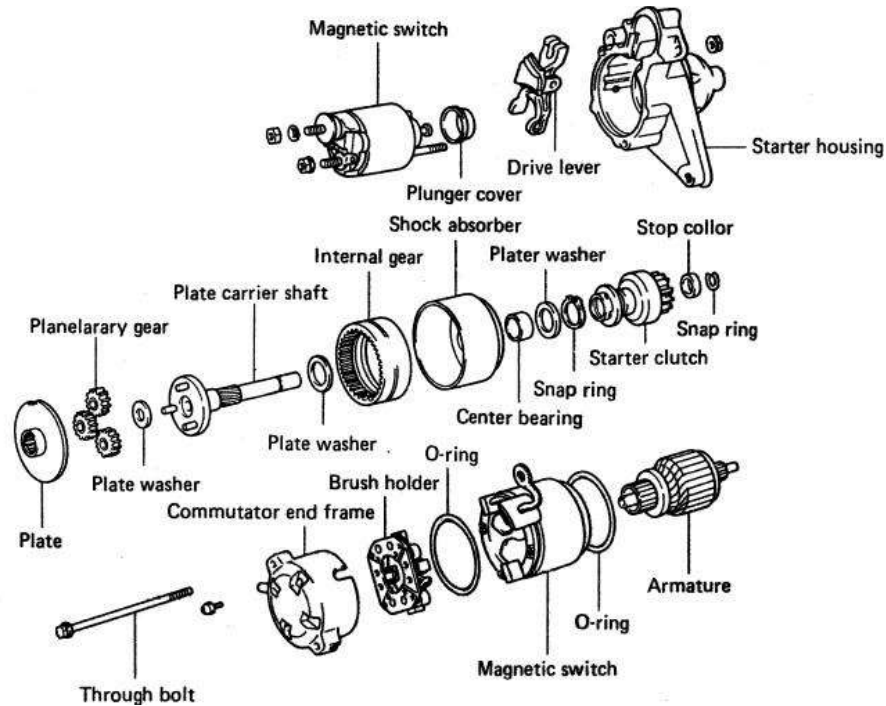
c. Komponen Motor Starter Planetary Gear

Motor starter reduksi planetary gear merupakan motor starter yang metode reduksi menggunakan planetary gear. Komponen motor starter planetary gear mirip dengan motor starter konvensional, perbedaan terletak pada adanya planetary gear set yang terpasang antara armature dengan pinion gear. Gambar berikut merupakan konstruksi motor starter reduksi planetary.



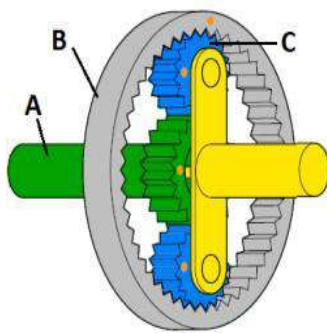
Gambar 2.40. Konstruksi motor starter planetary

Konstruksi motor starter Planetary gear set terdiri dari 3 gear, yaitu: *Sun gear*, *Ring gear* dan *Planetary gear*. Sun gear dipasang pada ujung poros armature, saat armature berputar maka sun gear akan berputar. Ring gear dipasang pada rumah motor starter, sehingga menjadi gigi mati. Planetary gear dijadikan satu poros dengan pinion gear. Saat sun gear berputar akan memutar planetary gear dengan arah berlawanan, selanjutnya memutar ring gear, karena ring gear mati maka planetary gear yang berputar. Pinion gear dipasang menjadi satu poros dengan planetary gear, sehingga saat planetary gear berputar pinion gear juga berputar.



Gambar 2.41. Komponen motor starter planetary

Besar rasio putaran tergantung jumlah gigi, gigi pemutar (*in put*), gigi *out put* dan gigi mati. Pada motor starter planetary pemutar atau input adalah sun gear (A), out putnya adalah planetary gear (C) dan gigi mati adalah ring gear (B). Rasio putaran dihitung dapat dihitung dengan formasi $i = 1 + ZB/ZA$.



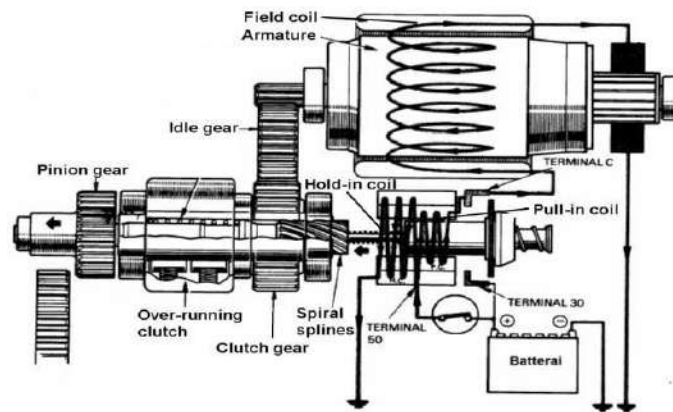
Input	Out-put	Fixed	Conversion ratio	Remarks
A	C	B	$i = 1 + ZB/ZA$	$2,5 \leq i \leq 5$
B	C	A	$i = 1 + ZA/ZB$	$1,25 \leq i \leq 1,67$
C	A	B	$i = \frac{1}{1 + ZB/ZA}$	$0,2 \leq i \leq 0,4$ Overdrive
C	B	A	$i = \frac{1}{1 + ZB/ZA}$	$0,6 \leq i \leq 0,8$ Overdrive

A: Sun Gear, B: Ring Gear, C: Planetary Gear

Gambar 2.42. Menentukan reduksi pada planetary gear

d. Prinsip Kerja Sistem Starter Reduksi gear

1). Pada saat kontak starter ON



Gambar 2.43. Prinsip kerja sistem starter reduksi saat starter ON

Saat kontak starter ON maka arus listrik dari baterai akan mengalir ke kontak, ke terminal 50, ke hold-in coil ke massa. Aliran ini menghasilkan magnet, tetapi masih lemah. Selain itu listrik dari terminal 50 juga mengalir ke pull-in coil, ke terminal C, ke field coil, ke sikat (+), ke komutator, ke armature coil, ke komutator, ke sikat (-) dan ke massa. Aliran listrik ini menyebabkan motor starter berputar lambat dan menyebabkan kemagnetan pada solenoid starter.

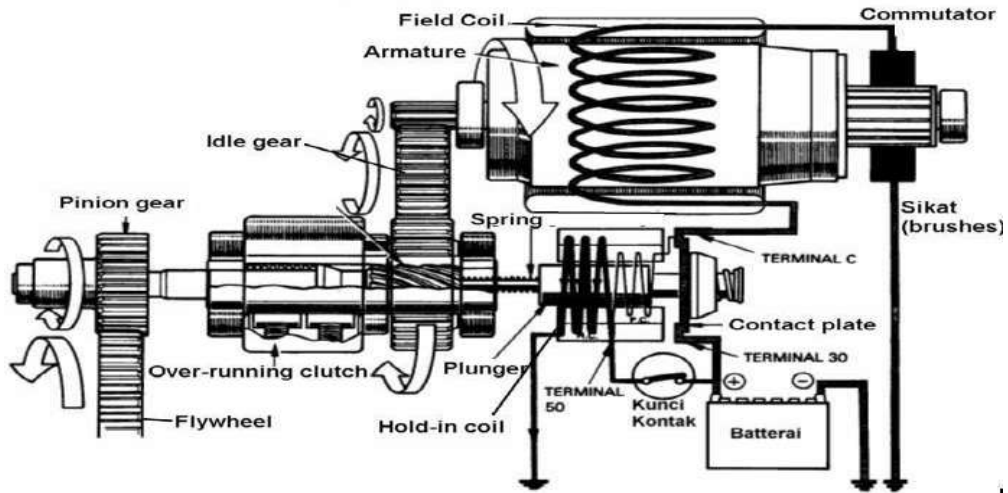
Akibat kemagnetan pada solenoid starter dari hold-in coil dan pull-in coil maka plunger akan tertarik. Gerakan plunger ini menyebabkan plat kontak akan menghubungkan terminal 30 dan terminal C. Terhubungnya terminal 30 dengan terminal C menyebabkan listrik dari baterai langsung mengalir ke motor starter, sehingga motor starter berputar cepat.

Gerakan plunger dan gaya putar clutch gear menyebabkan pinion gear bergerak maju. Gerak maju tersebut adanya *spiral splines*, atau poros berulir dan gaya dorong dari plunger. Saat pinion gear berhubungan dengan flywheel, maka tenaga putar motor starter diteruskan ke idle gear, ke clutch gear, ke clutch starter, ke pinion gear dan ke flywheel, sehingga mesin akan berputar.

2). Gigi Pinion Berkaitan Penuh

Saat pinion gear berhubungan penuh maka hubungan plat kontak pada solenoid starter semakin kuat, sehingga arus yang mengalir ke motor starter semakin besar dan motor starter berputar lebih cepat. Pada saat ini yang bekerja menahan plunger hanya kemagnetan yang dihasilkan oleh hold-in coil, sedangkan pull-in coil sudah tidak menghasilkan magnet karena pull-in coil tidak dialiri listrik. Listrik sudah tidak mengalir pada pull-in coil karena tidak ada beda

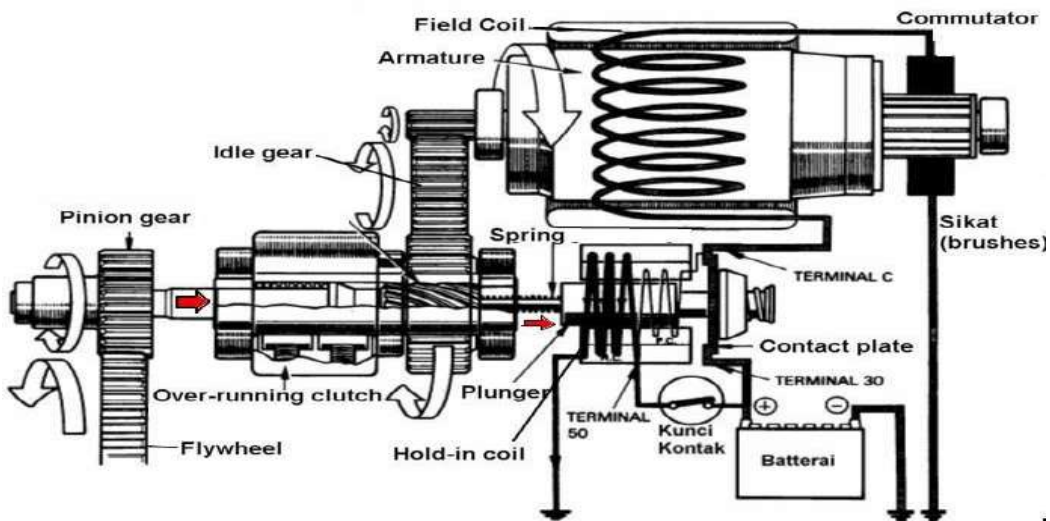
potensial antara kedua ujung lilitan, sebab kedua ujung berhubungan dengan tegangan sumber yaitu 12V



Gambar 2.44. Prinsip kerja sistem starter reduksi saat pinion berkait

3). Selama Motor Hidup

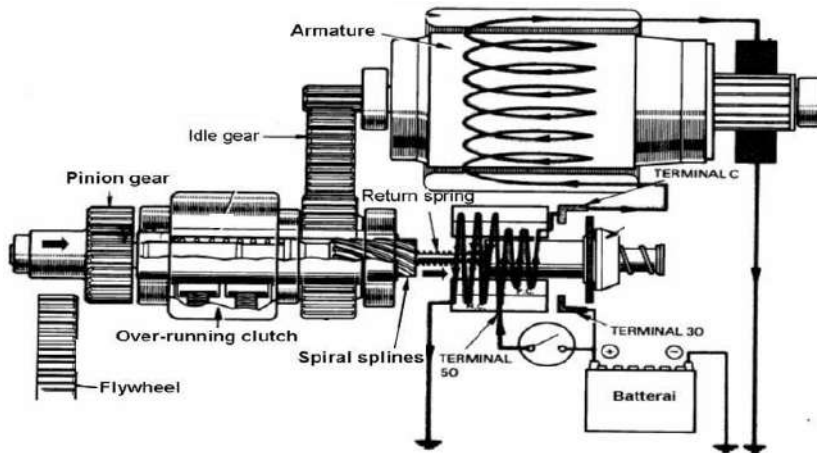
Apabila mesin sudah hidup, maka putaran flywheel lebih cepat dibandingkan dengan putaran pinion gear dari putaran motor starter. Adanya poros yang berbentuk spiral (spiral splines), menyebabkan pinion gear akan terdorong mundur sehingga hubungan flywheel dengan pinion gear terlepas. Upaya mencegah terputarnya motor starter oleh mesin diperkuat pula dengan pemasangan kopleng satu arah.



Gambar 2.45. Prinsip kerja sistem starter reduksi saat mesin sudah hidup

4). Pada saat saklar starter OFF

Saat kontak starter ke posisi OFF, arus yang mengalir ke *hold-in coil* akan terputus sehingga plunger akan kembali ke posisi semula, akibat dari dorongan pegas. Saat plunger kembali keposisi semula maka kontak selenoid (*contact plate*) akan terbuka, sehingga arus listrik dari baterai ke motor starter terputus dan motor starter berhenti berputar.



Gambar 2.46. Prinsip kerja sistem starter reduksi saat kontak OFF

Tabel 3. Spesifikasi motor starter mesin Toyota Seri K

Bagian	Motor starter konvensional			Reduksi
	0,6 KW	0,7 KW	0,8 KW	1,0 KW
Tegangan	12 V	12 V	12 V	12 V
Arus	55A pada 11V	50A pada 11V	55A pada 11,5V	90A pada 11,5V
Putaran	3.500 rpm	6.000 rpm	5.000 rpm	3.000 rpm
Komutator	STD 32,7 mm Limit 31,0mm	STD 28,0 mm Limit 26,0 mm	STD 28,0 mm Limit 27,0 mm	STD 30 mm Limit 29 mm
Keovalan Komutator	0,4 mm	0,4 mm	0,4 mm	0,45 mm
Kedalaman	STD 0,6 mm Limit 0,2 mm	STD 0,6 mm Limit 0,2 mm	STD 0,6 mm Limit 0,2 mm	STD 0,6 mm Limit 0,2 mm
Sikat	STD 19 mm Limit 10 mm	STD 10 mm Limit 6 mm	STD 16 mm Limit 10 mm	STD 13,5 mm Limit 10 mm
Gaya pegas	1,05 – 1,35 kg		1,02 – 1,38 kg	1,5 – 2 kg
Celah poros armatur ke bos	STD 0,035-0,077 mm Limit 0,2 mm	STD 0,035-0,077 mm Limit 0,2 mm	STD 0,035 - 0,077 mm Limit 0,2 mm	

4. Sistem Starter Sepeda Motor

a. Klasifikasi Sistem Starter Sepeda Motor

Pada sepeda motor, sistem starter dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

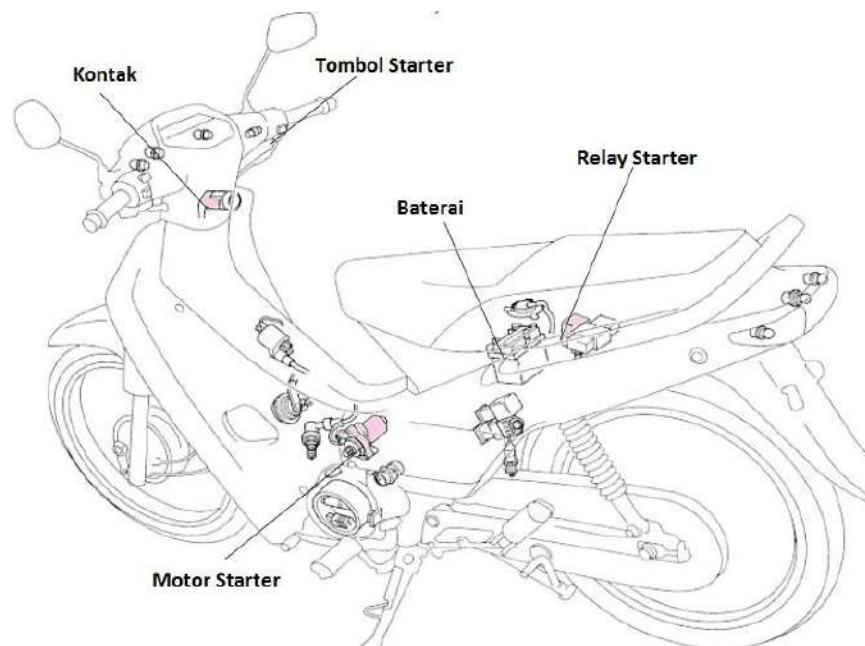
1). Sistem starter mekanik

Menghidupkan mesin dengan sistem starter mekanik memerlukan tenaga manusia dengan menggunakan kaki (kick starter). Sistem starter mekanik memerlukan tenaga besar dan tidak praktis, sehingga sistem starter mekanik sudah jarang digunakan dan difungsikan sebagai starter cadangan.

2). Sistem starter elektrik

Sistem starter elektrik merupakan sistem yang merubah energy listrik menjadi energy gerak yang digunakan untuk memutar poros engkol dalam upaya menghidupkan mesin sepeda motor. Saat ini hampir semua sepeda motor menggunakan starter elektrik, karena sistem starter elektrik lebih ringan dan mudah mengoperasikannya. Pengendara cukup memutar kunci kontak atau menekan tombol starter untuk menghidupkan mesin.

Terdapat beberapa komponen sistem *elektrik starter* sepeda motor diantaranya dari motor starter baterai, fuse, kontak, relay starter dan tombol starter. Tata letak komponen sistem starter pada sepeda motor seperti gambar di bawah ini.

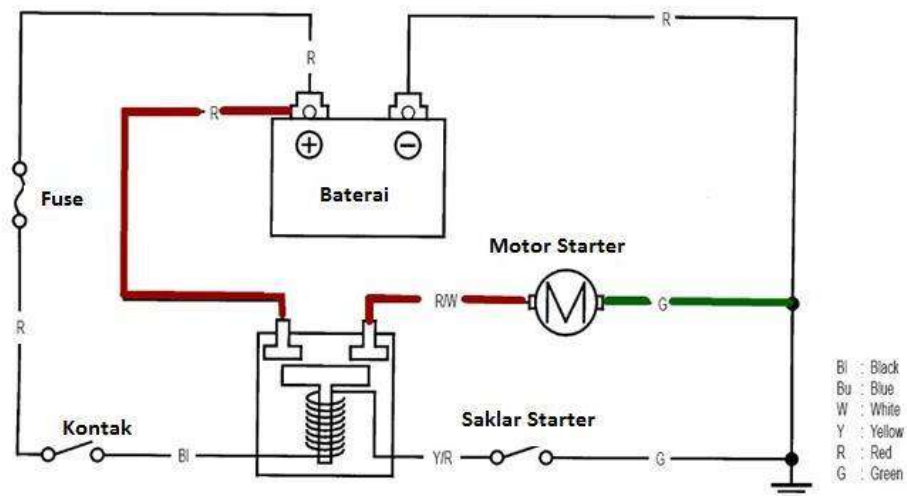


Gambar 2.47. Tata letak komponensistem Starter elektrik sepeda motor

b. Rangkaian Sistem Starter dan Prinsip Kerjanya

1).Rangkaian sistem starter sepeda motor dengan transmisi manual

Rangkaian sistem starter sepeda motor dengan transmisi manual terdiri dari komponen:



Gambar 2.48. Rangkaian sistem starter Honda Supra

- Baterai : sebagai sumber energi listrik
- Relay starter: sebagai saklar elektrik yang menghubungkan (+) baterai ke motor starter
- Motor starter : merubah energi listrik menjadi energi gerak putar untuk memutar poros engkol
- Sekering : sebagai proteksi untuk aliran listrik dari kemungkinan beban berlebih dan hubung singkat. Sekering akan putus bila arus listrik yang mengalir melebihi batas nilai sekering.
- Kunci kontak : menghubungkan dan memutuskan arus listrik yang akan mengalir ke lilitan relay starter.
- Saklar starter : menghubungkan lilitan relay starter ke massa agar listrik dapat mengalir melalui lilitan dan relay starter bekerja.

Prinsip kerja:

Pengendali motor starter adalah relay starter, sedangkan pengendali relay starter adalah kunci kontak dan tombol starter. Metode ini digunakan karena kebutuhan arus listrik untuk motor starter sangat besar dan memungkinkan membuat konstruksi kunci kontak dan saklar starter lebih kecil.

Kunci kontak dan saklar starter dirangkai seri untuk mengendalikan arus ke lilitan relay starter. Bila salah satu saklar pada posisi OFF, yaitu kunci kontak posisi OFF atau saklar starter

posisi OFF maka relay tidak bekerja karena tidak ada arus listrik yang mengalir ke lilitan relay starter. Bila relay starter tidak bekerja maka motor starter tidak akan bekerja, karena tidak ada arus listrik ke motor starter. Guna memahami lebih jelas prinsip kerja sistem starter adalah sebagai berikut:

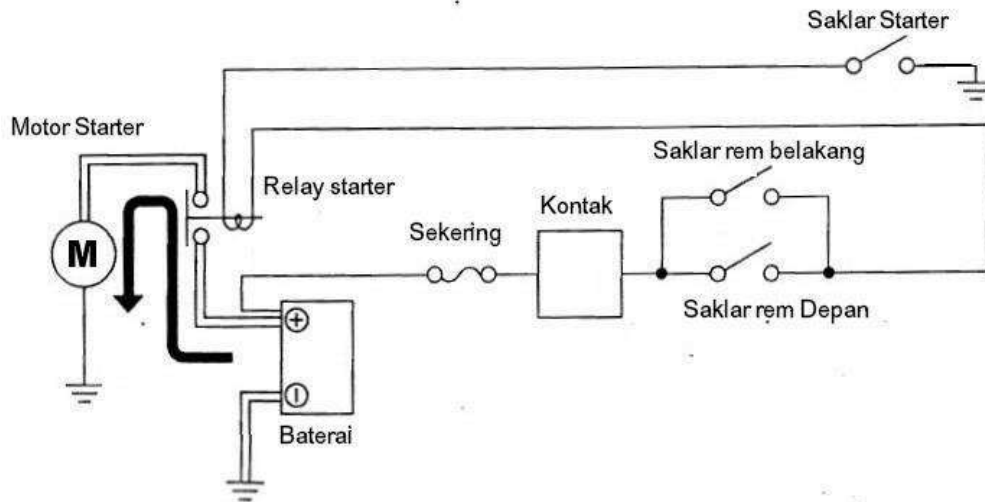
Saat kunci kontak ON, dan saklar starter ditekan, maka arus listrik dari baterai ke kunci kontak, ke lilitan relay starter, ke saklar starter dan ke massa. Aliran listrik pada lilitan relay starter menyebabkan timbulnya kemagnetan yang menarik plunger sehingga terminal kontak pada relay starter berhubungan. Terhubungnya terminal kontak relay starter menyebabkan kabel yang menghubungkan motor starter dengan baterai terhubung. Listrik dari baterai mengalir ke kontak relay starter, ke motor starter. Aliran listrik pada motor starter menyebabkan motor starter berputar.

2). Rangkaian sistem starter sepeda motor transmisi CVT (*Continuously Variable Transmission*)

Pada saat ini pertumbuhan sepeda motor transmisi CVT (*Continuously Variable Transmission*) cukup pesat. Sepeda motor yang mengaplikasikan CVT (*Continuously Variable Transmission*) diantaranya sepeda motor Yamaha Mio, Suzuki Spin, Kymco, Honda Vario dan lain-lain.

Continuously Variable Transmission merupakan salah satu sistem pemindah tenaga otomatis. Teknologi CVT memberikan perubahan otomatis secara mekanis dari perbandingan penggerak sewaktu diameter dari puli penggerak (*drive pulley*) dan puli yang digerakkan (*driven pulley*). Perbedaan dasar CVT dibandingkan dengan pemindah tenaga lain, seperti transmisi otomatis konvensional dan manual, adalah cara meneruskan torsi dari mesin ke roda. Pada CVT, tidak lagi digunakan roda-roda gigi untuk menurunkan atau menaikkan putaran ke roda. Sebagai penggantinya, digunakan dua puli dan sabuk dari karet (*drive belt*). Karena tidak ada lagi roda-roda gigi, maka pada CVT tidak ada tuas untuk memindah perbandingan gigi seperti transmisi otomatis manual. Perbandingan diameter puli dilakukan oleh gaya sentrifugal akibat putaran motor (engine).

Prinsip transmisi CVT yaitu bila motor berputar maka gaya yang dihasilkan akan diteruskan secara otomatis ke roda, hal ini menimbulkan masalah saat melakukan starter sepeda motor, sebab saat sepeda motor distarter, motor hidup dan sepeda motor akan berjalan karena roda langsung berputar, hal itu sangat membahayakan bagi pengendara dan orang lain. Mengatasi permasalahan tersebut maka dirancang rangkaian sistem starter dimana untuk menghidupkan sistem starter harus sambil melakukan pengereman, agar saat motor hidup, sepeda motor tidak langsung berjalan. Adapun rangkaian adalah sebagai berikut:



Gambar 2.49. Rangkaian sistem starter Yamaha Mio

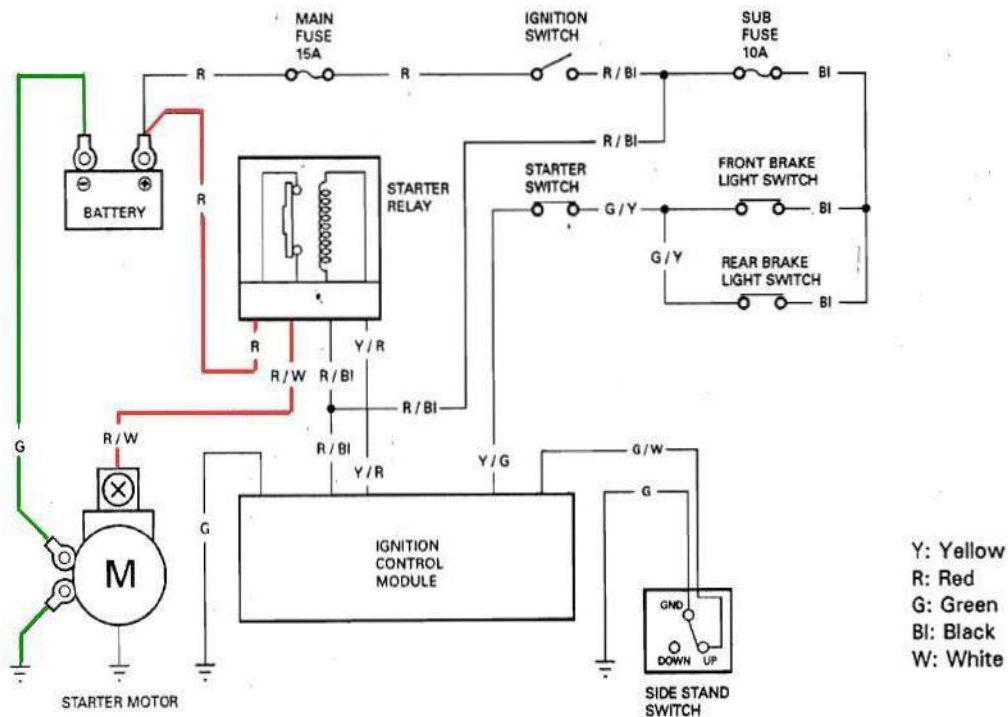
Pada rangkaian sistem starter pada Yamaha Mio diatas, terdapat pemasangan saklar rem pada rem depan maupun belakang. Saklar dirangkai seri paralel dengan kunci kontak. Dengan rangkaian tersebut relay starter akan bekerja bila kunci kontak ON, saklar rem depan atau belakang ON, dan saklar starter ON. Bila salah satu saklar tersebut tidak ON, maka tidak ada aliran listrik pada relay starter.

Saat kunci kontak ON, dan saklar starter ditekan, maka arus listrik dari baterai tidak akan mengalir karena saklar rem masih OFF, sehingga motor starter tidak berutar.

Namun bila kunci kontak ON, tuas rem ditekan (saklar rem ON) dan saklar starter ditekan, maka arus listrik dari baterai mengalir ke kunci kontak, ke saklar rem, ke lilitan relay starter, ke saklar starter dan ke massa. Aliran listrik pada lilitan relay starter menyebabkan timbulnya kemagnetan yang menarik plunger sehingga terminal kontak pada relay starter berhubungan. Terhubungnya terminal kontak relay starter menyebabkan kabel yang menghubungkan motor starter dengan baterai terhubung. Listrik dari baterai mengalir ke kontak relay starter, ke motor starter. Aliran listrik pada motor starter menyebabkan motor starter berputar.

Produsen sepeda motor Honda melakukan penambahan saklar stand samping (*side stand swicth*). Bila stand masih di bawah, sistem starter dan sistem pengapian tidak dapat difungsikan. Sistem starter dapat difungsikan bila stand samping posisi di atas, saat motor hidup, stand samping diturunkan maka motor akan mati.

Rangkaian sistem starter dan sistem pengapian dibuat secara terintegrasi untuk menjamin keamanan sepeda motor sebagai dampak aplikasi transmisi CVT (*Continuously Variable Transmission*) pada sepeda motor. Rangkaian sistem starter sepeda motor Honda Vario adalah sebagai berikut:



Gambar 2.50. Sistem starter sepeda motor Honda Vario

c. Pemeriksaan Komponen Sistem Starter Sepeda Motor

Sistem starter elektrik pada sepeda motor memiliki beberapa komponen yang utama. Komponen utama yang diperlukan pada sistem starter sepeda motor adalah :

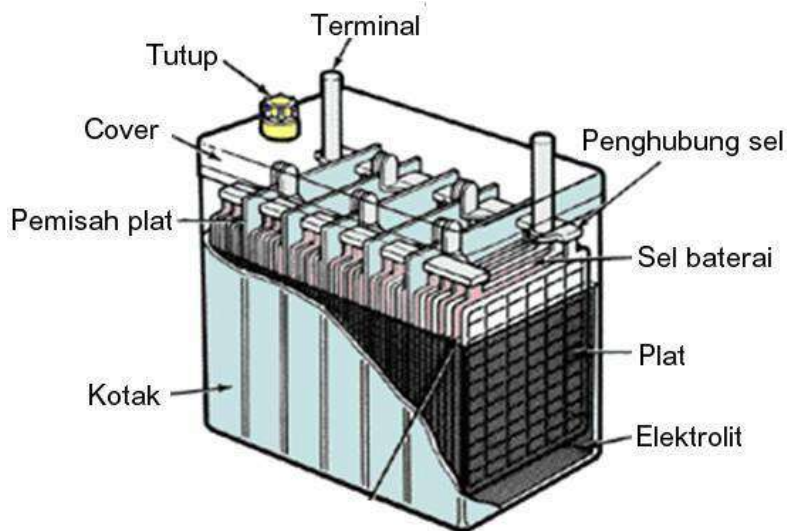
1) Baterai

Baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk motor starter. Baterai merupakan komponen yang sering menjadi sumber gangguan bagi sistem starter, hal ini disebabkan motor starter membutuhkan energi listrik yang paling besar, sehingga bila listrik yang tersimpan pada baterai kurang maka putaran motor starter menjadi lemah. Baterai yang digunakan sepeda motor mempunyai tegangan 12V, dengan kapasitas 3 - 8 AH.

Baterai terdiri dari beberapa komponen antara lain : Kotak baterai (*case*), terminal baterai (*terminal posts*), elektrolit baterai (*electrolyte*), lubang elektrolit baterai, tutup baterai (*vent caps*) , sel baterai (*cells*) dan *cover*. Dalam satu baterai terdiri dari beberapa sel baterai, tiap sel menghasilkan tegangan 2 - 2,2 V, dengan demikian baterai 12 V mempunyai 6 sel baterai yang dirangkai secara seri.

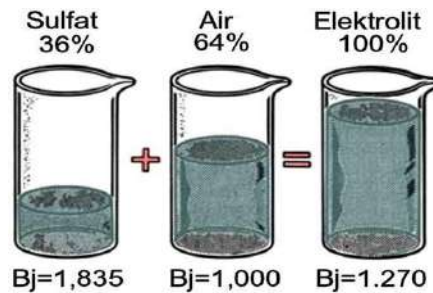
Tiap sel baterai mempunyai lubang untuk mengisi elektrolit baterai, lubang tersebut ditutup dengan tutup baterai, pada tutup terdapat lubang ventilasi yang digunakan untuk mengalirkan uap dari elektrolit baterai. Tiap sel baterai terdapat plat positif, separator dan plat

negatif, plat positif berwarna coklat gelap (*dark brown*) dan plat negatif berwarna abu-abu metalik (*metallic gray*).



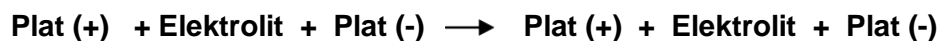
Gambar 2.51. Konstruksi Baterai

Elektrolit baterai merupakan campuran antara air suling (H_2O) dengan asam sulfat (SO_4), komposisi campuran adalah 64 % H_2O dan 36 % SO_4 . Dari campuran tersebut diperoleh elektrolit baterai dengan berat jenis 1,270.



Gambar 2.52. Komposisi elektrolit baterai

Baterai merupakan pembangkitan energi listrik secara kimia. Listrik dibangkitkan akibat reaksi kimia antara plat positif, elektrolit baterai dan plat negatif. Saat baterai dihubungkan dengan sumber listrik arus searah maka terjadi proses pengisian (*charge*). Proses tersebut secara kimia dapat dirumuskan sebagai berikut:

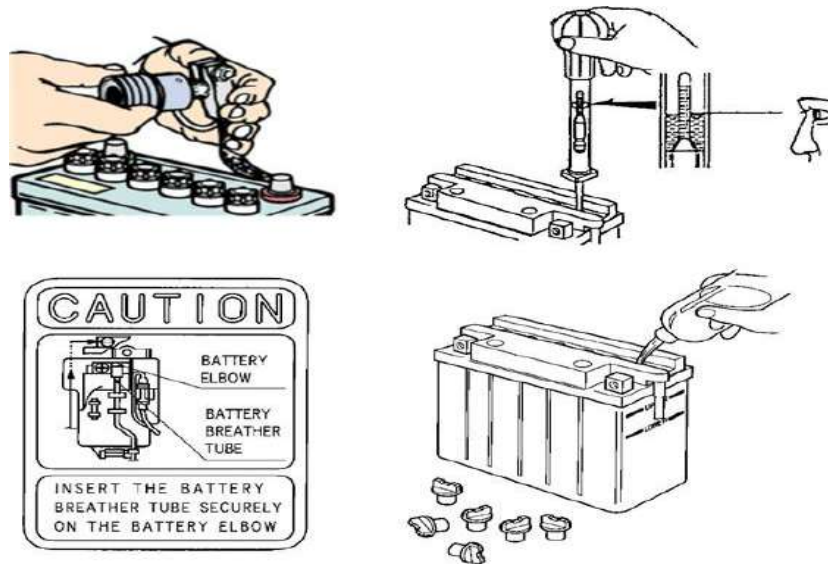




Saat sistem starter berfungsi maka energi listrik yang tersimpan di baterai akan mengalir ke beban, proses ini sering disebut proses pengosongan (*discharge*). Proses pengosongan secara kimia dapat dirumuskan sebagai berikut:



Dari reaksi kimia tersebut terdapat perbedaan elektrolit baterai saat kapasitas baterai penuh dan kosong, dimana saat baterai penuh elektrolit terdiri dari 2H₂SO₄, sedangkan saat kosong elektrolit baterai adalah 2H₂O.



Gambar 2.53. Pemeriksaan baterai

Pada saat perawatan berkala baterai merupakan bagian yang harus diperiksa. Pemeriksaan baterai meliputi:

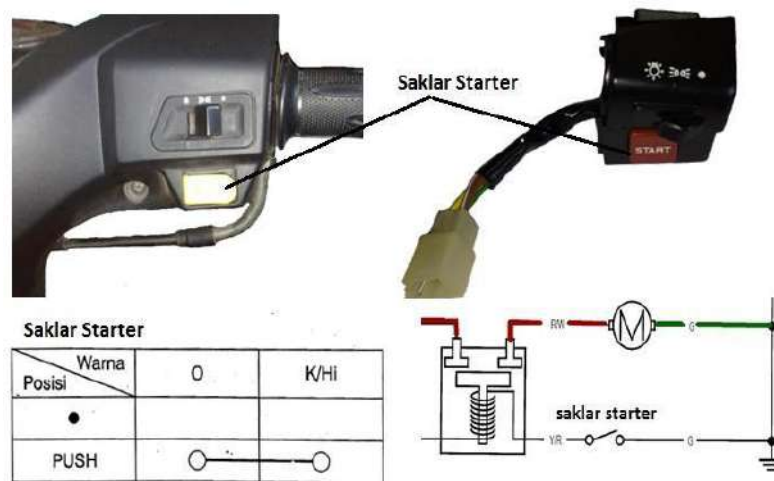
1. Tegangan baterai, menggunakan volt meter, tegangan baterai yang baik diatas 12V.
2. Terminal baterai dari kemungkinan terminal kotor, kendur maupun korosi,
3. Kondisi kotak baterai dari retak atau kebocoran

4. Elektrolit baterai yaitu tinggi permukaan elektrolit dan berat jenis elektrolit. Tinggi permukaan harus diantara batas bawah dengan batas atas, B_j elektrolit yang baik sebesar 1,27 – 1,29. Bila jumlah elektrolit kurang tambah dengan air accu.
5. Tutup baterai harus menutup dengan rapat dan saluran pelimpa baterai tidak boleh tersumbat, serta ujung saluran memungkinkan tumpahan elektrolit tidak ke bagian sepeda motor.

2) Switch atau Saklar Stater

Switch atau saklar stater merupakan komponen utama yang memiliki fungsi yang sangat penting. Peletakan switch atau saklar yang merupakan kendali utama pengoprasian sistem haruslah strategis dan mudah dijangkau. Switch stater pada sepeda motor dikonstruksi agar mudah dijangkau dan memiliki nilai ergonomi.

Posisi switch stater secara umum diletakkan pada holder kanan dari sepeda motor dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah. Fungsi utama dari switch stater adalah sebagai kendali atau kontrol untuk mengoprasikan sistem stater. Konstruksi switch dapat dilihat pada gambar berikut.

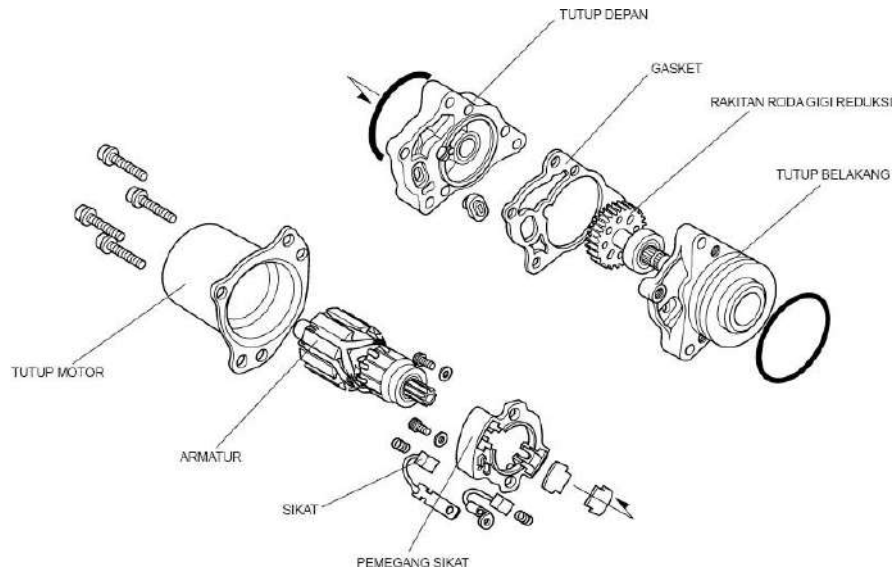


Gambar 2.54. Kontruksi switch atau saklar stater

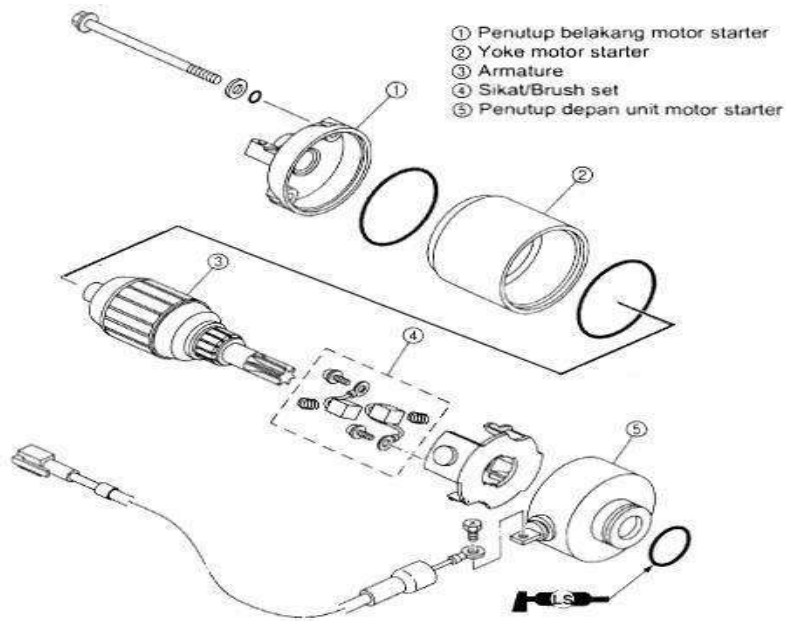
Pemeriksaan yang dilakukan pada tombol stater dilakukan dengan mengecek hubungan pada switach. Pengencekan dilakukan dengan menekan tombol stater dan mengukur terminal stater apakah terjadi hubungan atau tidak. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan ohm (Ω) meter. Jika ada hubungan antara terminal switch stater, maka tombol atau switch stater masih berfungsi dengan baik. Semakin kecil hambatan yang di hasilkan maka kondisi kontak pada switch semakin baik begitu juga sebaliknya. Jika nilai hambatan semakin tinggi maka kontak switch perlu di cek dari kemungkinan berkerak dan aus karena hubungan antar kontak starter.

3) Motor Starter

Motor starter merupakan komponen sistem starter yang berfungsi merubah energi listrik menjadi energi gerak untuk memutar poros engkol guna menghidupkan mesin.



Gambar 2.55. Kontruksi unit motor starter Honda



Gambar 2.56. Konstruksi motor starter (Yamaha Mio)

Komponen motor starter adalah sebagai berikut:

- a) Penutup belakang untuk penutup bagian belakang dan tempat *bearing* penumpuh armature agar armatur dapat berputar dengan baik.
- b) Yoke motor starter berbentuk tabung berfungsi sebagai merupakan rumah armature dan tempat mengikat magnet. Terdapat 2 pasang magnet yang ditempatkan pada yoke, medan magnet yang dihasilkan memungkinkan terjadi gerakan putar armature bila lilitan pada armature dialiri arus listrik.
- c) Armatur terdiri dari beberapa bagian yaitu poros armature, komutator, dan lilitan armature. Komutator merupakan terminal dari lilitan armatur, komutator selalu bersinggungan dengan sikat, sehingga saat ada arus listrik mengalir dari sikat positif maka arus diteruskan ke komutator, lilitan armature, komutator, sikat negatif dan massa. Adanya arus listrik yang melalui lilitan armature menyebabkan lilitan armature bergerak. Hubungan arah arus, arah fluk magnet dan arah gerakan sesuai dengan kaidah tangan kiri Fleming.
- d) Sikat pada motor starter berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari baterai ke lilitan armatur melalui komutator. Agar selalu menempel pada kamutator maka sikat didorong oleh gaya pegas. Terdapat dua yaitu sikat positif dan sikat negatif, sikat positif berhubungan dengan relay starter dan sikat negatif berhubungan dengan bodi motor starter.
- e) Penutup depan untuk penutup bagian depan, tempat rumah sikat dan tempat *bearing* penumpuh armature agar armatur dapat berputar dengan baik.

Gangguan pada motor starter antara lain motor starter tidak dapat berputar, motor starter berputar lemah dan adanya bunyi saat motor starter berputar. Penyebab motor starter tidak berputar dapat disebabkan oleh tidak adanya aliran listrik yang mengalir ke lilitan armatur atau armatur macet.

Penyebab tidak ada aliran listrik pada lilitan armatur dapat disebabkan oleh lilitan armatur yang putus, lilitan armatur bocor, komutator aus dan sikat starter habis. Penyebab kemacetan armatur dapat disebabkan bearing yang macet atau magnet pada yoke lepas.



Gambar 2.57. Pemeriksaan motor starter

Pemeriksaan pemeriksaan lilitan putus dan kebocoran lilitan armatur dapat dilakukan menggunakan Ohm meter. Lilitan armatur putus dapat diperiksa dengan menghubungkan colok ukur ohm meter pada kamutator, bila jarum ohm meter tidak bergerak atau nilai tak terhingga berarti lilitan armature putus, bila jarum bergerak ke 0Ω berarti lilitan baik. Kebocoran lilitan armatur diketahui dengan cara meletakkan colok ukur ke komutator dan colok ukur yang lain ke bodi, bila jarum tidak bergerak atau nilai tak terhingga berarti lilitan armature baik, namun bila jarum bergerak berarti lilitan bocor.

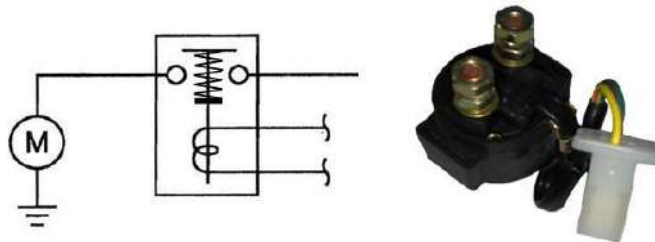
Keausan komutator dapat diketahui dengan memeriksa secara visual keausan pada komutator, mengukur diameter komutator dan dibandingkan dengan diameter standar. Keausan sikat dapat dilakukan mengukur panjang sikat komutator dan dibandingkan dengan panjang sikat standar. Contoh motor starter Yamaha Mio, panjang sikat 3,5 mm, diameter komutator 21mm, kedalaman alur 1,5mm. Tahanan lilitan armatur 0,032-0,039 Ω ,komutator dengan bodi maksimal 1M Ω .

4) Relay Starter

a). Prinsip relay starter

Relay motor stater merupakan sebuah komponen yang berfungsi sebagai saklar elektromagnetik yang dikendalikan berdasarkan switch stater. Relay akan bekerja saat selenoid dialiri arus listrik, maka akan terjadi kemagnetan (elektromagnetik) yang mengakibatkan plunger tertarik. Tertariknya plunger mengakibatkan kedua terminal utama terhubung dan arus utama akan mengalir dari baterai ke motor stater.

b). Konstruksi relay starter



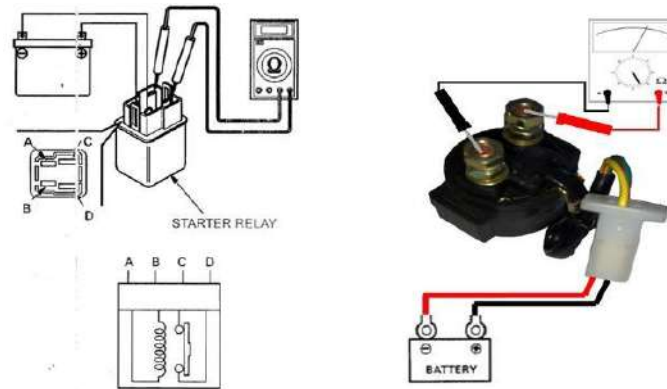
Gambar 2.58. Kontruksi relay stater

Konstruksi relay stater hampir sama dengan relay pada biasanya, hanya disini dibedakan dengan plunger yang digunakan. Adapun kontruksi relay motor stater yaitu secara detail dapat dilihat pada gambar di atas.

c). Pemeriksaan relay starter

Pemeriksaan yang dilakukan pada relay stater sama persis dengan melakukan pemeriksaan pada relay biasa yaitu dengan memberikan tegangan pada terminal selenoid. Hal pertama yang

diperhatikan adalah bunyi "klik" yang menandakan kondisi selenoid masih baik. Berikutnya barulah dilakukan dengan mengukur hubungan terminal utama dengan menggunakan ohm (Ω) meter. Lebih jelasnya dapat ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 2.59. Pemeriksaan relay stster

5. Perawatan dan Diagnosa Sistem Starter

a. Perawatan Sistem Starter

Perawatan sistem starter merupakan upaya memelihara sistem starter agar terjaga dengan baik dan tidak menjadi sumber masalah pada kendaraan saat dioperasikan. Terdapat 2 upaya signifikan untuk menjaga dan merawat sistem starter yaitu: Melakukan starter dengan benar agar komponen starter tidak cepat rusak, merawat baterai dan rangkaian.

Menstarter mesin yang terlalu lama maupun waktu tunggu starter ulang yang terlalu singkat menyebabkan motor starter panas sehingga :

- 1) Isolator field coil maupun armature coil terbakar sehingga terjadi hubung singkat.
- 2) Solder pada sikat meleleh sehingga hubungan sikat dengan field coil maupun dengan massa putus
- 3) Terjadi proses pengelasan pada terminal kontak selenoid sehingga terminal lengket, saat sarter OFF motor starter tetap berputar.
- 4) Pinion gear belum berhenti tetapi sudah distarter ulang menyebabkan terjadi benturan yang berlebihan pada pinion gear dan gigi flywheel, kedua gigi cepat aus/ rusak.
- 5) Energi listrik pada baterai cepat habis sehingga putaran motor starter semakin melemah.

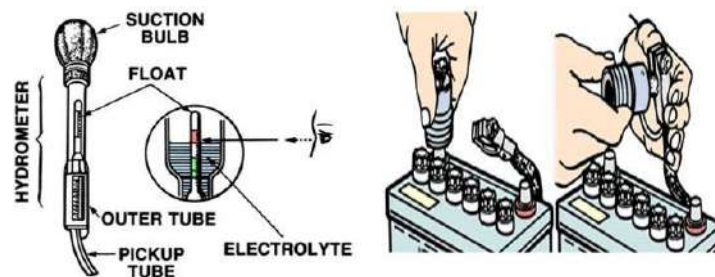
Metode starter mesin yang baik adalah sebagai berikut:

- 1) Putar kunci kontak sampai starter sehingga motor starter berputar. Bila mesin belum hidup dalam waktu 15 detik hentikan starting (maksimal waktu starter ON adalah 30 detik).
- 2) Tunggu waktu 1-2 menit untuk melakukan starter lagi untuk pendinginan komponen motor starter

- 3) Hentikan starter segera bila mesin telah hidup.
- 4) Jangan memutar starter saat gigi transmisi masuk selain tidak aman juga beban starter berlebihan.

Merawat baterai dan rangkaian perlu dilakukan karena masalah sistem starter paling dominan adalah gangguan pada baterai dan terminal baterai dan sambungan kabel baterai. Perawatan baterai dan rangkaian dapat dilakukan dengan cara :

- 1) Periksa jumlah elektrolit baterai. Jumlah elektrolit harus tepat yaitu antara *Upper Level* dan *Lower Level* yang tertulis pada kotak baterai.
- 2) Periksa berat jenis elektrolit baterai
- 3) Periksa dan bersihkan terminal baterai dan konektor baterai dari korosi. Olesi terminal baterai dan konektor dengan grease untuk melindungi dari uap elektrolit baterai karena uap elektrolit mengandung asam sulfat yang korosif.
- 4) Periksa terminal kabel baterai yang berhubungan dengan selenoid maupun kabel massa dari kemungkinan kotor maupun kendur.



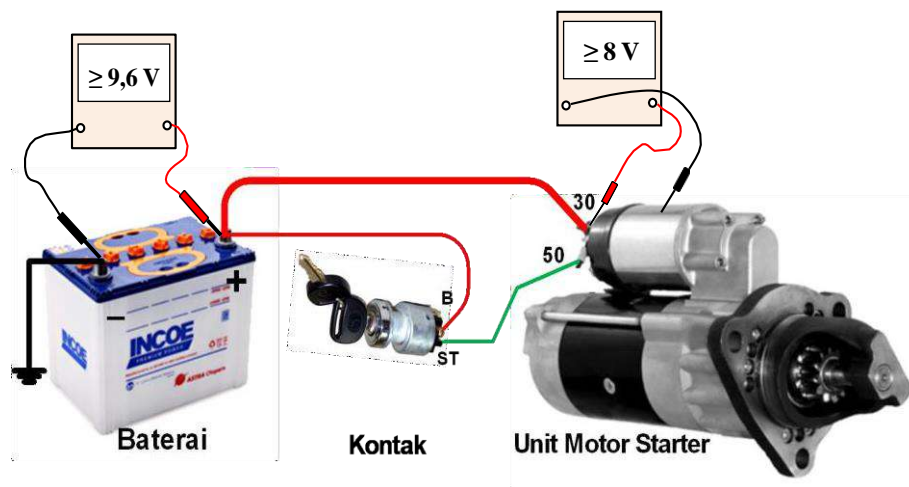
Gambar 2.60. Perawatan baterai dan rangkaian sistem starter

b. Diagnosa Sistem Starter

1). Test Voltage drop

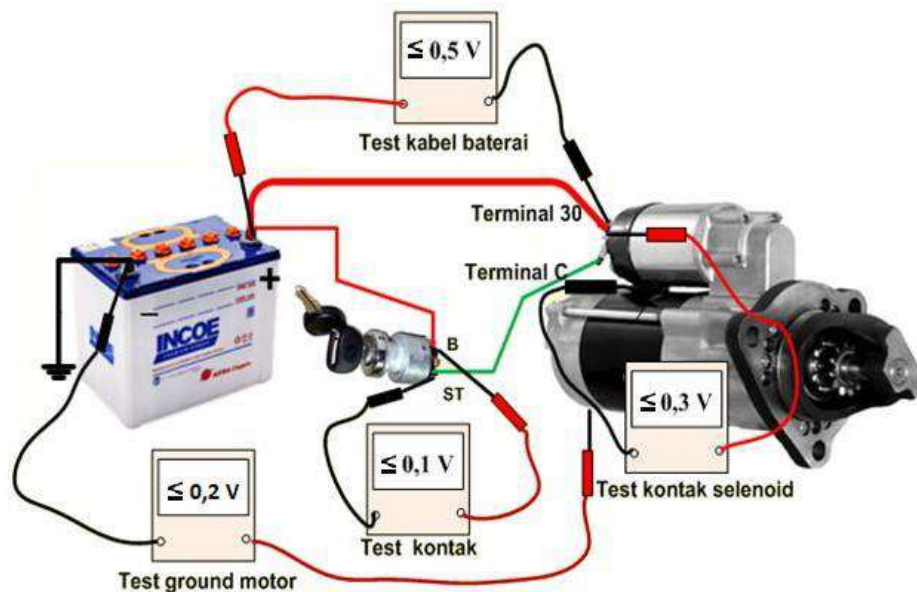
Sistem starter merupakan sistem yang membutuhkan arus listrik sangat besar sehingga sangat sensitif terhadap kondisi baterai maupun kotornya kabel atau terminal yang menghubungkan sistem starter. Energi listrik yang tersimpan di baterai kurang maupun sambungan yang kurang baik dapat dilakukan dengan test penurunan tegangan saat starter mesin.

Test kemampuan baterai dan rangkaian kabel baterai sampai ke beban motor starter dapat dilakukan seperti gambar di atas. Saat distarter bila hasil tegangan baterai kurang dari 9,6 V mengindikasikan kemampuan baterai sudah rendah, bila tegangan pada terminal 30 selenoid kurang dari 8 V, mengindikasikan kondisi rangkaian seperti kabel baterai dan ground kurang baik.



Gambar 2.61. Test voltage drop pada baterai

Komponen sistem starter dipasang seri sehingga adanya terminal kabel yang kendur maupun kotor sangat pengaruhnya terhadap arus dan tegangan (*voltage drop*) sehingga putaran motor lemah. Pemeriksaan sistem starter dapat dilakukan menggunakan voltmeter, metode mengukur merupakan aplikasi konsep pemeriksaan tegangan pada rangkaian seri. Cara memasang alat ukur dan interpretasi hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.62. Memeriksa sistem starter dengan voltmeter

Test kondisi kunci kontak dilakukan dengan mengukur tegangan antara terminal B dengan ST kontak, colok ukur (+) dihubungkan terminal B, colok ukur (-) dihubungkan ke terminal ST, kontak yang baik hasil pengukuran 0V, limit 0,1 V, bila lebih maka kunci kontak kotor/ kendor

Test kontak selenoid starter dan kabel baterai dengan cara mengukur tegangan antara (+) baterai dengan terminal C motor starter, colok ukur (+) dihubungkan terminal (+) baterai, colok ukur (-) dihubungkan ke terminal C. baik tegangan 0V, limit 0,5 V, bila lebih maka kontak kotor, netral switch kotor, kontak solenoid kotor atau terdapat sambungan kabel kotor, kendor.

Test kontak selenoid saja dengan cara mengukur tegangan antara terminal 30 dengan terminal C motor starter, colok ukur (+) dihubungkan terminal 30, colok ukur (-) dihubungkan ke terminal C, kondisi baik tegangan 0V, limit 0,3 V, bila lebih maka kontak solenoid kotor atau terbakar

Test kondisi ground motor starter dilakukan dengan mengukur tegangan antara (-) baterai dengan bodi motor starter, colok ukur (+) dihubungkan terminal bodi motor starter, colok ukur (-) dihubungkan ke terminal (-) baterai. kondisi baik bila tegangan 0V, limit 0,2 V, bila lebih maka sambungan kabel massa kotor, kendor.

2). Pembongkaran dan Pemeriksaan Komponen Motor Starter

Pembongkaran dan pemeriksaan komponen motor starter dilakukan bila hasil diagnosa menunjukkan bahwa sumber gangguan terletak pada unit motor starter. Setelah dipastikan sumber permasalahan pada unit motor starter maka dilakukan proses Pembongkaran dan pemeriksaan komponen motor starter. Langkah dapat dikelompokkan menjadi 5 langkah utama, yaitu:

- a) Melepas unit motor dari mesin
- b) Pengujian awal yang meliputi test solenoid dan test tanpa beban
- c) Proses pembongkaran, pemeriksaan dan perakitan
- d) Pengujian ulang setelah perakitan
- e) Pemasangan unit motor starter

a). Melepas unit motor starter dari mesin

Langkah dalam melepas unit motor starter adalah:

- Lepas kabel negatif baterai
- Bila mesin habis beroperasi, maka tunggu sampai mesin dingin

- Lepas kabel yang berhubungan dengan unit motor, perhatikan hubungan kabel pada unit motor starter.
- Lepas baut pengikat motor starter dengan mesin

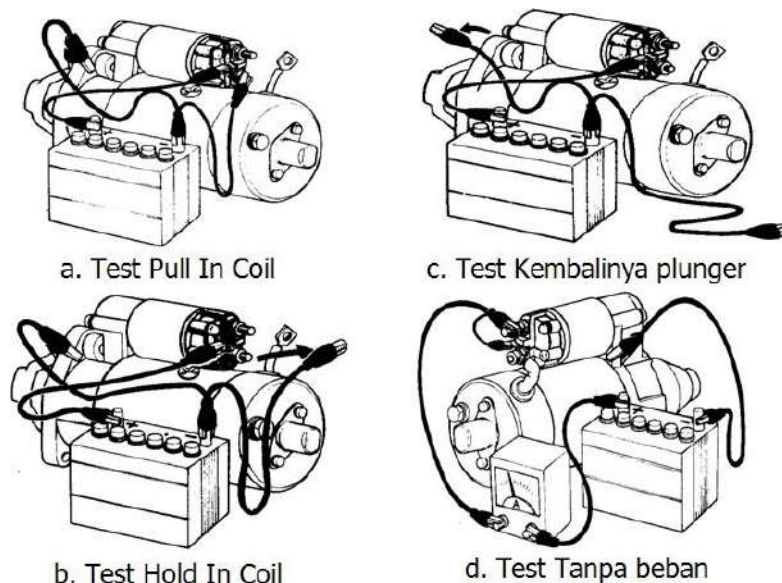
b). Melakukan pengujian awal dengan menguji solenoid starter dan test tanpa beban

Hal yang diperlu diperhatikan untuk pengujian ini:

- Gunakan baterai dengan kapasitas penuh
- Lakukan pengujian maksimal dalam waktu 5-6 detik.

Langkah pengujian solenoid starter

- Lepas hubungan kabel pada terminal C atau 15 atau terminal M.
- Test Pull In Coil dengan cara hubungkan terminal C dan bodi motor sterter dengan negatip baterai, hubungkan positif baterai dengan terminal 50, bila pinion bergerak maju maka pull in coil masih baik.
- Lepas hubungan kabel ke terminal C, bila pinion tetap pada posisi semula maka hold in coil masih baik.
- Lepas kabel yang berhubungan dengan bodi motor starter, maka plunger harus kembali ke posisi semula.



Gambar 2.63. Pengujian sebelum overhaul

Langkah menguji tanpa beban (gambar d)

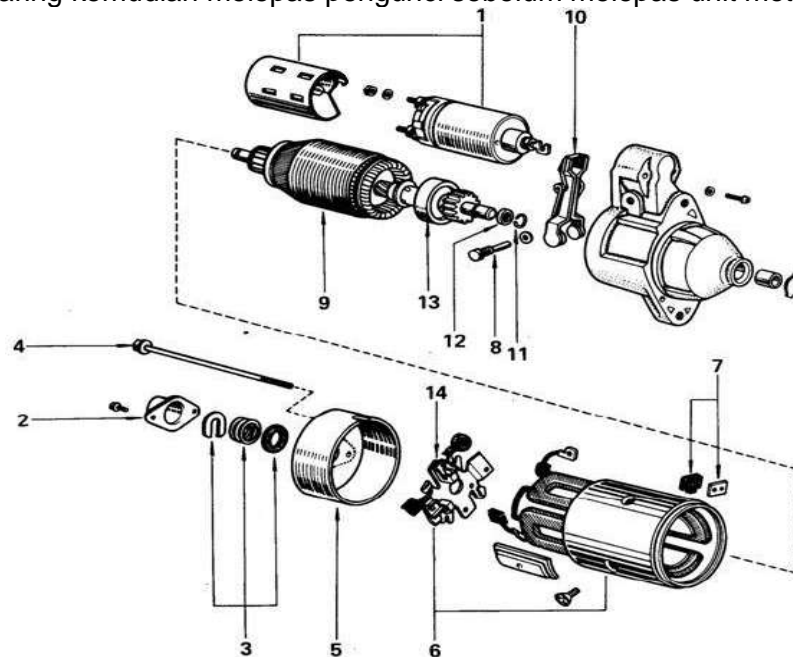
- Hubungkan kabel dari motor starter ke terminal C

- Hubungkan positif baterai ke Amper meter, dan amper meter ke terminal 30. Hubungkan negatif baterai ke bodi motor starter.
- Pengangi motor starter dengan kuat, hubungkan kabel kecil dari terminal 30 ke terminal 50. Pada sat itu motor starter harus berputar dengan besar arus maksimal sesuai dengan daya motor dan jenis motor starter. Misal motor starter 0,6 kW arus maksimal 55 A, daya 0,8 kW arus maksimal 50 A.

Dari test tanpa beban tersebut bila motor starter tidak berputar atau besar arus yang dibutuhkan melebihi spesifikasi maka motor starter perlu dioverhaul untuk memastikan komponen yang rusak.

3). Membongkar dan Pemeriksaan Komponen

- Lakukan pembongkaran sesuai dengan urutan pada gambar dibawah ini. Hal yang perlu diperhatikan saat membongkar adalah: 1. lepas kabel motor starter yang berhubungan dengan terminal C dahulu sebelum melepas solenoid,
- Lepas tutup bearing kemudian melepas pengunci sebelum melepas unit motor.



- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Magnetic switch | 8. Baut tuas penggerak |
| 2. Tutup bearing | 10. Tuas penggerak |
| 3. Plat pengunci, pegas & karet | 11. Snap ring |
| 4. Baut | 12. Stop collar |
| 5. Rangka ujung commutator | 13. Kopling dan gigi pinion |
| 6. Yoke dan pemegang sikat | 14. Pemegang sikat. |
| 7. Plat & karet | |

Gambar 2.64. Urutan proses pembongkaran unit motor starter

Setelah seluruh komponen terbongkat kemudian lakukan pemeriksaan komponen motor starter.

a). Pemeriksaan *Field Coil*

Field coil berfungsi untuk menghasilkan medan kemagnetan. Model motor starter yang banyak digunakan adalah tipe seri, yaitu *field coil* dirangkai seri dengan sikat dan armatur coil. Jika salah satu komponen tersebut putus maka motor starter tidak berfungsi sebab tidak ada kemagnetan pada *field coil*, selenoid starter tidak berfungsi karena tidak ada aliran listrik yang mengalir pada *pull-in coil*.

Gangguan yang sering terjadi pada *field coil* antara lain coil terbakar, isolator rusak dan solderan sikat dengan lepas. Penyebab gangguan tersebut antara lain:

- (1). Waktu starter mesin yang terlalu lama
- (2). Gigi transmisi masuk distarter sehingga beban starter berat
- (3). Beban gesek motor starter besar akibat armatur mengesek pole core yang disebabkan busing aus atau poros armatur bengkok.

Ketiga kondisi tersebut menyebabkan panas motor starter berlebihan sehingga isolator terbakar, coil terbakar dan solderan lepas

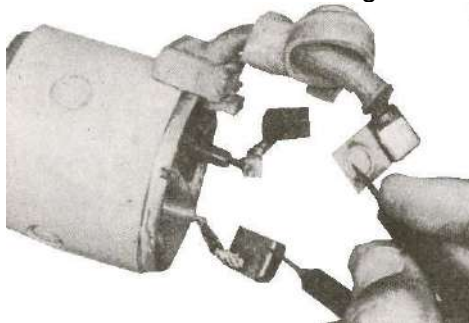
Kasus *field coil* hubung singkat juga sering terjadi akibat kesalahan waktu merakit komponen motor starter. Bagian yang sering hubung singkat yaitu terminal *field coil* ke yoke karena ujung terminal yang berhubungan dengan sikat positif tidak terisolasi dan *field coil* dengan baut pengikat motor starter.

Pemeriksaan *field coil* dilakukan secara visual :

- (1). Memeriksa adanya isolator yang terkupas,
- (2). Coil yang terbakar
- (3). Adanya hubung singkat *field coil* dengan *yoke* maupun *pole core*.
- (4). Kabel yang putus atau solderan lepas

Pemeriksaan menggunakan alat ukur Ohmmeter:

- (1). Memeriksa *field coil* dari kemungkinan lilitan putus
- (2). Memeriksa *field coil* dari kemungkinan hubung singkat dengan bodi



Pemeriksaan hubungan



Pemeriksaan kebocoran ke bodi

Gambar 2.65. Memeriksa *field coil* dengan Ohm meter

b). Pemeriksaan Armature / rotor

Armatur terdiri dari beberapa bagian yaitu poros, komutator, dan armatur coil. Gangguan pada poros armatur antara lain:

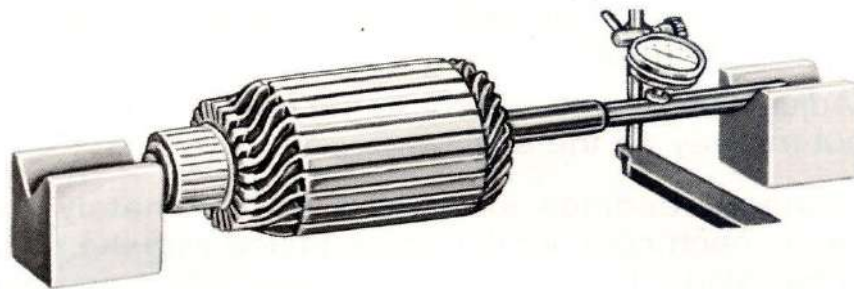
- (1). Kebengkokan poros armatur
- (2). Komutator aus maupun terbakar
- (3). Alur komutator terlalu dangkal
- (4). Sambungan atau solderan antara komutator dan armatur coil lepas
- (5). Armatur coil hubung singkat

(1). Pemeriksaan kebengkokan poros armatur

Kebengkokan poros armatur menyebabkan armatur berputar run out, sehingga menggesek pole core. Adanya gesekan menyebabkan tahanan gesek meningkat sehingga putaran starter melemah sebab sebagian tenaga untuk mengatasi gaya gesek.

Metode memeriksa kebengkokan poros armatur adalah:

- (a). Tempatkan poros armatur pada V blok dan pasang dial indicator seperti gambar di bawah
- (b). Putar poros armatur perlahan,
- (c). Amati dan catat besar gerakan (run out) pada poros bandingkan dengan spesifikasi.



Gambar 2.66. Memeriksa kebengkokan poros armature

(2). Pemeriksaan komutator aus, terbakar dan alur komutator dangkal

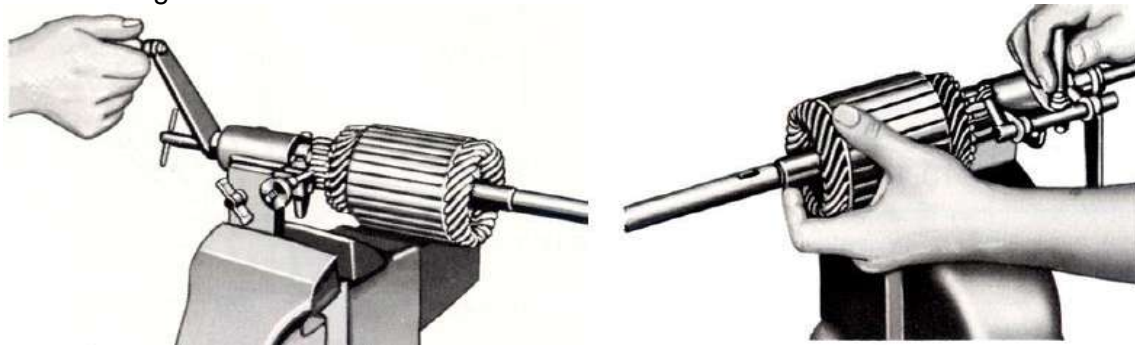
Saat kunci starter ON maka motor starter memutar poros dari posisi diam menjadi berputar, pada saat tersebut dibutuhkan arus yang sangat besar. Akibat arus yang mengalir besar maka terjadi percikan api pada sikat dengan komutator sehingga komutator terbakar. Terbakarnya komutator mengakibatkan arus mengalir ke motor starter rendah dan tenaga putar yang dihasilkan menjadi lemah.

Komutator merupakan bagian yang selalu bersinggungan dengan sikat starter, akibat persinggungan terjadi gesekan, akibat gesekan terjadi keausan pada komutator maupun sikat. Gesekan komutator dengan sikat menghasilkan serbuk debu dari sikat, serbuk debu ini akan mengisi alur pada komutator. Adanya serbuk debu sikat pada alur komutator menyebabkan listrik mengalir langsung antar lemel pada komutator, sehingga mengurangi arus yang melewati

armatur coil. Berkurangnya arus pada armatur coil menyebabkan putaran yang dihasilkan motor starter lemah.

Keausan komutator dengan cara visual melihat goresan pada komutator dan diameter komutator. Pengukuran diameter komutator dengan jangka sorong, hasil pengukuran dibandingkan dengan spesifikasi. Kedalaman alur pada komutator juga harus diperiksa, dalam alur komutator 0,4 - 0,8 mm dengan limit 0,2 mm.

Jika komutator kotor atau terdapat goresan kecil cukup dibersihkan atau diatasi dengan amplas, namun jika keausan berlebihan maka komutator perlu dibubut. Jika alur komutator terlalu dangkal maka diperdalam dengan menggunakan daun gergaji atau menggunakan alat khusus untuk memotong alur komutator.



Memotong komutator bagian yang aus

Memotong alur komutator

Gambar 2.67. Memperbaiki komutator

(3) Armatur coil putus atau hubung singkat

Armatur coil putus menyebabkan motor starter tidak bekerja, karena bila armatur coil putus maka tidak ada arus yang mengalir ke motor starter, namun bila armatur coil sering putus hanya satu atau dua buah saja tidak secara keseluruhan maka gejala yang muncul adalah saat sikat pada posisi pada lemel komutator yang baik maka motor starter dapat berputar, namun jika saat sikat berhenti pada posisi bagian lemel komutator yang rusak maka motor starter dapat berputar. Putusnya armatur coil sering disebabkan oleh panas yang dihasilkan akibat menstarter mesin yang terlalu lama sehingga ada solderan armatur coil dengan lemel komutator lepas.

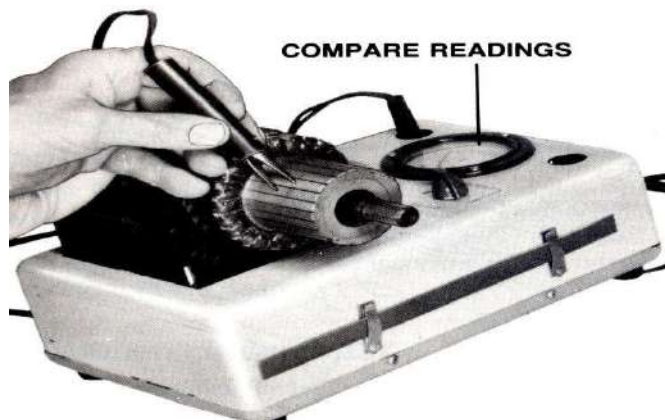
Pemeriksaan armatur coil antara lain:

- (a). *Open circuit test*
- (b). *Shunt circuit test*
- (c). *Ground circuit test*

Alat untuk memeriksa armatur coil yaitu *Growler*. Ohm meter dapat pula digunakan untuk *Open circuit test* dan *Ground circuit test*

Open circuit test untuk mengetahui apakah ada armatur coil yang putus. *Open circuit test* dapat menggunakan growler maupun Ohm meter. *Open circuit test* menggunakan growler adalah sebagai berikut:

- 1) Letakkan armatur di atas growler
- 2) Hubungkan growler dengan sumber listrik , kemudian ON –kan.
- 3) Putar selektor ke open circuit test
- 4) Hubungkan colok ukur ke lemel komutator. Lakukan untuk semua lemel.
- 5) Baca meter penunjuk, bila jarum tidak bergerak berarti open circuit .



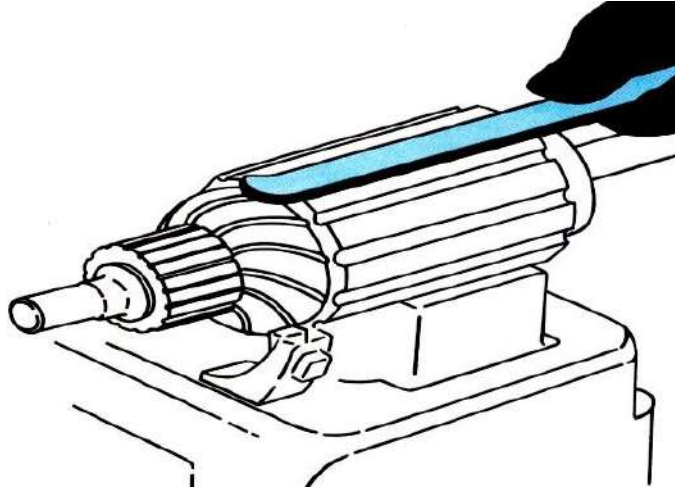
Gambar 2.68. Open circuit test menggunakan growler

Open circuit test menggunakan Ohm meter adalah sebagai berikut:

- 1) Putar selektor multimeter ke posisi $\times \Omega$ (Ohm meter)
- 2) Kalibrasi Ohm meter
- 3) Hubungkan colok ukur pada lemel komutator
- 4) Jika jarum tidak bergerak berarti open circuit.

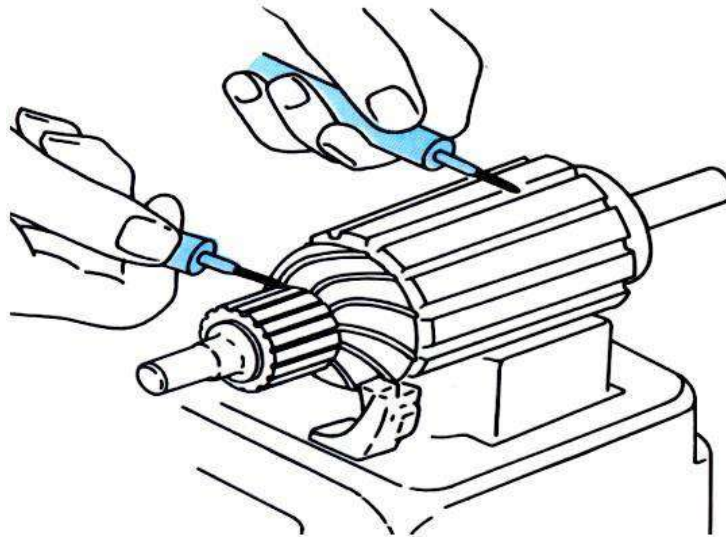
Short circuit test bertujuan memeriksa apakah ada hubungan singkat antar lilitan armatur coil akibat isolator/ email kabel lilitan terbakar. *Short circuit test* menggunakan growler adalah sebagai berikut:

- 1) Letakkan armatur di atas growler
- 2) Hubungkan growler dengan sumber listrik , kemudian ON –kan.
- 3) Putar selektor ke short circuit test
- 4) Letakkan gaun gergaji di atas armatur sementara armatur diputar
- 5) Bila daun gergaji bergetar berarti terjadi hubungan singkat pada armatur coil.



Gambar 2.69. *Short circuit test* menggunakan growler

Ground circuit test bertujuan memeriksa apakah ada kebocoran arus listrik pada armatur coil ke bodi. *Shunt circuit test* dapat menggunakan growler maupun Ohm meter. *Shunt circuit test* menggunakan growler adalah sebagai berikut:



Gambar 2.70. *Ground circuit test* menggunakan growler

- 1) Letakkan armatur di atas growler
- 2) Hubungkan growler dengan sumber listrik , kemudian ON-kan.
- 3) Putar selektor ke open circuit test /
- 4) Hubungkan colok ukur satu ke lemle komutator dan satunya lagi ke bodi. Lakukan untuk semua lemle.
- 5) Baca meter penunjuk, bila jarum bergerak berarti ground circuit .

Ground circuit test menggunakan Ohm meter adalah sebagai berikut:

- 1) Putar selektor multimeter ke posisi $\times \Omega$ (Ohm meter)
- 2) Kalibrasi Ohm meter
- 3) Hubungkan colok ukur pada lemel komutator dan bodi armatur
- 4) Jika jarum bergerak berarti ground circuit.

c). Pemeriksaan *Pinion Gear* dan *Over running clutch*

Pinion gear dan *over running clutch* pada motor starter menjadi satu kesatuan. Gangguan pada pinion gear yang sering terjadi adalah pinion gear aus atau tumpul. Keausan *pinion gear* menyebabkan pinion gear sulit berkait dengan gigi *flywheel* dan bunyi akibat benturan gigi saat menstarter mesin.



Gambar 2.71. Memeriksa *pinion gear* dan *over running clutch*

Over running clutch rusak ada dua kemungkinan yaitu macet dan slip. *Over running clutch* yang macet mengakibatkan motor starter dapat memutar *flywheel* dan *flywheel* dapat pula memutar motor starter. Akibat macetnya *over running clutch* saat mesin hidup tenaga mesin akan memutar motor starter sehingga motor starter menjadi generator akibatnya *field coil* maupun *armature coil* akan cepat terbakar. *Over running clutch* yang slip tidak dapat meneruskan putaran motor starter ke *flywheel*.

Pemeriksaan pinion gear dengan melihat ujung gigi pinion, bila cacat atau aus perlu diganti. Pemeriksaan *over running clutch* dengan cara :

- 1) Pegang bodi *over running clutch*
- 2) Putar *pinion gear* searah jarum jam. *Pinion gear* harus bebas, dan putar kembali berlawanan jarum jam maka *pinion gear* terkunci.

d). Pemeriksaan Sikat Starter

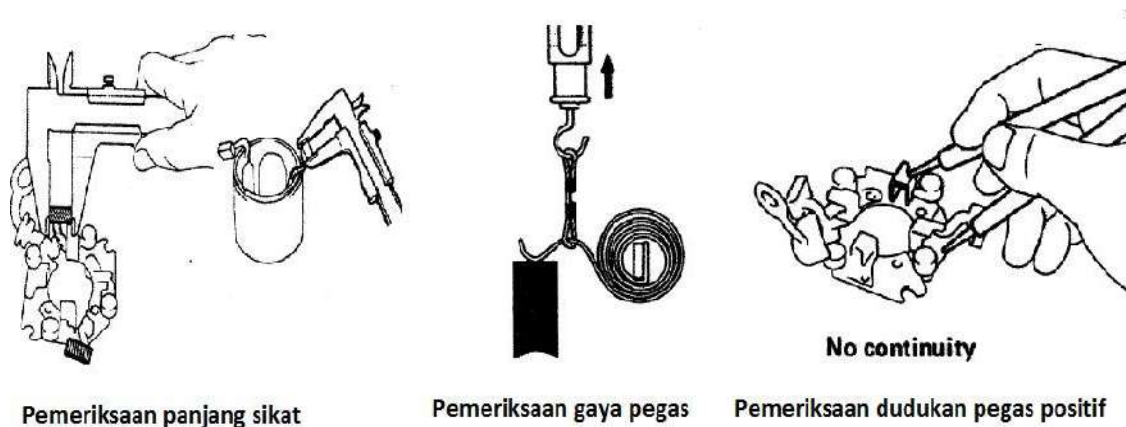
Permasalahan pada sikat starter antara lain:

- 1) Sikat aus
- 2) Gaya tekan sikat ke komutator lemah
- 3) Solderan sikat lepas

Sikat aus maupun pegas sikat lemah dapat menyebabkan putaran yang dihasilkan motor starter lemah. Sikat merupakan komponen yang cepat aus sebab sikat selalu berhubungan dengan komutator, karena komutator terdiri dari segmen-segmen maka akan mengikis sikat starter.

Keausan sikat menyebabkan panjang sikat semakin berkurang. Berkurangnya panjang sikat menyebabkan gaya tekan pegas ke sikat semakin kecil sehingga kekuatan kontak sikat dengan komutator berkurang, arus listrik yang mengalir dari sikat (+) ke komutator maupun dari komutator ke sikat (-) terhambat sehingga arus listrik berkurang, putaran motor starter lemah. Hubungan sikat dengan field coil maupun dengan massa dengan cara disolder. Saat mesin mogok atau mesin sulit hidup kita menstarter mesin dalam waktu yang cukup lama. Efek dari menstarter mesin yang terlalu lama adalah motor starter panas berlebihan (*over heating*) sehingga timah solder meleleh dan lepas. Bila hal itu terjadi maka motor starter tidak dapat berputar.

Pemeriksaan panjang sikat menggunakan jangka sorong. Pemeriksaan gaya pegas menggunakan *spring scale*. Besar gaya pegas adalah penunjukan *spring scale* saat pegas mulai terpisah dengan sikat. Pemeriksaan kedudukan sikat positif untuk memastikan tidak ada hubung singkat menggunakan Ohm meter.



Gambar 2.72. Pemeriksaan panjang sikat dan gaya pegas

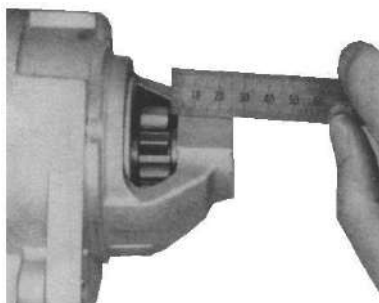
e). Pemeriksaan *Busing*

Permasalahan pada busing atau bos adalah busing aus. Keausan busing menyebabkan celah udara antara armature dengan field coil semakin kecil dan bila keausan berlebihan menyebabkan terjadi gesekan antara armature dengan kuku field coil. Gesekan berlebihan menyebabkan armature tidak dapat berputar sehingga bila starter diteruskan menyebabkan motor starter terbakar. Celah oli busing maksimal sebesar 0,2 mm, bila celah berlebihan atau ada indikasi gesekan antara field coil dengan armature maka ganti dengan busing baru.

f). Pemeriksaan Celah Ujung

Celah ujung merupakan celah antara ujung pinion gear dengan rumahnya, bila celah ujung berlebihan akan menyebabkan kontak pinion gear dengan flywheel berapa pada ujung gigi, sehingga gigi cepat rusak. Sebaliknya bila celah terlalu kecil dapat menyebabkan kontak antara terminal 30 dengan terminal C pada solenoid starter kurang kuat, karena gerakan plunger sudah tertahan akibat gerakan pinion gear sudah tertahan oleh rumahnya.

Besar celah ujung sebesar 0,1-0,4 mm. untuk menyetel celah ujung dengan menyetel pengkait tuas pngungkit pada solenoid starter.



Memeriksa celah ujung

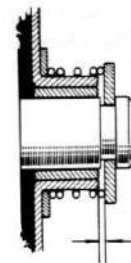
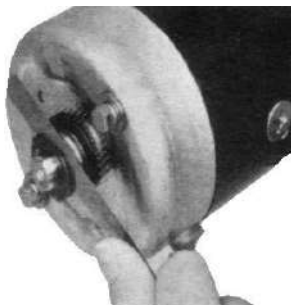


Menyetel celah ujung

Gambar 2.73. Memeriksa celah ujung

g). Pemeriksaan Celah Aksial

Celah aksial berlebihan akan menyebabkan fungsi *armature brake* kurang sempurna, sehingga bila terjadi kegagalan starter pertama, kemudian melakukan starter lagi terjadi suara kasar akibat benturan antara pinion gear dengan *flywheel* karena pada saat itu *pinion gear* masih berputar. Besar celah aksial sebesar 0,05 – 0,60 mm. Bila celah berlebihan dapat diatasi dengan menambah shim.



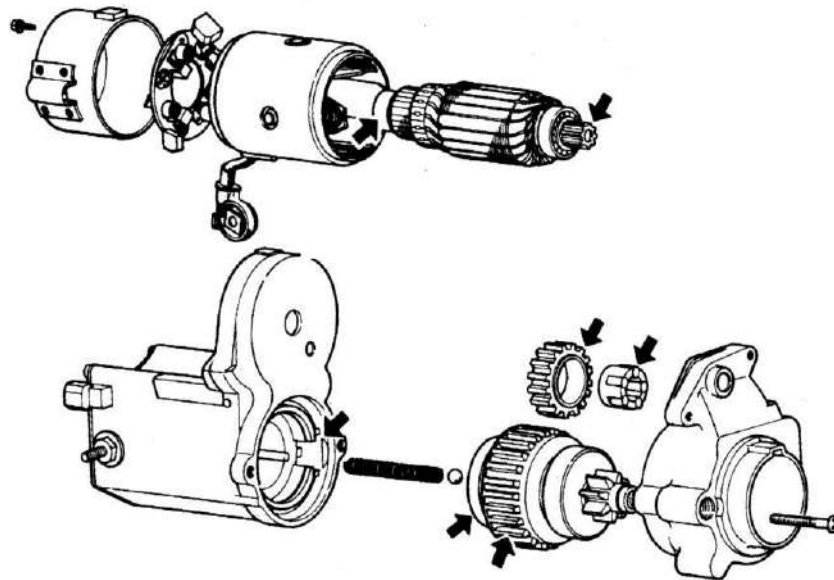
Gambar 2.74. Pemeriksaan celah aksial

Setelah semua pemeriksaan komponen motor sterter selesai dan bagian yang rusak diperbaiki, maka dilakukan perakitan komponen. Langkah kerja perakitan merupakan kebalikan dari proses pembongkaran. Setelah unit motor starter dirakit maka harus dilakukan pengetesan tanpa beban, upaya ini untuk menghindari pembongkaran ulang unit motor starter dari kendaraan akibat perakitan yang kurang sempurna.

h). Merakit motor starter

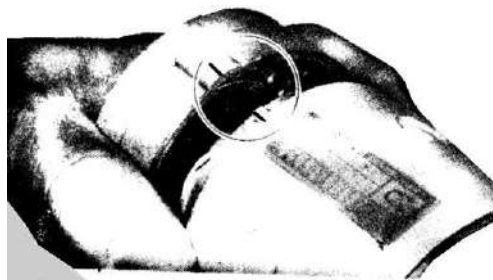
Secara garis besar langkah merakit merupakan kebalikan dari langka membongkar. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merakit yaitu:

- (1). Lumasi bagian yang memerlukan pelumasan, terutama untuk motor starter reduksi terdapat gigi reduksi yang membutuhkan pelumasan.



Gambar 2.75. Bagian motor starter reduksi yang memerlukan pelumasan.

- (2). Perhatikan tanda pemasangan, dan pemasangan solenoid starter jangan sampai terbalik.

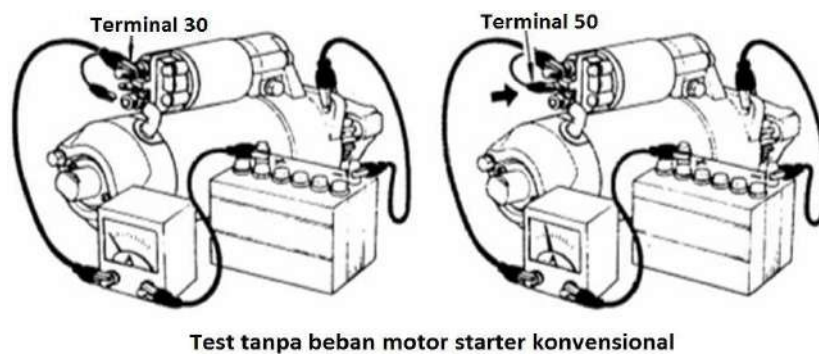
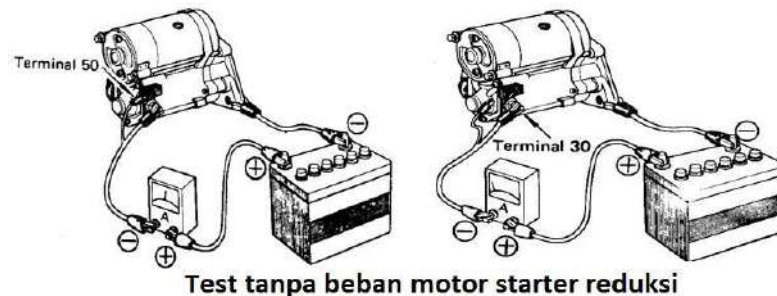


Gambar 2.76. Tanda pemasangan

3. Ikuti urutan pemasangan yang terdapat pada buku pedoman motor starter bersangkutan.

4). Menguji setelah motor starter terakit

Untuk memastikan bahwa motor starter dapat berfungsi dengan baik maka sebelum motor starter dipasang pada mesin maka perlu dilakukan pengujian tanpa beban.



Gambar 2.77. Test tanpa beban

Cara melakukan pengujian tanpa beban adalah sebagai berikut:

- Siapkan kabel pengujian starter dan amperemeter dengan kapasitas 75 -150 A.
- Buat rangkaian dimana baterai (-) dengan bodi starter, baterai (+) dengan amperemeter (+) dan amperemeter (-) dengan terminal 30.
- Pegangi motor starter dengan kuat, dan hubungkan kabel kecil ke terminal 50, maka motor starter harus berputar dengan lembut, dan *pinion gear* maju. Besar arus listrik maksimal 55 A untuk motor 0,6 KW pada tegangan 11 V, dan maksimal 50A untuk motor starter 0,8 KW pada tegangan 11V. Pada motor reduksi masimal 90 A pada tegangan 11,5V.
- Setelah dilakukan test tanpa beban memenuhi spesifikasi maka unit motor starter dapat dipasang di mesin.

5). Troubleshooting Chart

No	Masalah/ Gejala	Kemungkinan Penyebab	Perbaikan
1	Starter <i>switch</i> ON motor starter tidak berputar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terminal baterai kendur atau lepas 2. Kontak rusak 3. Hubungan kabel ke terminal 50 lepas 4. Selenoid starter rusak 5. Sikat habis atau solderan lepas 	Periksa kemungkinan ada jaringan yang putus. Cek bagian yang diduga putus
2	Motor starter berputar lambat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baterai lemah 2. Terminal baterai kendur atau kotor 3. Hubungan kabel pada selenoid kendur 4. Selenoid lemah yaitu hold-in coil dan pull in coil lemah 5. Plat kontak di selenoid kotor 6. Sikat terlalu pendek 7. Pegas lemah 8. Komutator kotor atau aus 9. Alur mika komutator dangkal 10. Fiel coil bocor 11. Armatur coil bocor 12. Kelonggaran poros armatur dengan bos berebihan 13. Kabel massa kendur atau tidak ada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Periksa kondisi baterai dan sistem pengisian 2. Bersihkan terminal dan kencangkan 3. Kencangkan hubungan kabel yang kendur 4. Ganti selenoid 5. Ganti plat kontak atau ganti selenoid 6. Ganti sikat 7. Ganti pegas 8. Amplas atau bubut bila keausan berlebihan 9. Perdalam alur 10. Isolator atau ganti fiel coil 11. Ganti armatur 12. Ganti bos 13. Bersihkan dan kencangkan kabel massa
3	Pinion gear sulit berkait dengan ring gear <i>flywheel</i> dan tibul bunyi saat starter	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baterai lemah 2. Selenoid lemah 3. Pinion gear aus 4. Ring gear aus 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Periksa baterai 2. Ganti selenoid 3. Ganti pinion gear 4. Ganti ring gear
4.	Motor starter berputar terus tidak mati saat starter <i>switch</i> OFF	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hubung singkat pada kunci kontak 2. Hubung singkat kabel di terminal 30 dan terminal C 3. Plat kontak selenoid mencair dan lengket akibat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Periksa kunci kontak perbaiki atau ganti 2. Perbaiki hubungan terminal selenoid 3. Perbaiki atau ganti

