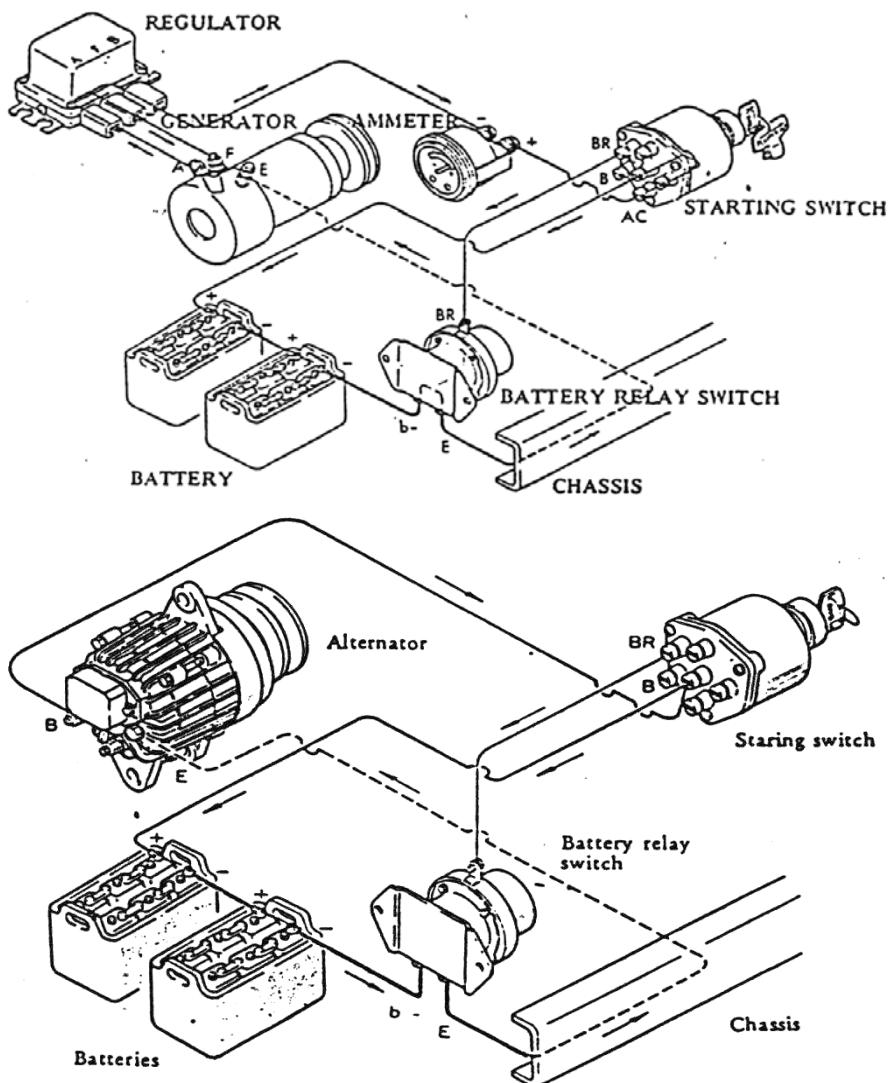


# ELECTRIC SYSTEM



**BASIC MECHANIC COURSE**  
PT UNITED TRACTORS Tbk  
2005



# DAFTAR ISI

## KATA PENGANTAR DAFTAR ISI

### BAB I. SIMBOL - SIMBOL

Simbol - simbol.....	I - 1 - 3
----------------------	-----------

### BAB II. DASAR – DASAR LISTRIK

A. Teori Elektron dan Listrik Statis.....	II - 1 - 20
B. Arus, Tegangan dan Hambatan.....	II - 6 - 20
C. Arus Searah dan Arus Bolak - balik.....	II - 8 - 20
D. Sirkuit Arus Searah.....	II - 10 - 20
E. Tenaga Listrik.....	II - 19 - 20

### BAB III. A V O M E T E R

A. Pendahuluan .....	III - 1 - 4
B. Avometer.....	III - 1 - 4
C. Mengukur Hambatan / Tahanan ( Ohm Meter ).....	III - 2 - 4
D. Mengukur Tegangan ( Volt Meter ).....	III - 3 - 4
E. Mengukur Arus.....	III - 3 - 4

### BAB IV. M A G N E T

A. Pengertian Kemagnetan.....	IV- 1 - 15
B. Sifat - Sifat Magnet.....	IV- 1 - 15
C. Electromagnet.....	IV- 3 - 15
D. Gaya Magnet yang Dihasilkan Arus Listrik.....	IV- 6 - 15
E. Induksi Elektro Magnet .....	IV- 9 - 15

### BAB V. R E S I S T O R

A. Resistor Tetap.....	V - 1 - 6
B. Resistor Variable.....	V - 3 - 6
C. Resistor Non Linier.....	V - 5 - 6

### BAB VI. C A P A S I T O R

A. Konstruksi .....	VI- 1 - 8
B. Kapasitas Kapasitor.....	VI- 3 - 8
C. Pengisian dan Pengosongan Kapasitor .....	VI- 4 - 8
D. Hubungan Serie dan Parallel pada Kapasitor.....	VI- 7 - 8
1. Hubungan Serie pada Rangkaian Kapasitor .....	VI- 7 - 8
2. Hubungan Parallel pada Rangkaian Kapasitor .....	VI- 7 - 8

### BAB VII. SEMI CONDUCTOR

A. Material Semi Conductor.....	VII- 1 - 14
1. Material Dasar.....	VII- 1 - 14
2. Material N.....	VII- 2 - 14
3. Material P.....	VII- 3 - 14
4. Arus pada Material N atau P	VII- 3 - 14



# DAFTAR ISI

B. Diode.....	VII -	5 -	14
1. Konstruksi dasar diode .....	VII -	5 -	14
2. Prinsip kerja diode.....	VII -	5 -	14
3. Karakteristik diode.....	VII -	6 -	14
4. Bentuk - bentuk diode.....	VII -	7 -	14
5. Zener diode.....	VII -	7 -	14
C. Transistor.....	VII -	8 -	14
1. Transistor PNP.....	VII -	8 -	14
2. Transistor NPN.....	VII -	9 -	14
3. Karakteristik transistor NPN.....	VII -	10-	14
4. Bentuk - bentuk transistor.....	VII -	11-	14
D. Thyristor.....	VII -	11-	14
1. Konstruksi dasar thyristor.....	VII -	11-	14
2. Prinsip kerja thyristor.....	VII -	12-	14
3. Karakteristik thyristor.....	VII -	13-	14
4. Bentuk - bentuk thyristor.....	VII -	14-	14

## BAB VIII. BATTERY

A. Konstruksi Dan Tipe Battery.....	VIII -	1 -	17
1. Konstruksi Battery .....	VIII -	1 -	17
2. Tipe Battery .....	VIII -	2 -	17
B. Vent Plug.....	VIII -	3 -	17
C. Plat Positif dan Plat Negatif.....	VIII -	4 -	17
D. Elektrolit ( H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).....	VIII -	4 -	17
E. Reaksi Kimia.....	VIII -	6 -	17
F. Terminal Voltage.....	VIII -	7 -	17
G. Self Discharge.....	VIII -	9 -	17
H. Kapasitas Battery.....	VIII -	10-	17
I. Pengetesan Battery.....	VIII -	11-	17
1. Pengetesan battery jenis elektrolit.....	VIII -	12-	17
2. High rate discharge test.....	VIII -	13-	17
J. Perawatan Battery.....	VIII -	16-	17

## BAB IX.PRE HEATING SYSTEM

A. Sistem Pemanasan Awal Dengan Glow Plug.....	IX -	1 -	12
1. Glow plug.....	IX -	3 -	12
2. Circuit breaker.....	IX -	4 -	12
B. Sistem Pemanasan Awal Dengan Ribbon Heater.....	IX -	4 -	12
C. Sistem Pemanasan Awal Thermostat.....	IX -	6 -	12
D. Sistem Pemanasan Awal Dengan APS.....	IX -	7 -	12
1. Garis besar APS.....	IX -	7 -	12
2. Start dengan APS.....	IX -	8 -	12
3. Pengoperasian APS.....	IX -	9 -	12



# DAFTAR ISI

## BAB X. STARTING SYSTEM

A. Starting Switch.....	X	-	1	-	10
B. Battery Relay Switch.....	X	-	2	-	10
1. Battery relay switch 3 terminal.....	X	-	2	-	10
2. Battery relay switch 4 terminal.....	X	-	4	-	10
C. Starting Motor.....	X	-	5	-	10
D. Safety Relay.....	X	-	6	-	10
1. Safety relay model.....	X	-	7	-	10
2. Semi conductor safety relay new model.....	X	-	9	-	10

## BAB XI. CHARGING SYSTEM

A. Sistem pengisian dengan DC generator & Tirril Regulator...	XI	-	1	-	19
1. DC Generator.....	XI	-	2	-	19
2. Tirril Regulator untuk DC Generator.....	XI	-	3	-	19
B. Sistem Pengisian dengan Alternator & Tirril Regulator.....	XI	-	6	-	19
1. Alternator.....	XI	-	6	-	19
2. Tirril Regulator untuk Alternator .....	XI	-	10	-	19
C. Sistem pengisian dengan Alternator & semi - conductor.....	XI	-	13	-	19
D. Sistem pengisian dengan Brushless Altenator & Semi - Conductor.....	XI	-	18	-	19

## BAB XII. O T H E R S

A. Sistem Penerangan ( Lighting System ).....	XII	-	1	-	30
1. Sirkuit head lamp.....	XII	-	1	-	30
2. Sirkuit turn signal.....	XII	-	2	-	30
3. Sirkuit back- up lamp.....	XII	-	5	-	30
4. Sirkuit stop lamp.....	XII	-	6	-	30
5. Sirkuit parking lamp.....	XII	-	7	-	30
6. Sirkuit electric luminescence.....	XII	-	7	-	30
B. Sistem Lampu Peringatan ( Caution Lamp System ).....	XII	-	10	-	30
C.Gauge System.....	XII	-	14	-	30
D.Alarm Horn System.....	XII	-	22	-	30
E.Shut - Off Valve System.....	XII	-	27	-	30
F.Flicker System.....	XII	-	28	-	30

## BAB XIII. IGNITION SYSTEM

A. Pendahuluan .....	XIII	-	1	-	9
B. Cara Kerja Dan Sistem Pengapian.....	XIII	-	2	-	9
C. Ignition Coil.....	XIII	-	3	-	9
D. Busi ( Spark Plug ).....	XIII	-	5	-	9
E. Contact Point.....	XIII	-	7	-	9
F. Condensor.....	XIII	-	7	-	9



## DAFTAR ISI

### BAB XIV. CIRCUIT DIAGRAM & TROUBLE SHOOTING.

A. Starting System.....	XIV -	18 -	41
B. Charging System ( DC Generator ).....	XIV -	28 -	41

### BAB XV. MECHATRONIC

A. Pendahuluan .....	XV -	1 -	37
B. Tujuan Penggunaan Mechatronics.....	XV -	4 -	37
C. Keuntungan Penggunaan Mechatronics .....	XV -	4 -	37
D. Sensor .....	XV -	5 -	37
1. Sensor jenis pelampung.....	XV -	8 -	37
2. Sensor jenis tekanan.....	XV -	11 -	37
3. Sensor jenis temperatur.....	XV -	12 -	37
4. Sensor putaran .....	XV -	14 -	37
5. Controller.....	XV -	15 -	37
6. Actuator.....	XV -	18 -	37
7. Indikator.....	XV -	21 -	37
8. Wurring harness.....	XV -	25 -	37
9. Mechatronic PC – 5 ( P.M.C ).....	XV -	28 -	37

### WIRRING DIAGRAM

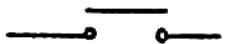


Untuk memudahkan kita membaca wiring diagram, kita perlu mengetahui simbol-simbol listrik yang digunakan, antara lain :

	Conductor / Wire
	Conductor saling menyilang tapi tidak berhubungan.
	Conductor saling dihubungkan.
	Conductor dihubungkan dengan massa / ground.
	Conductor dihubungkan dengan terminal.
	Battery, garis panjang menyatakan terminal ( + ), garis pendek menyatakan terminal ( - ).
	Fusi, kiri untuk kapasitas kecil dan kanan untuk kapsitas besar.
	L a m p u .
	L a m p u dengan Filament.
	V o l t m e t e r .
	A m p e r e m e t e r .



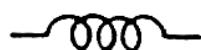
Switch ON dan OFF secara manual  
( tangan ).



Switch, Simbol kiri normalnya untuk OFF  
dan kanan normalnya untuk ON.



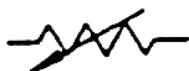
Switch, dioperasikan dengan  
Electromagnet.



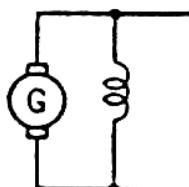
Gulungan ( Coil ).



Hambatan ( Resistance ).



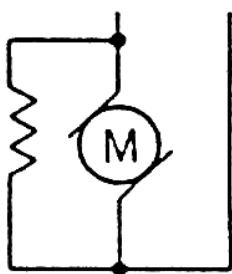
Hambatan Variable ( Variable Resistor ).



DC Generator.



Simbol kiri untuk DC Generator dan kanan  
untuk Alternator.



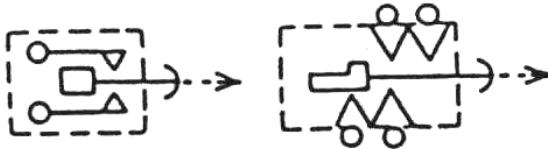
Starting Motor.



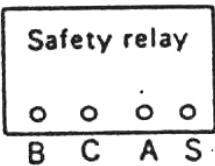
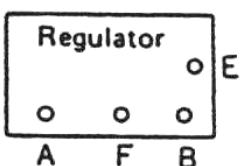
Busi ( Spark Plug ).



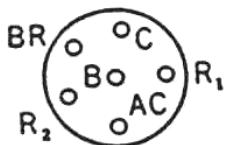
Glow Plug.



Simbol kiri, Pull Switch dengan Single Pole dan kanan, Push Switch dengan Double Pole.



Simbol kiri, Regulator.  
Simbol kanan, Safety Relay.



Starting Switch.



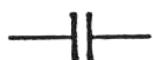
Rectifier / Diode.



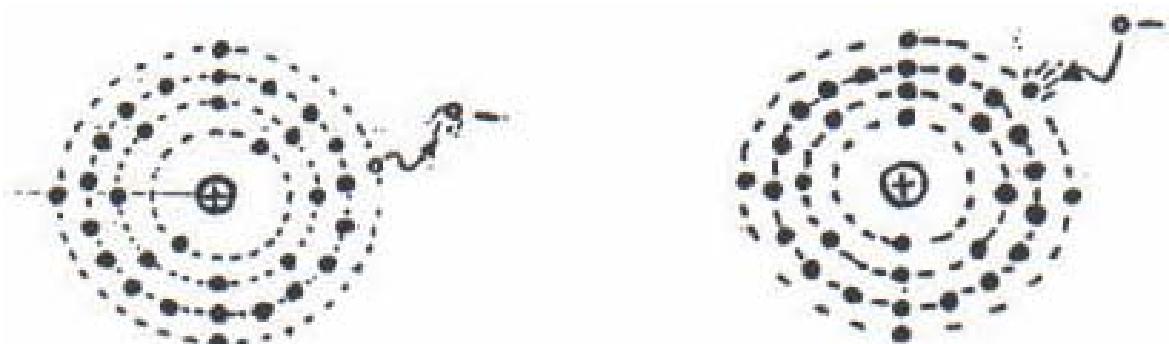
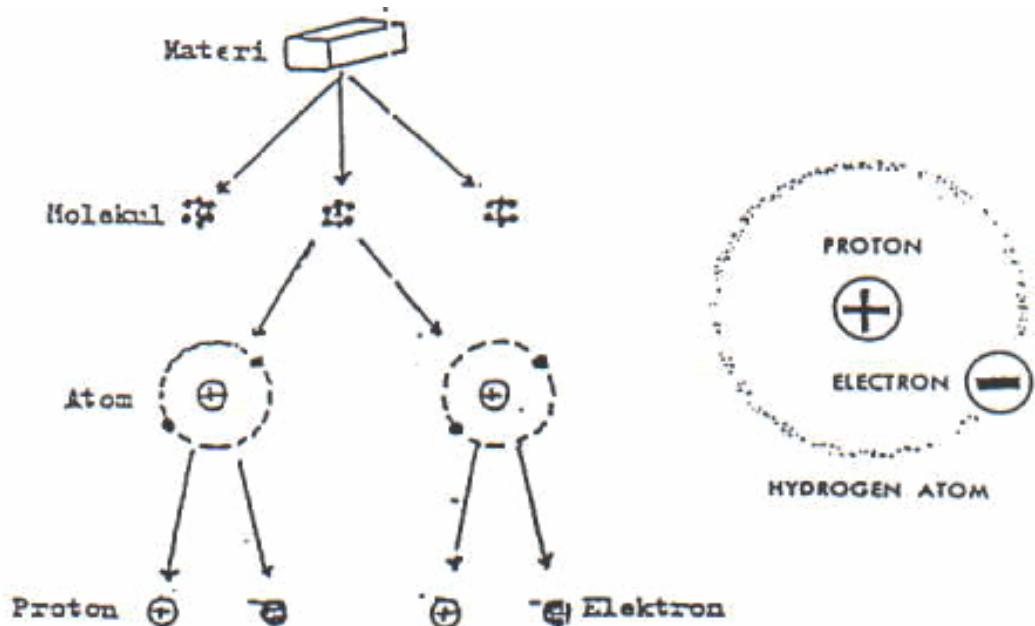
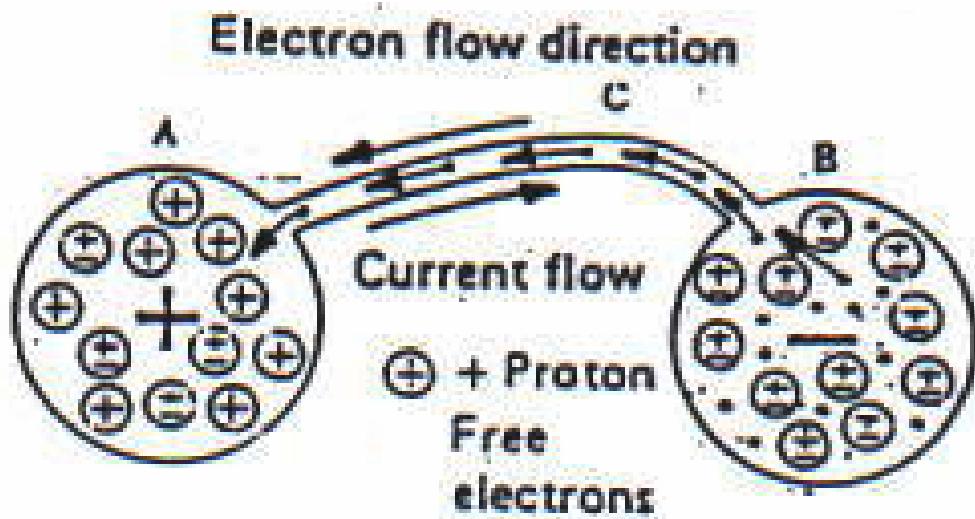
Zene Rectifier / Diode Zener.



Thyristor ( SCR ).



Capasitor / Condensor / Kondensor.

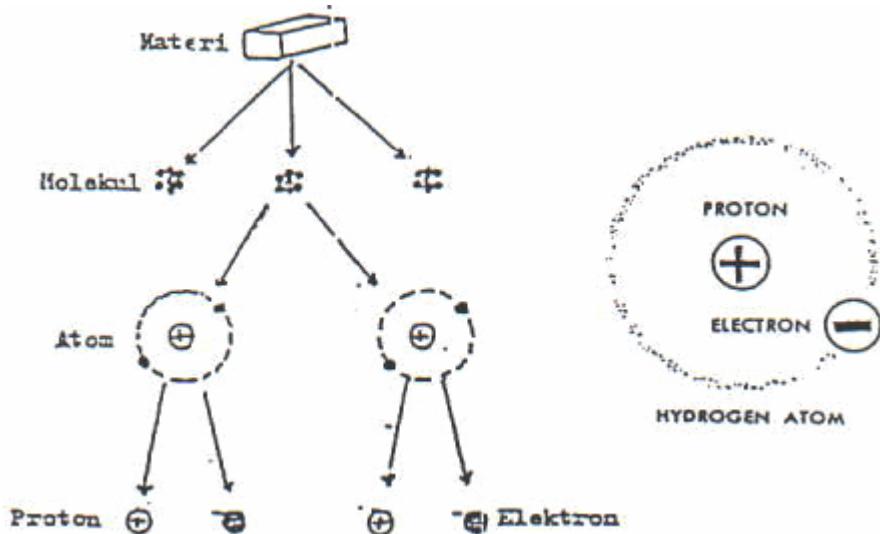




## A. TEORI ELEKTRON DAN LISTRIK STATIS.

### 1. Teori Elektron.

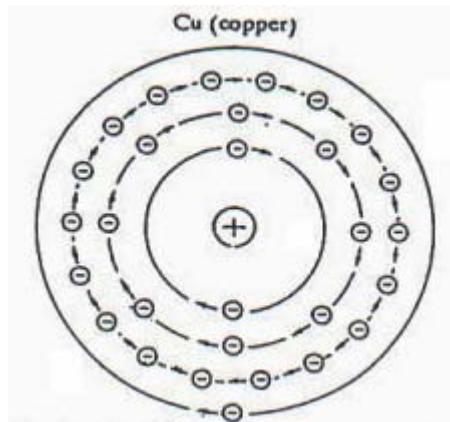
Elektron adalah bagian terkecil dari suatu atom. Sifatnya ringan dan selalu mengorbit pada inti ( proton ). Lihat gambar berikut ini :



Gbr. II - 1. Komposisi bahan dan atom.

Atom yang sederhana adalah atom hydrogen. Atom ini mempunyai satu elektron yang mengorbit pada satu inti ( proton ). Atom yang elektronnya lebih banyak adalah atom uranium. Atom ini mempunyai 92 elektron dan 92 proton. Setiap atom mempunyai struktur sendiri – sendiri. Tetapi pada umumnya setiap atom mempunyai jumlah proton dan elektron yang sama.

Tembaga adalah bahan yang banyak digunakan dalam sistem kelistrikan, karena dapat menghantarkan listrik dengan baik. Atom tembaga terdiri dari 29 proton dan 29 elektron. Elektron – elektron menyebar dalam 4 lintasan ( kulit ) terluar hanya mempunyai satu elektron seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gbr. II - 2. Struktur atom tembaga.



Bahan yang atom – atomnya mempunyai jumlah elektron lebih kecil dari 4 pada lintasan ( kulit ) terluar disebut **Konduktor**. Bahan atom – atomnya mempunyai lebih besar dari 4 elektron pada lintasan ( kulit ) terluar disebut **Isolator**. Sedangkan bahan atom – atomnya mempunyai 4 elektron pada lintasan ( kulit ) terluar disebut **Semi Konduktor**.

Elektron – elektron yang berada dilintasan terluar pada sebuah konduktor akan mudah terlepas dari lintasannya ( orbitnya ), hanya karena tegangan rendah ( menghasilkan aliran arus dari atom – atom ).

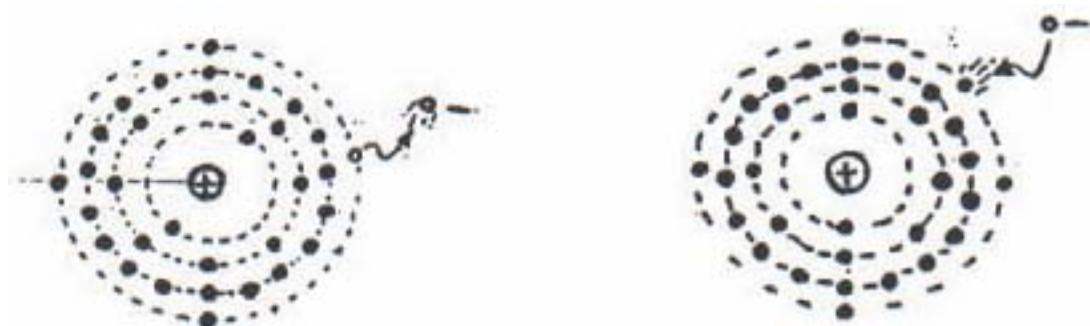
Proton dan elektron dalam atom mempunyai gaya potensial :

- ~ Proton mempunyai muatan positif ( + )
- ~ Elektron mempunyai muatan negatif ( - )

Inti ( proton ) menarik elektron dan mempertahankan dalam lintasannya dan pada saat muatan positif ( proton ) sebanding dengan muatan negatif ( elektron ), maka atom menjadi netral ( kelistrikkannya ).

Meskipun demikian, muatan atom dapat dirubah. Jika elektron terlepas dari atom, atom menjadi bermuatan positif ( + ) dan elektron yang terlepas bermuatan negatif ( - ).

Sebagai contoh atom germanium kehilangan satu elektron, sehingga atom tidak netral ( bermuatan positif / ion positif ). Pada kejadian yang lain atom germanium kedatangan satu elektron, sehingga atom tidak netral ( menjadi bermuatan negatif / ion negatif ). Seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gbr. II - 3. Atom germanium yang kehilangan satu elektron dan kedatangan satu elektron.



Menurut pauli, banyaknya elektron maksimum yang dapat menempati tiap kulit dirumuskan dengan :

$$2 n^2$$

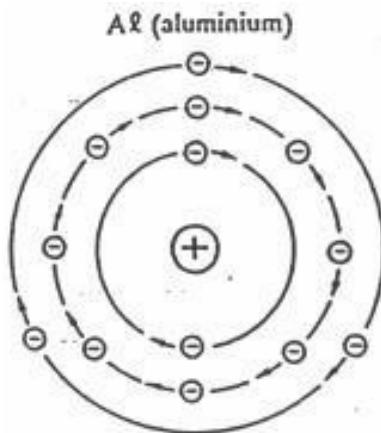
n = nomor kulit  
( dalam ilmu kimia )

Simbol kulit dan banyaknya elektron maksimum dalam setiap kulit :

$$\begin{aligned} K \ (n = 1) &= 2 \times (1)^2 = 2 \text{ elektron.} \\ L \ (n = 2) &= 2 \times (2)^2 = 8 \text{ elektron.} \\ M \ (n = 3) &= 2 \times (3)^2 = 18 \text{ elektron.} \\ N \ (n = 4) &= 2 \times (4)^2 = 32 \text{ elektron.} \\ O \ (n = 5) &= 2 \times (5)^2 = 50 \text{ elektron.} \\ P \ (n = 6) &= 2 \times (6)^2 = 72 \text{ elektron.} \end{aligned}$$

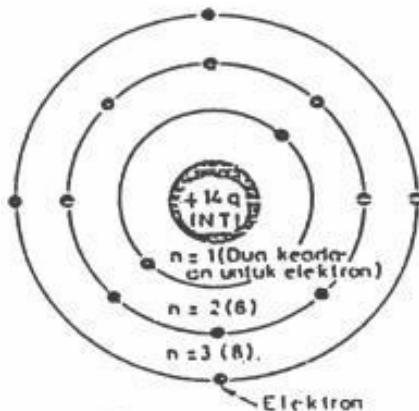
Contoh :

Aluminium ( Al ) dengan nomor atom ( NA ) = 13.



Gbr. II - 4. Jumlah kulit dan elektron atom Al.

Silikon ( Si ) dengan nomor atom ( NA ) = 14.



Gbr. II - 5. Jumlah kulit dan elektron atom Si.



Elektron yang terdapat pada kulit terluar disebut **Valensi**. Pada contoh diatas Atom Aluminium ( Al ) mempunyai nomor atom 13, menurut aturan pauli pengisiannya maksimum pada masing – masing kulit adalah:

$$\begin{aligned} \text{NA 13} &\longrightarrow \text{K} = 2 \text{ elektron.} \\ &\text{L} = 8 \text{ elektron.} \\ &\text{M} = 1 \text{ elektron.} \end{aligned}$$

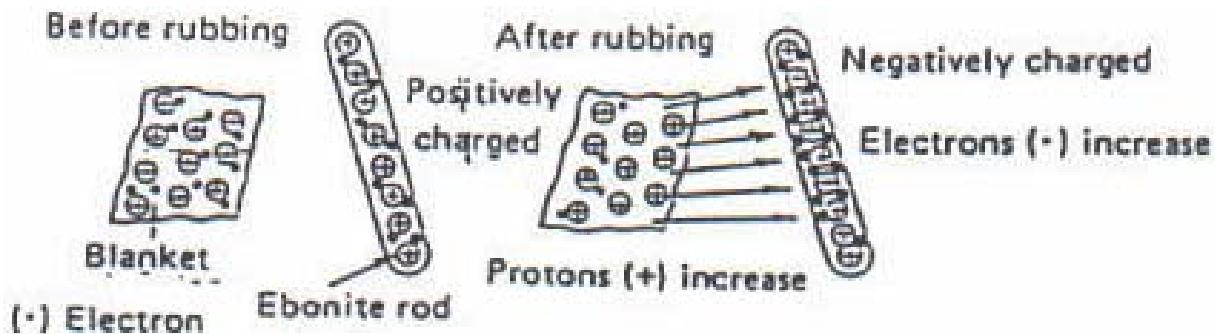
Berarti Atom Al mempunyai valensi 1. Atom yang valensi 1 ( elektron terluarnya  $< 4$  ) merupakan konduktor. Sedangkan silicon ( Si ) valensinya = 4. Atom Si meruoakan semi konduktor. Kalau isolator adaah atom yang mempunyai valensi  $> 4$ .

## 2. Listrik Statis

Listrik adalah peristiwa berpindah elektron – elektron bebas dari satu atom ke atom yang lain akibat pengaruh luar.

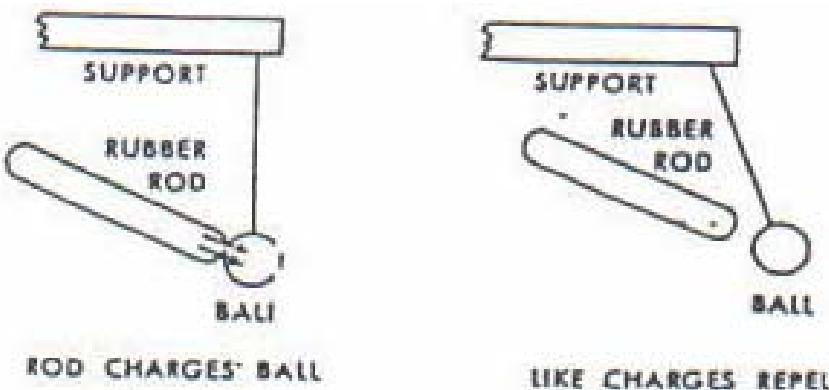
Kelistrikan yang disebabkan gesekan.

Bila sebatang ebonit. Digosok dengan kain wool, elektron – elektron bergerak dari wool dan berkumpul pada batang ebonit. Sehingga kain wool mempunyai sedikit elektron ( bermuatan positif ) dan batang ebonit mempunyai banyak elektron ( bermuatan negatif ). Lihat gambar berikut ini :



Gbr. II - 6. Timbulnya listrik oleh gesekan.

Bila batang tersebut disentuhkan ke pith ball ( inti bola ), maka beberapa “ elektron bebas ” pada batang berpindah ke bola. Bola akan menjadi bermuatan negatif ( - ), sedangkan batang tersebut juga masih menyimpan sebagian muatan negatifnya. Lihat pada gambar berikut ini :

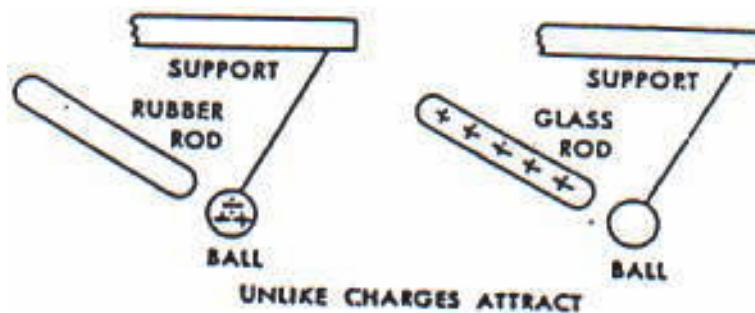


Gbr. II - 7. Gaya tolak menolak antara muatan yang sama.

Ketika batang tersebut digerakkan ke depan bola lagi, bola akan bergoyang ( menolak ) meninggalkan batang dan hal ini disebut dengan " like charge repel ".

Begini juga jika kedua batang dan ball tersebut bermuatan positif, maka kejadiannya akan sama.

Jika sebuah batang bermuatan begatif digerakkan ( didekatkan ) ke sebuah bola yang bermuatan positif, maka bola akan bergerak mendekati batang dan bila batang bermuatan positif ( + ) akan menarik bola yang bermuatan negatif. Kejadian ini disebut " Unlike Charges Attract ". Lihat gambar di bawah ini :



Gbr. II - 8. Gaya tarik menarik antara muatan positif dan negatif.

Pada konduktor ( kawat tembaga ) yang mempunyai muatan positif ( + ) di ujung yang satu dan bermuatan negatif ( - ) di ujung yang lain, maka proses perpindahan elektron – elektron dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr. II - 9. Aliran elektron dalam konduktor.



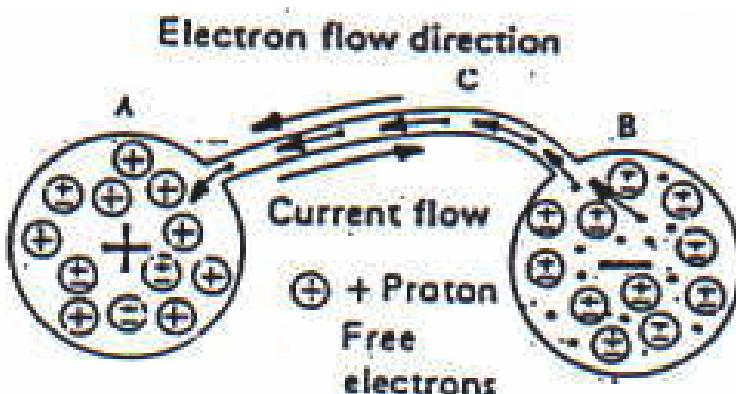
Arus elektron akan terus menerus selama muatan positif dan negatif dipertahankan pada masing – masing ujung kawat. Akibat adanya arus / aliran elektron yang terus menerus dari satu atom ke atom yang lain dalam sebuah konduktor menyebabkan timbulnya listrik ( arus listrik ).

Jadi yang dimaksud “ listrik ” adalah peristiwa berpindahnya elektron – elektron dari atom ke atom dalam sebuah konduktor.

## B. ARUS, TEGANGAN DAN HAMBATAN.

### 1. Arus ( I ).

Ketika dua konduktor ( A ) dan ( B ) diisi muatan positif dan negatif yang dihubungkan dengan kawat pengantar ( C ). Elektron – elektron bebas yang berada pada konduktor ( B ) akan ditarik oleh konduktor ( A ) ( yang bermuatan positif ) dan bergerak melalui kawat pengantar ( C ) dari muatan positif ( A ) ke muatan negatif ( B ). Arah aliran elektron mengalir dari muatan negatif ( B ) ke muatan positif ( A ). Seperti pada gambar berikut ini :



Gbr. II - 10. Hubungan antara arus listrik dan arah arus elektron bebas.

Coloumb ( Q ) adalah banyaknya muatan listrik ( elektron ) yang mengalir melalui suatu titik pada pengantar.

$$1 \text{ Q} = 6,28 \times 10^{18} \text{ elektron.}$$

Arus adalah jumlah muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik tertentu selama satu detik.

$$I = Q/t \quad \text{Coloumb/detik.}$$

$$\begin{array}{ll} I = \text{Arus} & (\text{Ampere}). \\ Q = \text{Muatan listrik} & (\text{Coloumb}). \\ t = \text{Waktu} & (\text{detik}). \end{array}$$



satuan arus listrik adalah coloumb perdetik atau “ Ampere ” ( A ).

$$\begin{aligned} I ( A ) &= 1000 ( \text{mA} ) = 10^3 ( \text{mA} ). \\ I ( \text{mA} ) &= 1000 ( \mu\text{A} ) = 10^3 ( \mu\text{A} ). \\ I ( A ) &= 10^6 ( \mu\text{A} ). \end{aligned}$$

## 2. Tegangan ( V ).

Tegangan adalah gaya yang mengakibatkan terjadinya arus listrik. Terjadinya tegangan akibat beda / selisih potensial dan dikatakan ada tegangan ( voltage ).

Arus listrik akan mengalir dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah. Satuan tegangan listrik disebut “ Volt ” dan disimbolkan “ V ”.

$$\begin{aligned} 1 ( \text{MV} ) &= 1000 ( \text{KV} ). \\ 1 ( \text{KV} ) &= 1000 ( \text{V} ). \\ 1 ( \text{V} ) &= 1000 ( \text{mV} ). \end{aligned}$$

## 3. Hambatan ( R ) dalam penghantar.

Kawat tembaga pad umunya digunakan untuk menghantarkan arus listrik karena kawat tembaga, hambatan terhadap aliran listriknya kecil. Lihat gambar berikut ini :



Gbr. II - 11. Gambaran umum hambatan listrik dalam konduktor.

Ketika elektron bebas berjalan melalui sebuah logam, elektron – elektron itu melambung melawan molekul, yang akan memperlambat kecepatan jalannya. Sifat yang menghambat aliran arus listrik ini umumnya disebut “ Electric Resistance ” atau “ Resistance ” ( hambatan ).

Satuan dari hambatan adalah ohm dan diberi simbol (  $\Omega$  ). Hambatan suatu penghantar dikatakan mempunyai nilai 1 bila besarnya hambatan tersebut menyebabkan mengalirnya arus sebesar satu ampere, bila pada kedua ujung kawat penghantar tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan sebesar satu volt ( pada temperatur konstan ).



adapun harga hambatan pada sebuah penghantar dipengaruhi oleh bahan penghantar, luas penampang panghantar, serta temperatur. Besarnya harga hambatan suatu penghantar dapat dihitung dengan rumus :

$$R = L \frac{\rho}{A}$$

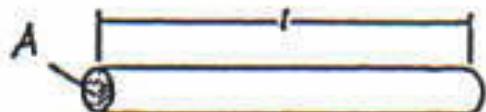
Dimana :

$R$  = Hambatan ( ohm ).

$\rho$  = Tahanan jenis ( ohm meter ).

$L$  = Panjang kawat ( meter ).

$A$  = Luas penampang kawat (  $m^2$  ).



Gbr. II - 12. Ukuran dan hambatan sebuah konduktor.

Tahanan jenis ( $r$ ) setiap material berbeda - beda. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Material	$\rho$ ( $\Omega.cm$ ) at 20 °C	Material	$\rho$ ( $\Omega.cm$ ) at 20 °C
Cooper, ( pure soft )	$1.724 \times 10^{-6}$	Gold	$2.2 \times 10^{-6}$
Cooper, Hard drawn steel, low carbon	$1.777 \times 10^{-6}$	Lead	$20.0 \times 10^{-6}$
Cast iron	$9.96 \times 10^{-6}$	Mercury	$95.1 \times 10^{-6}$
Aluminum ( soft )	$19.1 \times 10^{-6}$	Silver	$1.59 \times 10^{-6}$
Aluminum ( hard )	$2.73 \times 10^{-6}$	Zinc	$6.21 \times 10^{-6}$
Nickel ( 100 % pure )	$2.83 \times 10^{-6}$	Nichrome	$100.0 \times 10^{-6}$
	$10.4 \times 10^{-6}$	Manganin	$47.8 \times 10^{-6}$

Gbr. II - 13. Tabel tahanan jenis material.

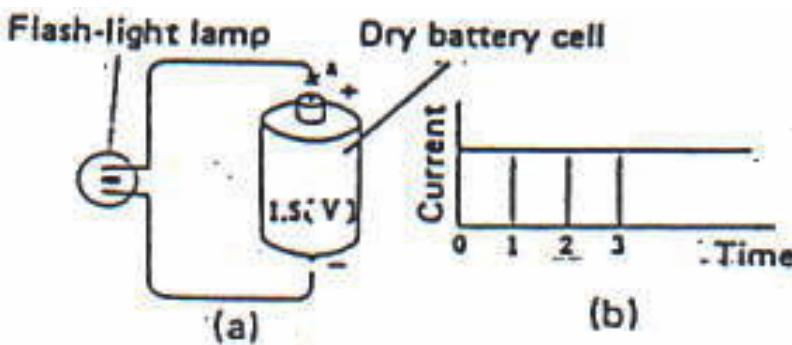
## C. ARUS SEARAH DAN ARUS BOLAK - BALIK.

### 1. Arus Searah ( Direct Current ).

Arus searah ( DC ) adalah arus yang mengalir dalam arah yang tetap ( konstan ). Dimana masing - masing terminal selalu tetap polaritasnya. Misalkan sebagai kutub ( + ) selalu menghasilkan polaritas positif dan pada kutub yang lainnya, kutub ( - ) dan selalu menghasilkan polaritas negatif.



Sebagai contoh sumber Arus yang menghasilkan arus searah ( DC ) adalah Battery, Accu, Dynamo dan lain - lain. Lihat gambar berikut ini :

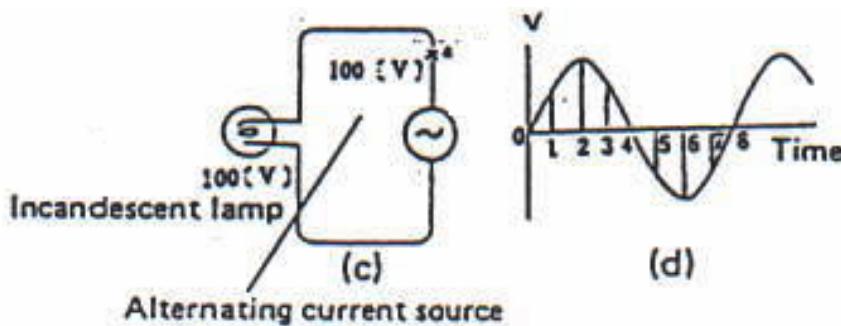


Gbr. II - 14. Rangkaian arus searah dan bentuk gelombangnya.

Battery ( Dry Battery Cell ) dihubungkan sebuah lampu. Kemudian pada titik ( a ) dipasang osiloskop, akan didapatkan bentuk gelombang yang rata. Seperti pada gambar I - 14 ( b ). Arus yang demikian disebut " Direct Current " yang disingkat dengan DC.

## 2. Arus Bolak - balik ( Alternating Current ).

Arus bolak - balik ( AC ) adalah arus yang mengalir dalam arah yang berubah - ubah. Dimana masing - masing terminal polaritasnya selalu berubah - ubah. Dalam waktu tertentu bisa menjadi positif dan bisa berubah - ubah lagi menjadi negatif. Contoh sumber arus yang menghasilkan arus bolak - balik adalah alternator ( AC generator ), PLN dan lain - lain. Lihat gambar berikut ini :



Gbr. II - 15. Rangkaian arus bolak - balik dan bentuk gelombangnya.



Arus dari akternator ( ASC generator ) dihubungkan ke sebuah lampu. Pada titik ( a ) dipasang asiloskop, maka akan didapatkan bentuk gelombang yang berubah - ubah dari positif ke negatif dalam waktu tertentu. Seperti terlihat pada gambar I - 15 ( d ). Arus yang demikian ini disebut " Alternating Current " dan disingkat dengan AC.

## D. SIRKUIT ARUS SEARAH.

### 1. Hukum Ohm.

Bunyi Hukum Ohm adalah :

" Arus ( I ) yang mengalir melalui dua titik " a " dan " b " dalam suatu konduktor ( kawat penghantar ) adalah berbanding lurus dengan tegangannya dan berbanding terbalik dengan hambatannya ( R ).

Kalau dirumuskan :

$$I = \frac{V}{R}$$

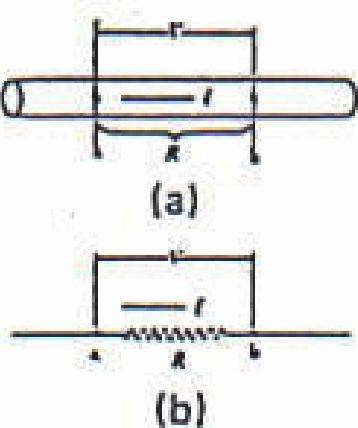
Dimana :

I = Arus yang mengalir ( Ampere ).

V = Tegangan ( Volt ).

R = Hambatan ( Ohm ).

Lihat gambar berikut ini :

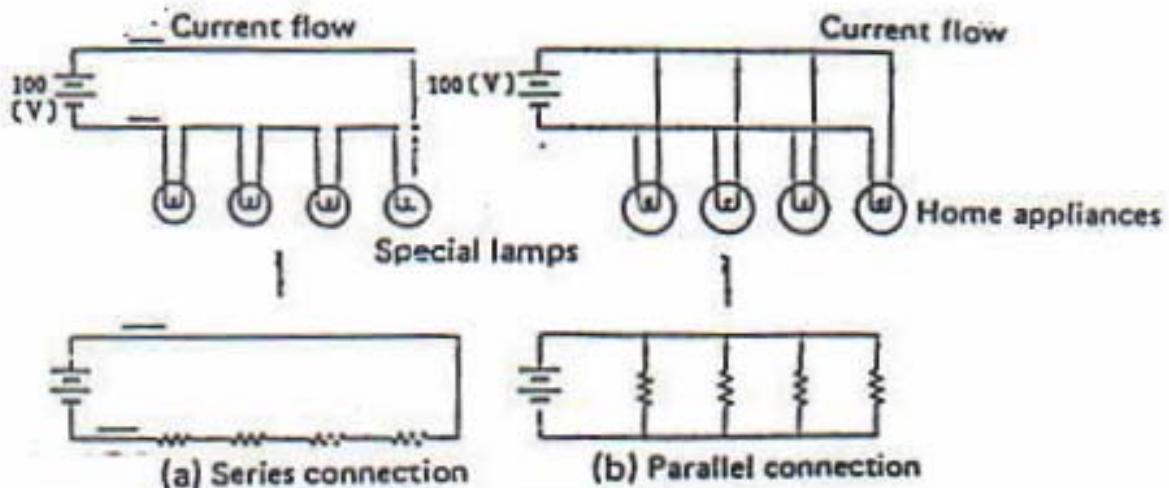


Gbr. II - 16. Hukum Ohm.



## 2. Hubungan – hubungan resistor.

Hambatan ( Resistance ) di dalam sirkuit dapat dihubungkan secara “ Serie ”, Parallel “ dan Gabungan Serie – Parallel ”. Khusus lampu – lampu tegangan rendah dirangkaian bersama – sama menjadi satu filamen panjang. Seperti dalam sebuah rangkaian lampu – panmu [pohon natal ( Gbr. I – 15a ). Lampu – lampu itu dalam hubungan serie. Sedangkan pemakaian di rumah, seperti hubungan parallel. Lihat gambar berikut ini :



Gbr. II - 17. Hubungan – hubungan resistor.

## 3. Sirkuit Serie.

### a. Tegangan ( voltage ).

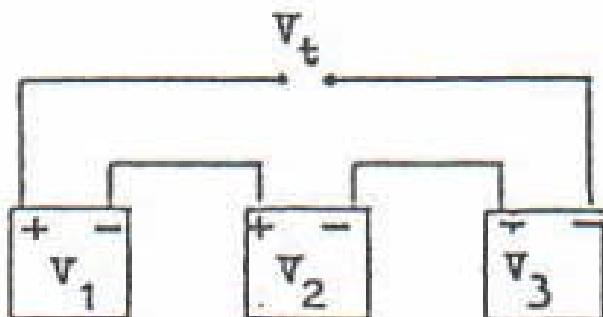
Tegangan kalau diserie akan berlaku rumus :

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

Dimana :

$V$  = Voltage total serie.

$V_{1-n}$  = Voltage masing -masing.



Gbr. II - 18. Tegangan pada hubungan serie.

**b. Hambatan ( Resistansi ).**

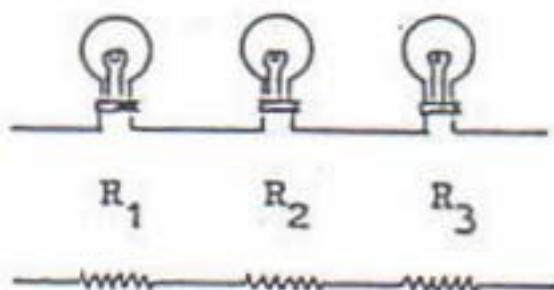
Hambatan dirangkaikan serie akan berlaku rumus :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

Dimana :

$R_t$  = Hambatan total serie.

$R_t - n$  = Hambatan masing – masing.



Gbr. II - 19. Hambatan pada hubungan serie.

**c. Arus.**

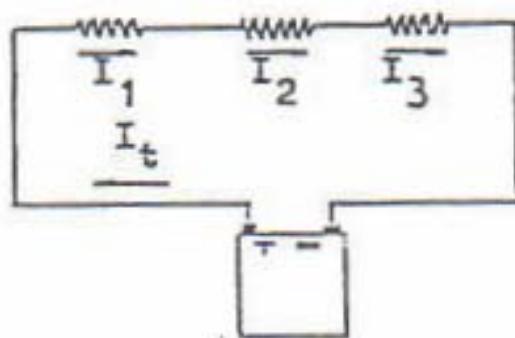
Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian serie dirumuskan dengan :

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

Dimana :

$I_t$  = Arus total.

$I_{t-n}$  = Arus masing – masing rangkaian.



Gbr. II - 20. Arus pada hubungan serie.

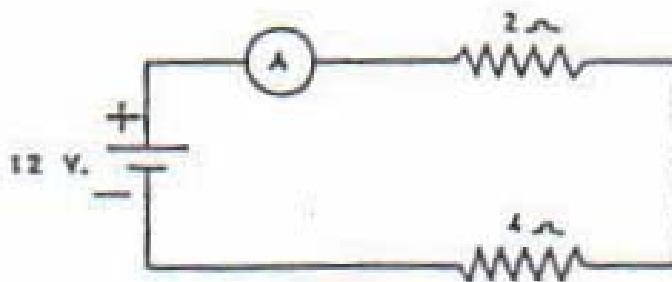


Contoj 1. Sirkuit Serie.

Diketahui : Sebuah sumber 12 volt dihubungkan serie dengan dua buah hambatan masing – masing 2 ohm dan 4 ohm.

Hitung : a. Berapa besarnya arus yang mengalir dari sumber?  
b. Berapa besarnya voltage yang hilang ( voltage drop ) pada masing – masing hambatan ?

Jawab :



Gbr. II - 21. Contoh hubungan serie.

$$R_t = 2 + 4 = 6 \text{ ohm.}$$

a.  $I_t = V/R_t = 12/6 = 2 \text{ Ampere.}$

b.  $V_d1 = I_t \times R_1 = 2 \times 2 = 4 \text{ volt.}$

$$V_d2 = I_t \times R_2 = 2 \times 4 = 8 \text{ volt.}$$

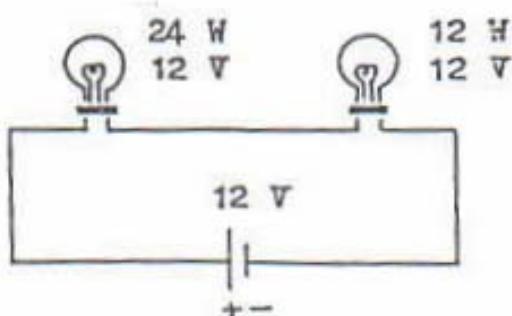
Besarnya volatge drop pada hambatan yang dihibukan serie adalah tergantung besarnya arus yang mengalir dan besarnya hambatannya.

Contoj 2. Sirkuit Serie.

Diketahui : Sebuah sumber 12 volt dihubungkan serie dengan dua buah hambatan masing – masing 24 w/12 v dan 12 w/12 v.

Hitung : Berapa tenaga masing – masing lampu tersebut ?

Jawab :



Gbr. II - 22. Contoh hubungan serie.



Lampu 1 :

Arus yang diminta :  $IL1 = WL1/VL1 = 24/12 = 2$  ampere  
Hambatan lampu 1 :  $RL1 = VL1/IL1 = 12/2 = 6$  ohm.

Lampu 2 :

Arus yang diminta :  $IL2 = WL2/VL2 = 12/2 = 1$  ampere  
Hambatan lampu 2 :  $RL2 = VL2/IL2 = 12/1 = 12$  ohm.

$$Rt = RL1 + RL2 = 6 + 12 = 18 \text{ ohm.}$$

$$It = Vt/Rt = 12/18 = 0.66 \text{ Ampere.}$$

$$W1 = ( It )^2 \times RL1$$

$$= ( 0.66 )^2 \times 6$$

$$W1 = ( It )^2 \times RL1$$

$$= ( 0.66 )^2 \times 12$$

#### 4. Sirkuit Parallel.

##### a. Tegangan ( voltage ).

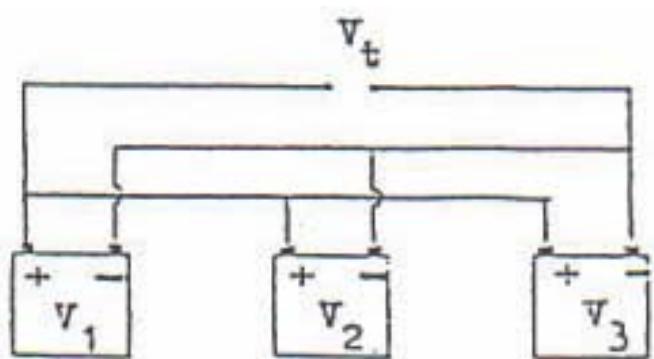
Tegangan sumber dirangkai parallel berlaku rumus :

$$Vt = V1 = V2 = V3 = \dots Vn$$

Dimana :

$Vt$  = Tegangan total parallel.

$V1 - n$  = Tegangan masing - masing sumber.



Gbr. II - 23. Tegangan pada hubungan parallel.

**b. Hambatan ( resistansi ).**

Hambatan dirangkaikan secara parallel akan berlaku rumus :

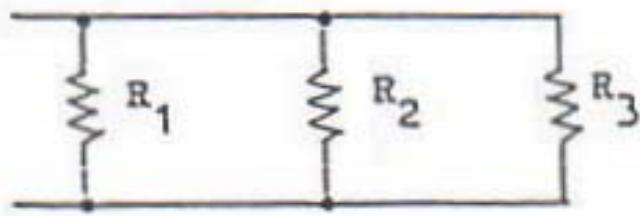
$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots 1/R_n$$

Dimana :

$R_t$  = Hambatan total parallel.

$R_1 - n$  = Hambatan masing - masing sumber.

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots 1/R_n$$



Gbr. II - 24. Hambatan pada hubungan parallel.

**c. Arus.**

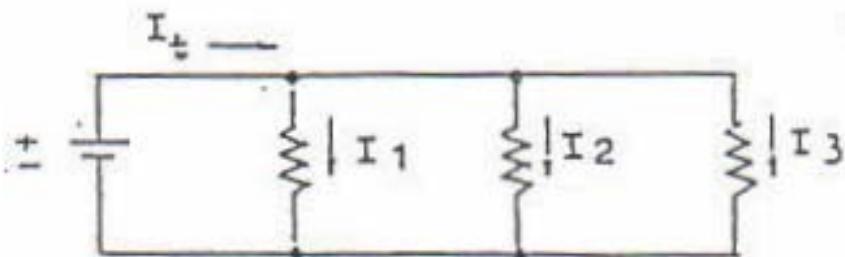
Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian parallel dirumuskan dengan :

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \dots I_n$$

Dimana :

$I_t$  = Arus total parallel.

$I_1 - n$  = Arus yang masing - masing rangkaian.



Gbr. II - 25. Arus pada hubungan parallel.

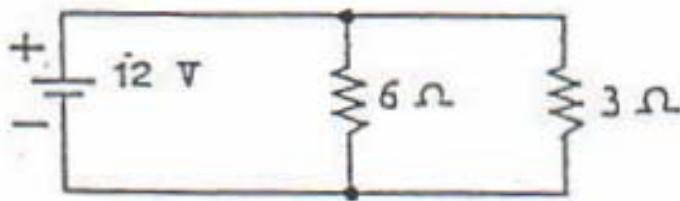


Contoh 1. Sirkuit Parallel.

Diketahui : Sebuah sumber 12 volt dihubungkan parallel dengan dua buah resistor masing – masing besarnya 6 ohm dan 3 ohm.

Hitung : a. Berapa besarnya arus yang mengalir dari sumber ?  
b. Berapa besarnya arus yang mengalir di masing – masing resistor ?

Jawab :



Gbr. II - 26. Contoh hubungan parallel.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6}$$

$$R_t = 6/3 = 2 \text{ ohm.}$$

a.  $I_t = V/R_t = 12/2 = 6 \text{ Ampere.}$

b.  $I_1 : I_2 = R_2 : R_1 = 3 : 6$

$$I_1 = 3/9 \times 6 = 2 \text{ Ampere}$$

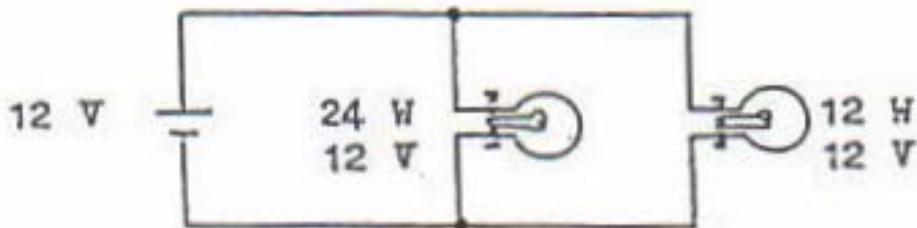
$$I_2 = 6/9 \times 6 = 4 \text{ Ampere}$$



Contoh 2. Sirkuit Parallel.

Diketahui : Sebuah sumber 12 volt dihubungkan parallel dengan dua buah lampu masing – masing 24 W / 12 V dan 12 W / 12 V.  
Hitung : Tenaga pada masing - masing lampu !

Jawab :



Gbr. II - 27. Contoh hubungan parallel.

Lampu 1 :

Arus yang diminta :  $IL1 = WL1/VL1 = 24/12 = 2$  ampere

Tahanan lampu 1 :  $RL1 = VL1/IL1 = 12/2 = 6$  ohm.

Lampu 2 :

Arus yang diminta :  $IL2 = WL2/VL2 = 12/2 = 1$  ampere

Hambatan lampu 2 :  $RL2 = VL2/IL2 = 12/1 = 12$  ohm.

$$1/Rt = 1/6 + 1/12 + 2/12 + 1/12 = 3/12$$

$$Rt = 12/3 = 4 \text{ ohm.}$$

$$It = 12/4 = 3 \text{ Ampere.}$$

$$IL1 : IL2 = R2 : R1 = 12 : 6$$

$$IL1 = 12/18 \times 3 = 2 \text{ Ampere}$$

$$IL2 = 6/18 \times 3 = 1 \text{ Ampere}$$



Tenaga pada :

Lampu 1 :

$$\begin{aligned}W_1 &= (I L_1)^2 \times R_1 \\&= 2^2 \times 6 \\W_1 &= 24 \text{ watt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_2 &= 1^2 \times 12 \\&= 12 \text{ watt.}\end{aligned}$$

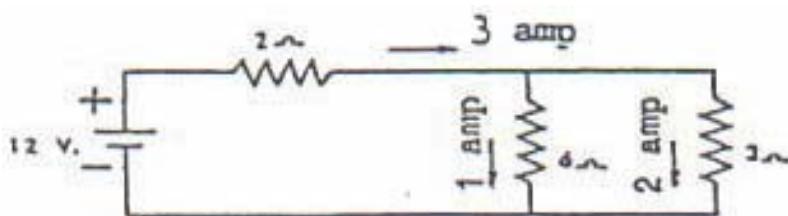
### 5. Sirkuit Gabungan ( Serie - Parallel ).

Dalam sirkuit gabungan ( serie - parallel ) untuk menghitung tahanan total arus yang mengalir dan tegangannya, memakai rumus gabungan serie parallel. Cara menghitung yang paling mudah, diselesaikan dulu rangkaian parallelnya dan kemudian diselesaikan rangkaian seluruhnya serie.

Contoh sirkuit gabungan serie - parallel.

Diketahui : Sebuah sumber 12 volt dihubungkan dengan 3 buah resistor ( Lihat Gbr. 14 ).

Hitung : a. Berapa besarnya arus yang mengalir dari sumber ?  
b. Berapa besarnya arus yang mengalir pada R1 dan R2 ?  
c. Berapa besarnya voltage drop pada masing - masing resistor ?



Gbr. II - 28. Hubungan serie - parallel.



Jawab :

$$1/R_{2,3} = 1/6 + 1/3 = 3/6$$

$$R_{2,3} = 6/3 = 2 \text{ ohm.}$$

$$R_t = r_1 + R_{2,3} = 2 + 2 = 4 \text{ ohm.}$$

a.  $I_t = Vt/R_t = 12/4 = 3 \text{ Ampere.}$

b.  $I_2 : I_3 = R_3 : R_2 = 3 : 6$

$$I_2 = 3/9 \times 3 = 1 \text{ Ampere}$$

$$I_3 = 6/9 \times 3 = 2 \text{ Ampere}$$

c. Voltage drop pada  $R_1$  :

$$V_{d1} = I_t \times R_1 = 3 \times 2 = 6 \text{ volt}$$

$$V_{d2,3} = I_t \times R_{2,3} = 3 \times 2 = 6 \text{ volt}$$

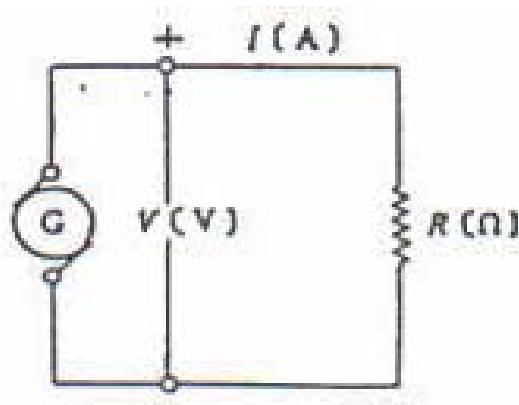
Besarnya voltage drop pada hambatan yang dihubungkan parallel adalah sama meskipun hambatan yang diparalelkan berbeda - beda.

## E. TENAGA LISTRIK.

### 1. Tenaga.

Jumlah dari usaha listrik yang dihasilkan atau dihilangkan adalah ditetapkan sesuai dengan usaha yang digunakan dalam periode waktu satu detik. Satuan tenaga listrik adalah " watt " disingkat ( W ).

1 watt menunjukkan tenaga yang membutuhkan arus sebesar 1 A pada tegangan 1 V dalam setiap detik. Sebagai contoh lihat gambar berikut ini :



Gbr. II - 29. Pembebanan pada DC generator.

Sebuah DC generator ( G ) menghasilkan tegangan V melewati beban R (  $\Omega$  ) untuk menghasilkan arus I ( Ampere ) melalui beban R, maka tenaga ( P ) :



$$\begin{aligned}P &= V \cdot I \text{ ( W )} \\&= ( R \cdot I ) \cdot I = RI^2 \text{ ( W )}\end{aligned}$$

Dimana :

P = Tenaga listrik ( watt ).

V = Tegangan ( Volt ).

I = Arus ( Ampere )

Tenaga ( P ) ini disediakan oleh generator ( G ). Kemudian tenaga yang dihasilkan oleh generator G dapat disimbolkan  $P_o$ .  $P_o = P = V \cdot I \text{ ( W )}$  ( kerugian dalam generator dan sirkuit dianggap nol ).

Horse power ( HP ) digunakan sebagai satuan tenaga mekanik, jika dikonversikan ke tenaga listrik :

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ ( W )} \text{ ( Foot Pound HP )}$$

$$1 \text{ PS} = 735 \text{ ( W )} \text{ ( Metrik Horse Power )}$$

## 2. Jumlah Tenaga Listrik ( Energi Listrik ).

Tenaga listrik adalah jumlah dari kemampuan kerja listrik dalam setiap satuan waktu ( detik ). Jumlah tenaga listrik diartikan salah satu jumlah usaha listrik yang dihasilkan atau ditetapkan dalam periode tertentu.

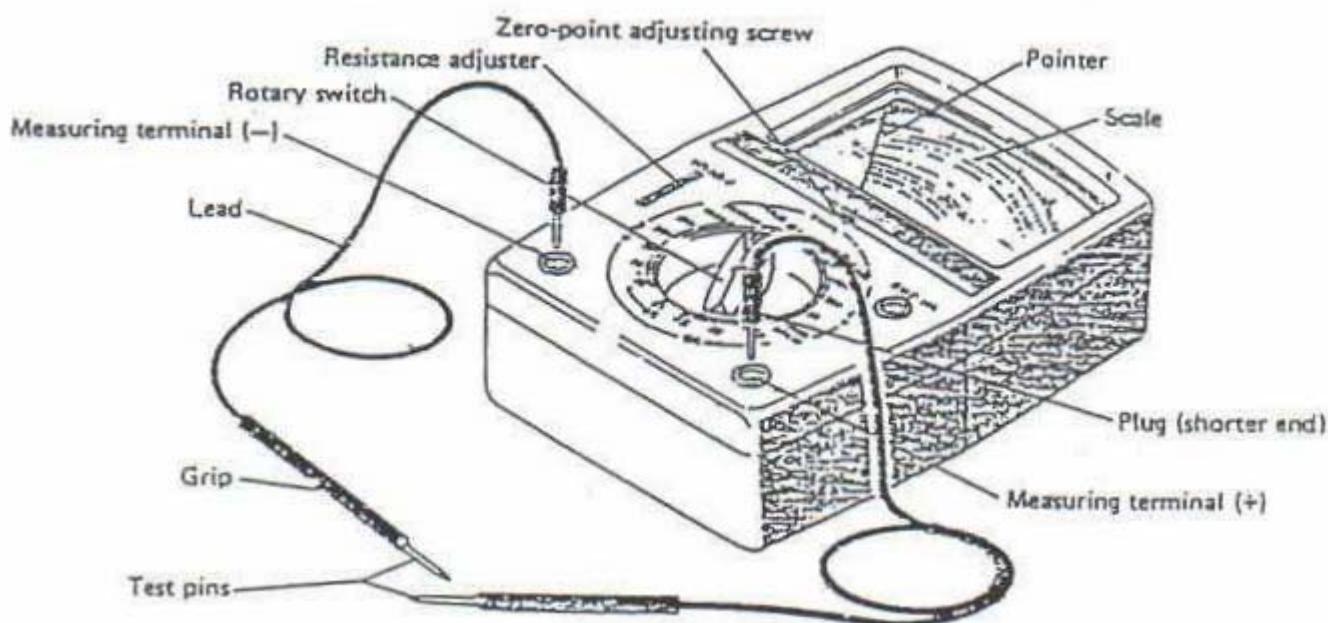
Jumlah tenaga listrik = Tenaga listrik x waktu ( Energi listrik ).

Satuan energi listrik adalah watt detik disingkat dengan ( WS ) atau joule ( J ) jika jumlah pengukuran besar satuan yang digunakan ( Wh ) Watt – jam.

## 3. Panas Joule.

Joule menemukan bahwa tenaga listrik yang dipakai dalam sebuah hambatan berubah semuanya menjadi panas. Penemuan ini disebut " Hukum Joule "

Panas yang dihasilkan berasal dari aliran listrik dalam sebuah hambatan dan disebut " Panas Joule " dan  $1 \text{ ( WS )} = 1 \text{ joule}$ .





## A. PENDAHULUAN.

Pada semua barang yang ditentukan mempuhyai ukuran besar kecil, panjang - pendek, kuat - lemah dan sebagainya. Untuk menetukan satu barang dapat dikatakan besar, lebih besar ataupun lebih besar lagi tentu masih kurang akurat dan penilaianya setiap orang akan berbeda.

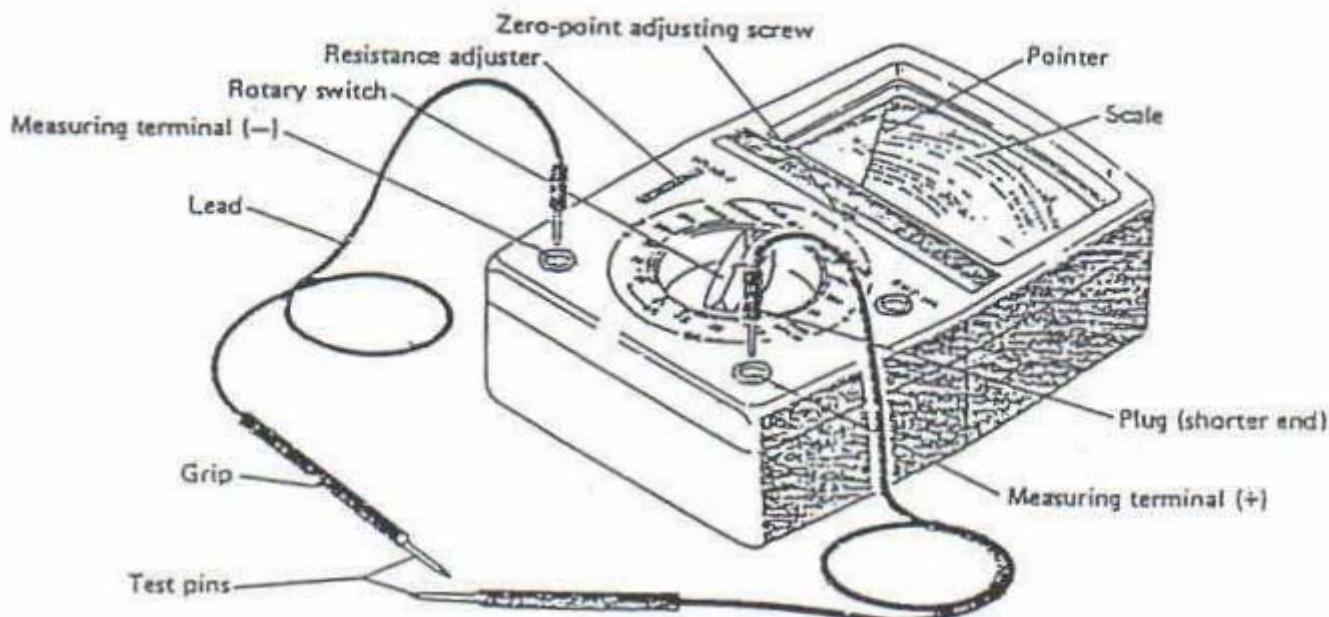
Dalam hal ini untuk mengatasi masalah - masalah tersebut diperlukan suatu standar yang sama untuk menentukan ukuran dari barang yaitu : Dengan menggunakan alat ukur. Jadi dapat disimpulkan bahwa alat ukur adalah merupakan alat pembanding yang standar.

Pada umumnya satu alat ukur hanya digunakan untuk mengukur satu - satuan ukur saja, tetapi ada juga satu alat ukur digunakan untuk mengukur beberapa satuan ( Contoh : Ampere, volt meter dan Ohm meter yang sering disebut multi tester ( Avometer ).

## B. AVOMETER.

Avometer adalah alat ukur yang multi guna untuk mengukur ( Ampere, Volt, Ohm ) dan sebagian orang menyebut Multi Tester.

### Bentuk dan Bagian - bagiannya.

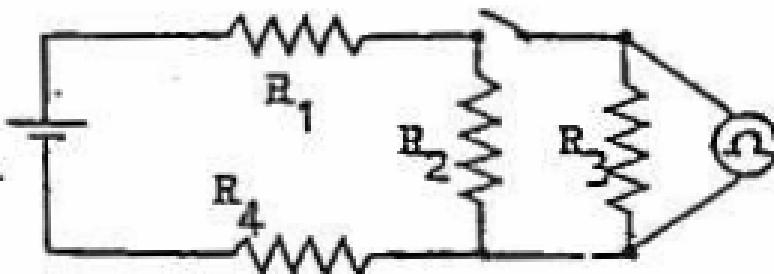


Gbr. III - 1. Avometer.



### C. MENGIKUR HAMBATAN / TAHANAN ( OHM METER ).

- ▶ Pastikan bahwa hambatan yang akan diukur tidak dialiri arus dan tidak mempunyai hubungan dengan hambatan yang lain.
- ▶ Posisikan selektor ( rotary switch ) pada skala Ohm.
- ▶ Set pointer pada posisi 0 ( nol ) dengan menyetel zero ohm adjuster ( kedua test pin dihubungkan )
- ▶ Pasang Ohm meter parallel dengan hambatan yang akan diukur.
- ▶ Pembacaan besarnya hambatan yang diukur adalah sesuai dengan skala pada selektor dan pointernya.



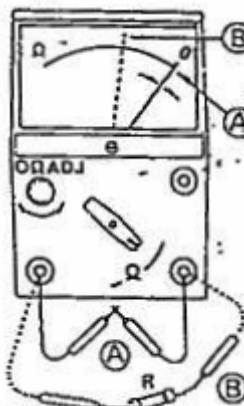
Gbr. III - 2. Mengukur hambatan R3.

#### □ Cara setting pointer 0.

Pengukuran hambatan diberi tenaga oleh battery pada bagian dalam. Batterynya aus oleh karena hasil pemakaian menyebabkan kesalahan membaca nilai yang diukur. Untuk pembacaan yg benar dari hambtan kesensitipan dari indikator harus disetel menurut voltage yang disalurkan battery. Inilah yang dinamakan penyetelan 0 - ohm untuk indicator untuk membaca 0Ω pada skala penuh.

Hal tersebut disetel sebagai berikut : Seperti yang ditunjukan pada Gbr.6 jarak pilih diletakkan pada jarak ukur yang dipergunakan.

Dengan + dan - COM terminalnya dihubungkan singkatan secara bersama, jarumnya yang sedang bergerak ke arah 0Ω disetel dengan memutar 0Ω ADJ ke kanan atau ke kiri untuk meletakkannya tepat pada 0 di sebelah kanan dari skala. Jarumnya harus disetel setiap kali skalanya dipindahkan.

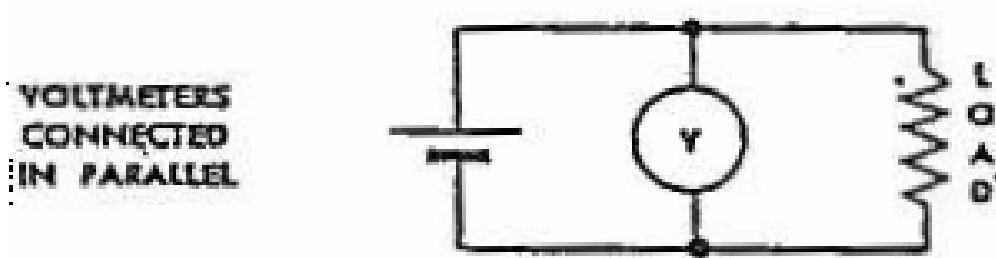


Gbr. III - 3. Setting meter.



#### D. MENGIKUR TEGANGAN ( VOLT METER ).

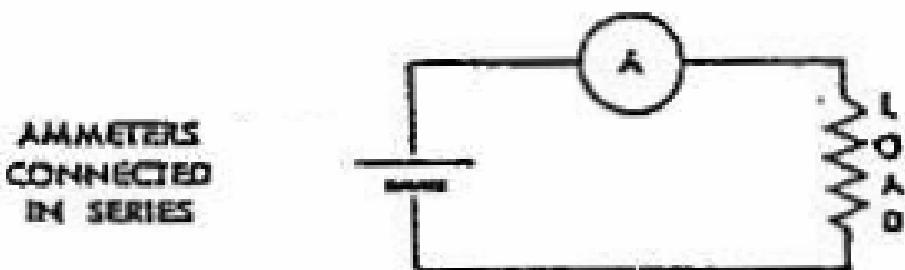
- Mengetahui kira - kira besarnya tegangan yang akan diukur.
- Mengetahui sumber tegangannya DC atau AC. Bila sumbernya adalah DC maka harus diketahui kutub ( + ) atau kutub ( - ).
- Posisikan selektor ( rotary switch ) pada skala volt ( DC volt atau AC volt ).
- Posisikan skala selektor diatas atau lebih besar dari tegangan yang akan diukur.
- Set pointer pada posisi 0 ( nol ) dengan menyetel zero point adjusting screw.
- Pasang volt meter parallel dengan sirkuit yang akan diukur.
- Pembacaan besarnya tegangan yang akan diukur adalah sesuai dengan skala pada selektor ( rotary switch ).



Gbr. III - 4. Mengukur tegangan.

#### E. MENGIKUR ARUS ( AMPERE METER ).

- Mengetahui kira - kira besarnya arus yang akan diukur.
- Mengetahui sumber tegangannya DC atau AC. Bila sumbernya adalah DC maka harus diketahui kutub ( + ) atau kutub ( - ). Pada umumnya Avometer hanya untuk mengukur arus DC yang kecil ( 0 - 500 mA ).
- Posisikan selektor ( rotary switch ) pada skala Ampere.
- Set pointer pada posisi 0 ( nol ) dengan menyetel zero point adjusting screw.
- Pasang Ampere meter serie dengan sirkuit yang akan diukur.
- Pembacaan besarnya arus yang akan diukur adalah sesuai dengan skala pada selektor ( rotary switch ).

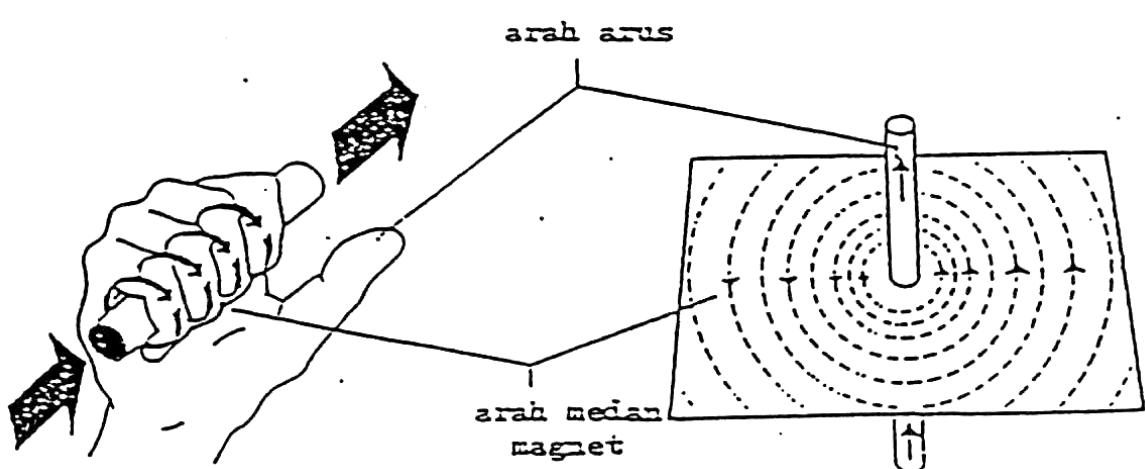
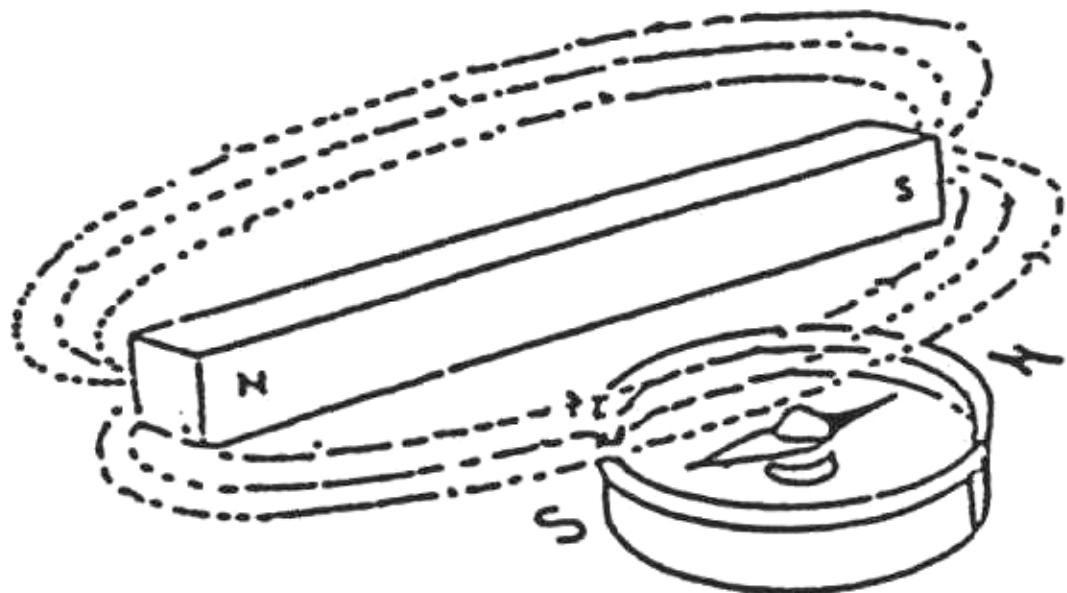


Gbr. III - 5. Mengukur arus.



## F. PENGGUNAAN / PERAWATAN.

- ▶ Pilihlah jarak pengukuran yang tepat. Contoh untuk mengukur tegangan battery kering 1.5 volt, gunakan skala ukur DC 2.5 V.
- ▶ Mengukur nilai yang tidak diketahui,mulailah dengan jarak ukur yg tertinggi. Sesudahnya, rotary switch bisa diatur untuk mendapatkan ketepatan bacaan.
- ▶ Hindari avometer dari guncangan / getaran dan jangan disimpan di temperatur tinggi atau kelembaban tinggi.
- ▶ Hindarilah avometer terbakar karena salah aplikasi.
- ▶ Jika penyetelan 0 ohm tidak didapat, gantilah batterynya ( 2 x 1.5 volt ).
- ▶ Jika penyetelan 0 ohm tidak didapat pada jarak ukur x 10, gantilah batterynya ( 1 x 9 volt ).
- ▶ Fuse akan putus bila Ac 100 v atau lebih secara tidak sengaja disalurkan ke tester dengan skala selector switch pada posisi pengukuran arus. Gantilah dengan fuse cadangan.





## A. PENGERTIAN KEMAGNETAN.

Magnet adalah sebuah benda logam yang mempunyai sifat menarik benda-benda besi.

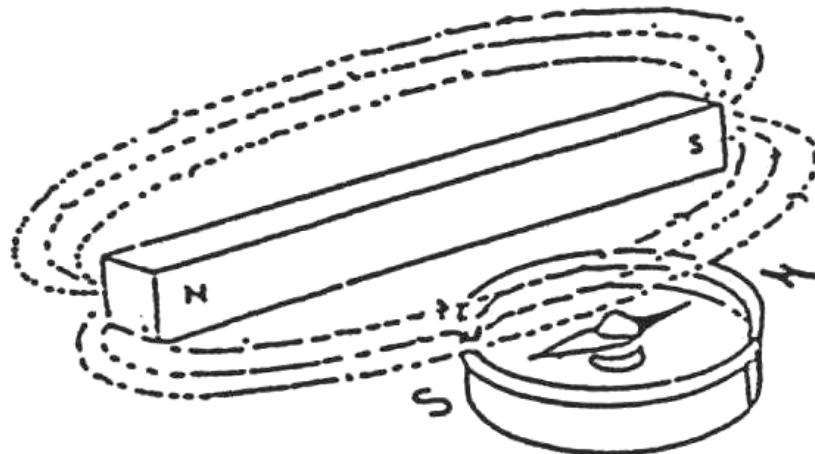
Terdapat 2 ( dua ) macam magnet, yaitu :

1. Magnet Alam.
2. Magnet Buatan.

Magnet alam adalah magnet yang terdapat pada batu besi magnet. Magnet buatan adalah besi dengan cara tertentu dibuat menjadi magnet. Pada magnet buatan, bila dapat menyimpan kemagnetannya dengan baik ( lama ) di sebut Magnet Permanen, sedangkan bila dapat menyimpan kemagnetan hanya sementara disebut Remanen Magnet.

## B. SIFAT - SIFAT MAGNET.

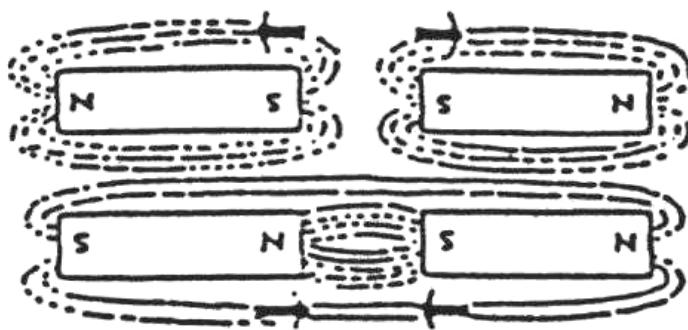
1. Pada ujung - ujung sebuah magnet terdapat kutub utara ( N pole ) dan kutub selatan ( S pole )



Gbr IV - 1. Garis gaya magnet mengarah dari kutub N ke kutub S.



2. Kutub - kutub yang senama akan saling tolak - menolak, sedangkan kutub - kutub yang tidak senama akan saling tarik menarik.



Gbr IV - 2. Gaya-gaya magnet diantara kutub - kutub magnet batang.

3. Kemagnetan yang terkuat terdapat pada ujung - ujungnya.



Gbr IV - 3. Kekuatan pada ujung-ujung magnet.

4. Magnet mempunyai garis-garis gaya magnet yang :

- a. Diluar magnet mengarah ke kutub utara ( N pole ) ke kutub selatan ( S pole ), sedangkan di dalam magnet mengarah dari kutub selatan ( S pole ) ke kutub utara ( N pole ).



Gbr IV - 4. Arah garis gaya magnet.



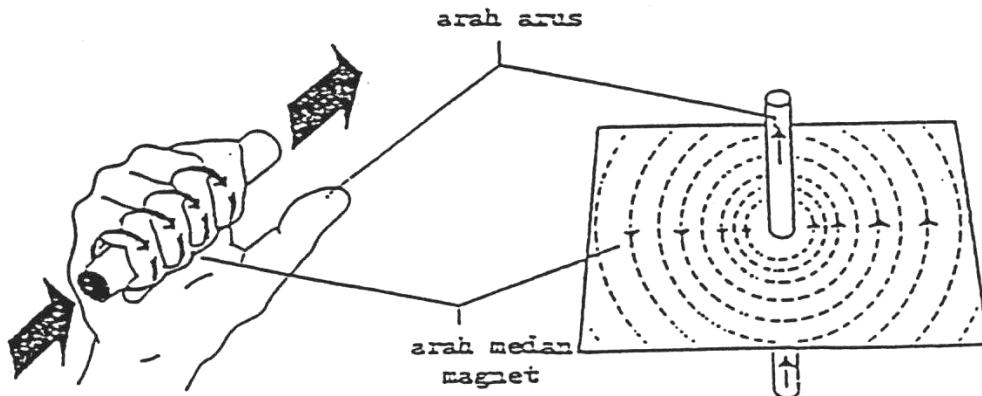
## C. ELECTROMAGNET.

### 1. Pengertian Electromagnet.

Electromagnet adalah medan magnet yang ditimbulkan oleh adanya aliran arus listrik pada sebuah konduktor atau coil.

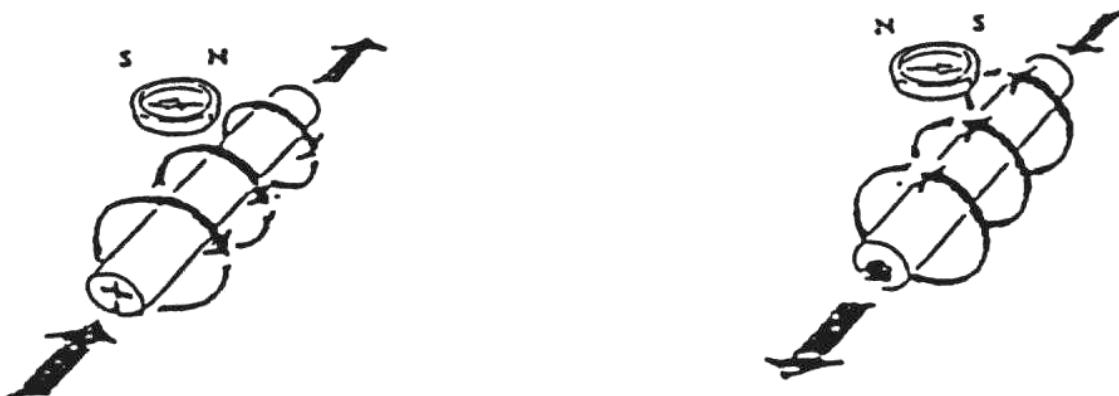
### 2. Sifat - sifat Electromagnet.

- Bila sebuah konduktor dialiri arus listrik, maka disekeliling konduktor akan timbul medan magnet dapat ditentukan menurut aturan tangan kanan.



Gbr IV - 5. Kaidah tangan kanan dan bentuk lingkaran medan magnet pada konduktor yang dialiri arus listrik

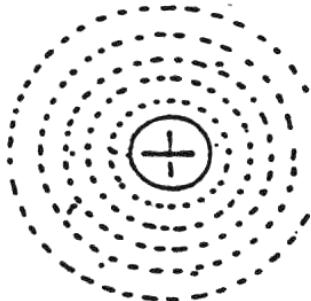
- Arah medan magnet yang timbul tergantung dari arah arus yang melewati konduktor tersebut. Arah medan magnet akan berbalik, bila arah arus yang melewati konduktor tersebut berbalik.



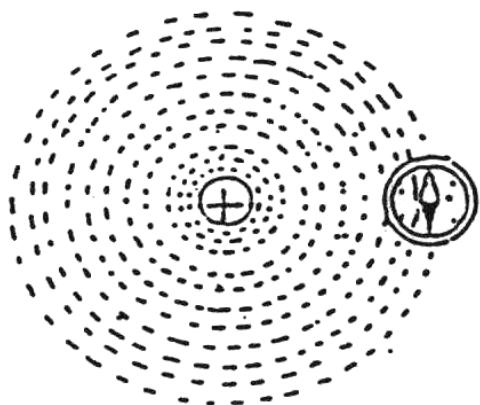
Gbr IV - 6. Arah medan magnet berubah bila arah arus berubah.



- c. Makin besar arus yang mengalir, makin besar medan magnet yang timbul.



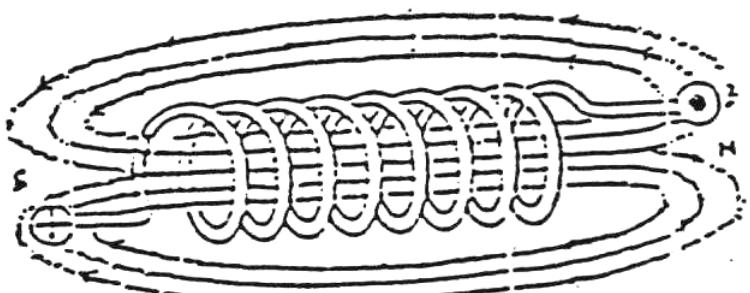
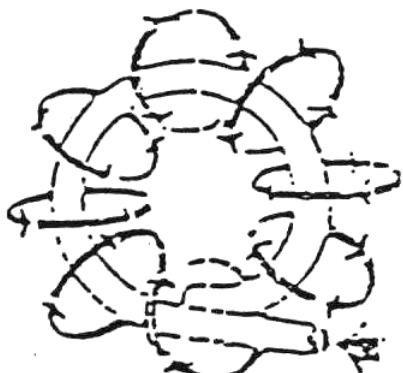
1 Ampere



2 Ampere

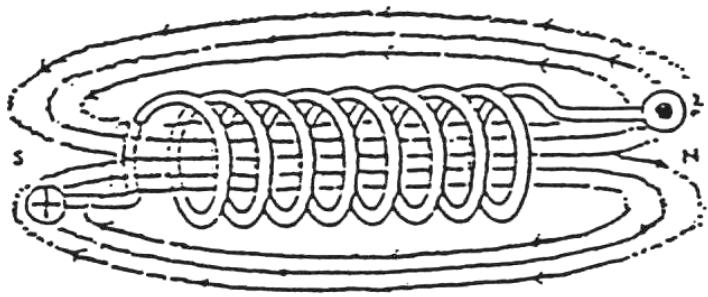
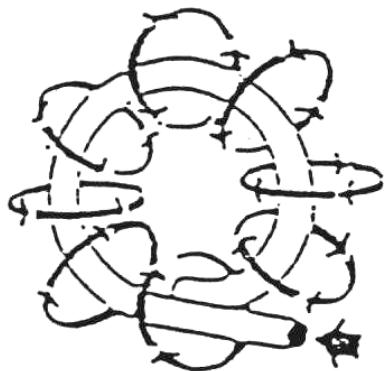
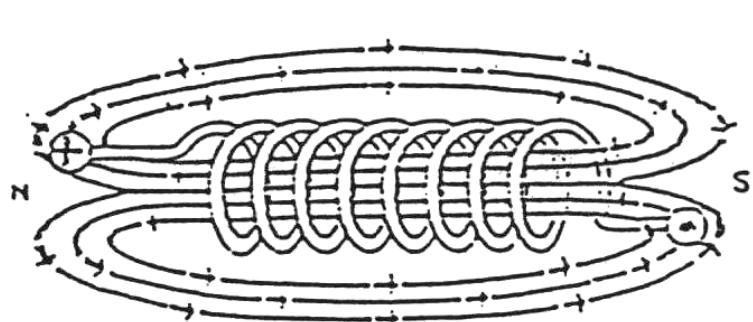
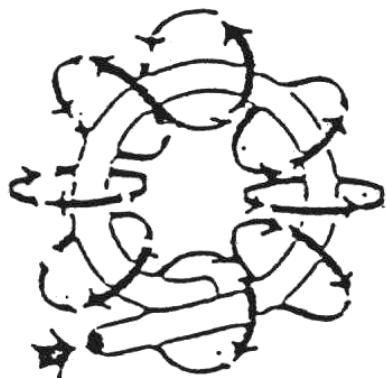
Gbr IV - 7. Arus besar menghasilkan medan magnet kuat.

- d. Bila gulungan / coil dialiri arus listrik, maka pada gulungan / coil tersebut akan timbul medan magnet.



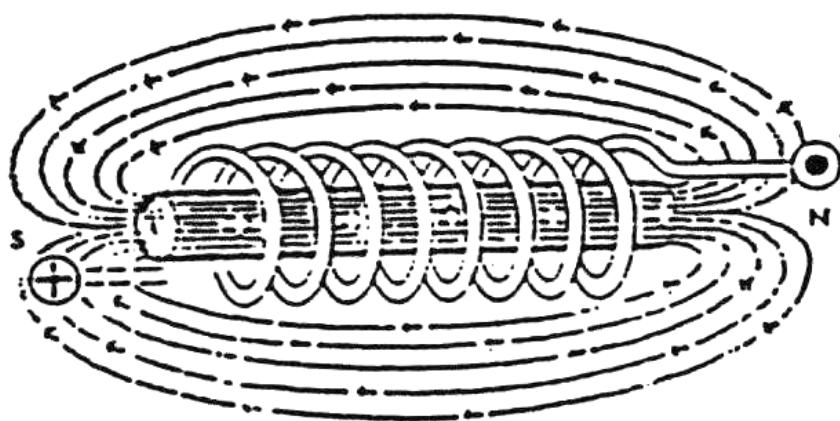
Gbr IV - 8. Medan magnet pada kumparan / coil.

- e. Arah gulungan atau arah arus listrik berubah, maka arah medan magnet yang timbul juga akan berbalik.



Gbr IV - 9. Arah medan magnet berubah bila arus atau gulungan berubah.

- f. Untuk memperbesar medan magnet dapat dilakukan :
- ▶ Memperbesar arus yang mengalir.
  - ▶ Menambahkan inti besi ke dalam ulungan / coil.
  - ▶ Memperbanyak jumlah gulungan / coil.



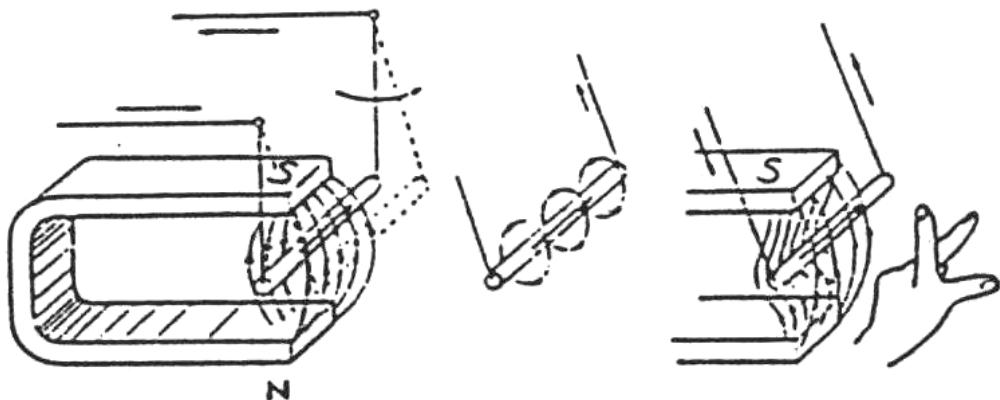
Gbr IV - 10. Inti besi memperkuat medan magnet pada kumparan / coil.



## D. GAYA MAGNET YANG DIHASILKAN ARUS LISTRIK.

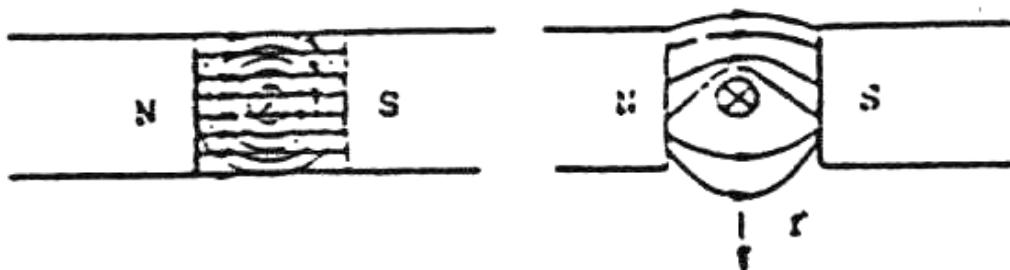
### 1. Kaidah Tangan Kiri Fleming.

Bila sebuah konduktor diletakkan kutub N dan S dari magnet tapal kuda dan konduktor dialiri arus, maka konduktor akan terlempar keluar dari kutub-kutub magnet tersebut. Peristiwa ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gbr IV - 11. Garis gaya yang dihasilkan oleh arus listrik pada konduktor.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan mengapa hal tersebut diatas dapat terjadi. Bila garis-garis gaya yang dihasilkan oleh magnet dan konduktor digabungkan, maka garis gaya diatas kawat akan bertambah ( searah ) dan yang dibawah akan berkurang ( berlawanan ). Akibatnya konduktor akan terlempar ke bawah karena adanya gaya gerak magnet.



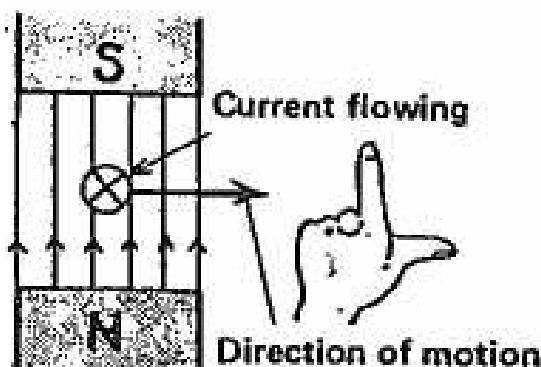
Gbr IV - 12. Penyebaran garis gaya magnet sesuai arus yang mengalir pada konduktor.



Selanjutnya untuk mempermudah analisa kaidah Tangan Kiri Fleming, maka dipakai aturan bahwa :

- › Jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet.
- › Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor.
- › Ibu jari menunjukkan arah gaya magnet pada konduktor.

Hal tersebut diatas dapat dilihat pada gambar berikut ini :



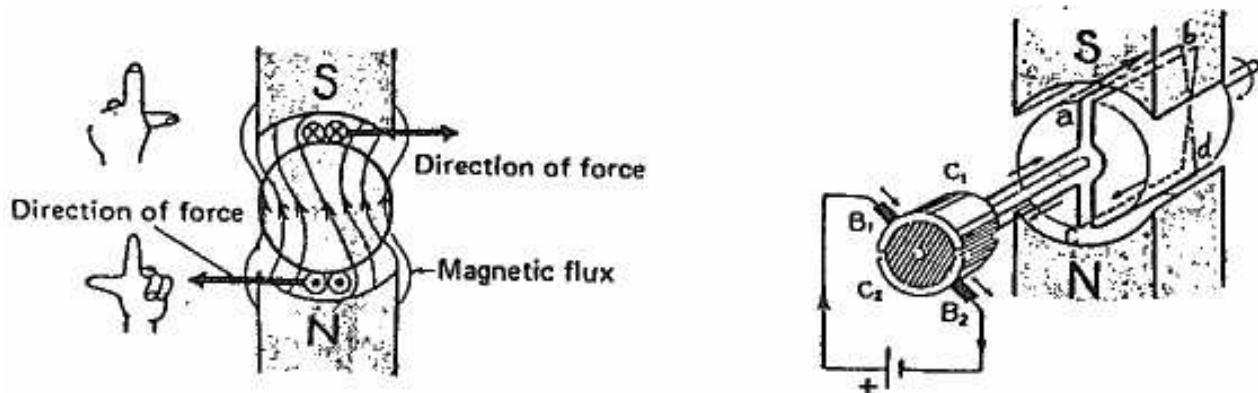
Gbr IV - 13. Kaidah Tangan Kiri Fleming.

## 2. Prinsip Motor.

Diantara dua buah N dan S terdapat sebuah konduktor yang berujung di C1 dan C2 ( setengah cincin tembaga yang disebut commutator ).

Dua buah sikat arang ( brush ) B1 dan B2 yang berhubungan dengan commutator memungkinkan arus mengalir ke konduktor. Bagian yang dapat berputar ini disebut dengan armature.

Konduktor yang terletak didekat kutub S akan bergerak ke kanan dan konduktor yang terletak didekat kutub N akan bergerak ke kiri. Gabungan dari gerak tersebut akan memutar armature searah jarum jam ( sesuai dengan Kaidah Tangan Kiri Fleming ) seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gbr IV - 14. Prinsip kerja motor.

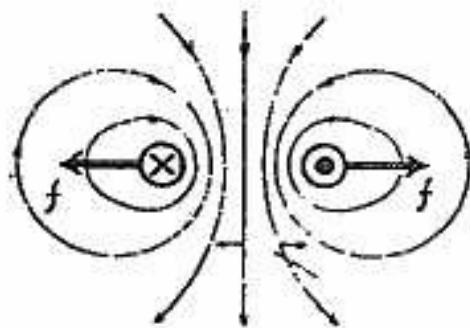
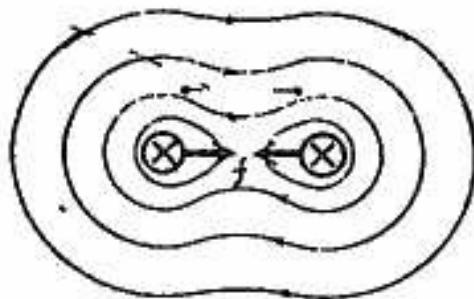
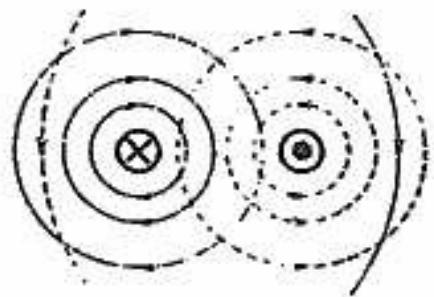
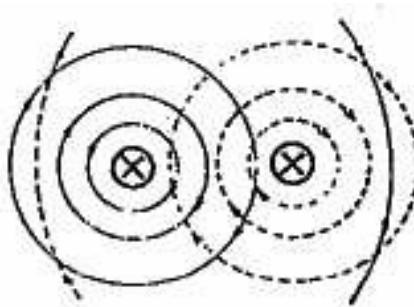


Bila arah arus pada konduktor ( armature ) dibalik, maka putaran armature akan berbalik.

### 3. Gaya Pada Konduktor yang Sejajar dan Dialiri Arus.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan bahwa bila konduktor yang terletak sejajar dan dialiri arus listrik, garis gaya magnet yang mengelilingi masing-masing konduktor akan saling mempengaruhi.

- Garis-garis gaya yang searah akan tarik menarik.
- Garis-garis gaya yang berlawanan akan tolak menolak.



Gbr IV - 15. Gaya pada konduktor yang sejajar dan dialiri arus.

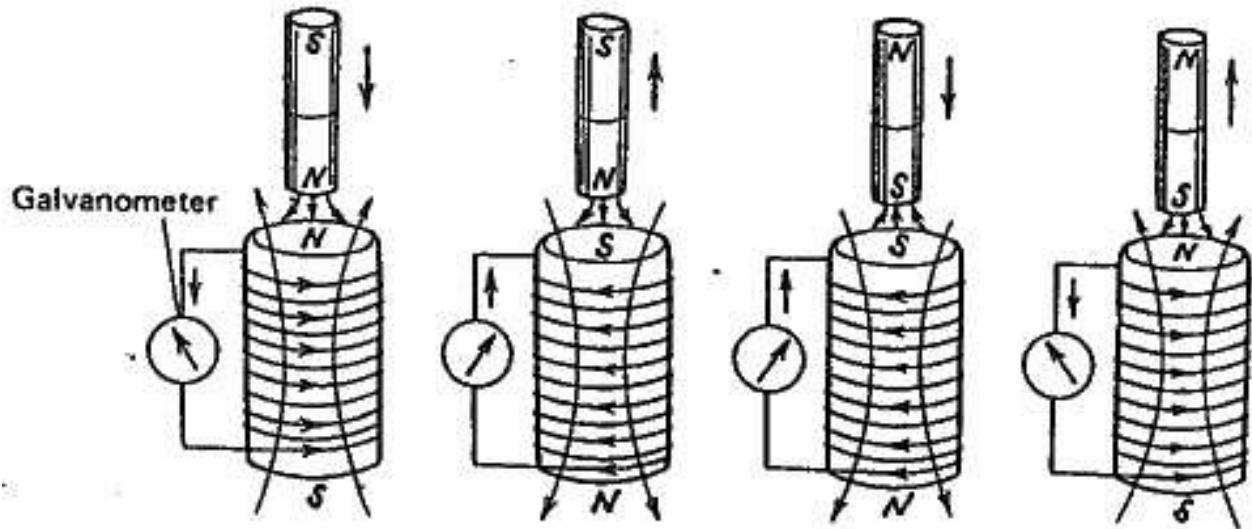


## E. INDUKSI ELECTRO MAGNET.

### 1. Gaya Induksi Magnet.

- Gerakan magnet batang dan arus induksi pada sebuah lilitan.

Bila magnet batang digerakkan ke dalam atau keluar lilitan, maka gaya gerak listrik ( e.m.f = electromotive force ) akan diindusikan ke dalam lilitan yang menyebabkan arus mengalir pada lilitan tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gbr IV - 16. Induksi electro magnet.

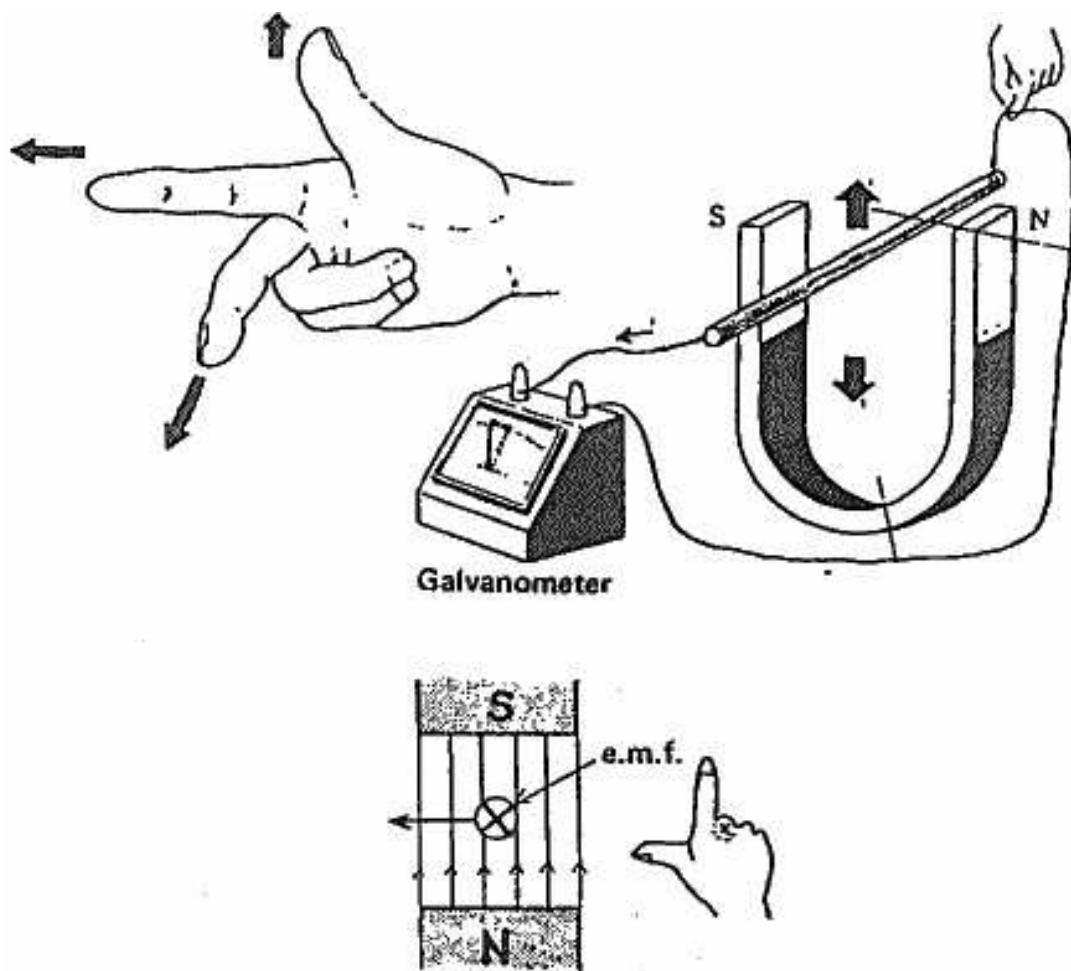
Medan magnet didalam lilitan akan berubah yang mengakibatkan gaya gerak listrik sehingga arus akan mengalir. Hal ini disebut dengan Induksi Electro Magnet.

- Arus induksi dalam sebuah konduktor.

Pada gambar dibawah ini terlihat bahwa bila sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet, digerakkan memotong medan magnet tersebut, maka pada konduktor akan timbul gaya gerak listrik ( timbul arus listrik ).

“ Kaidah Tangan Kanan Fleming “ menyatakan bahwa :

- ▶ Jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet.
- ▶ Ibu jari menunjukkan gerak konduktor.
- ▶ Jari tengah menunjukkan arah arus induksi.



Gbr IV - 17. Kaidah Tangan Kanan Fleming.

c. Prinsip generator.

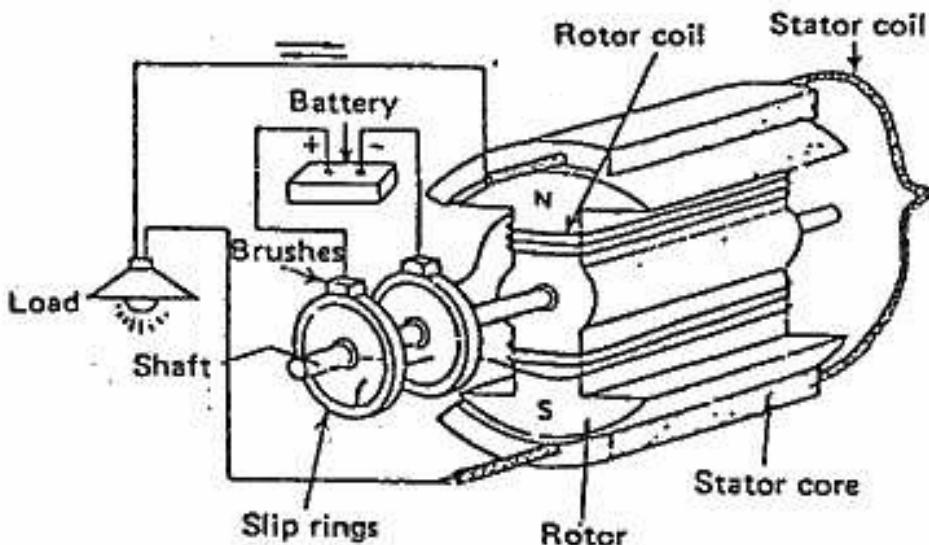
Generator adalah sebuah alat yang merubah garis - garis gaya magnet yang memotong coil menjadi tenaga listrik.

Generator ada 2 ( dua ) jenis yaitu :

- AC generator ( alternator ).
- DC generator ( dynamo ).

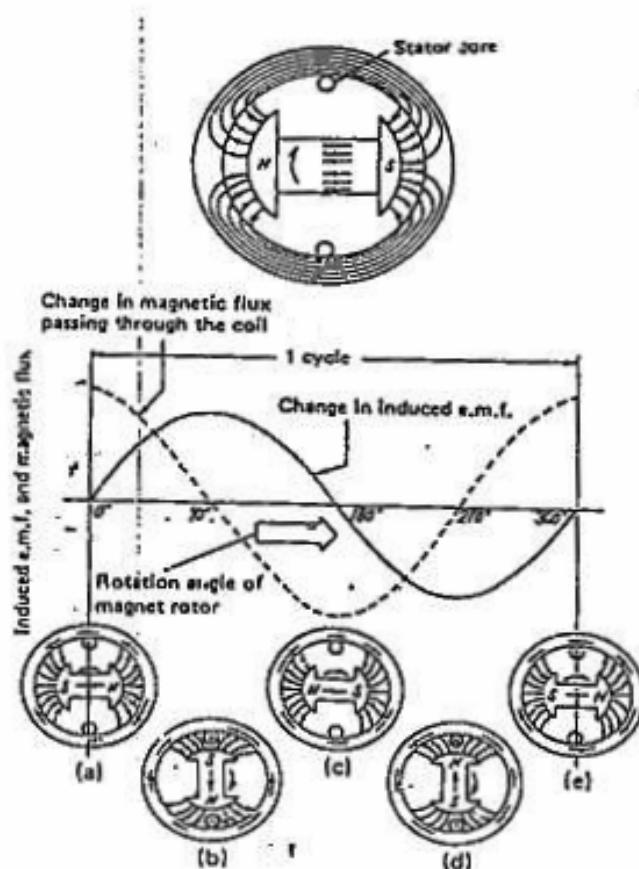
Alternator.

Pada gambar berikut ini ditunjukkan prinsip sebuah alternator.



Gbr IV - 18. Prinsip alternator.

Flux yang melalui stator coil akan berubah perlahan - lahan seperti digambarkan pad kurva berikut ini :



Gbr IV - 19. Induksi gaya gerak listrik pada alternator.



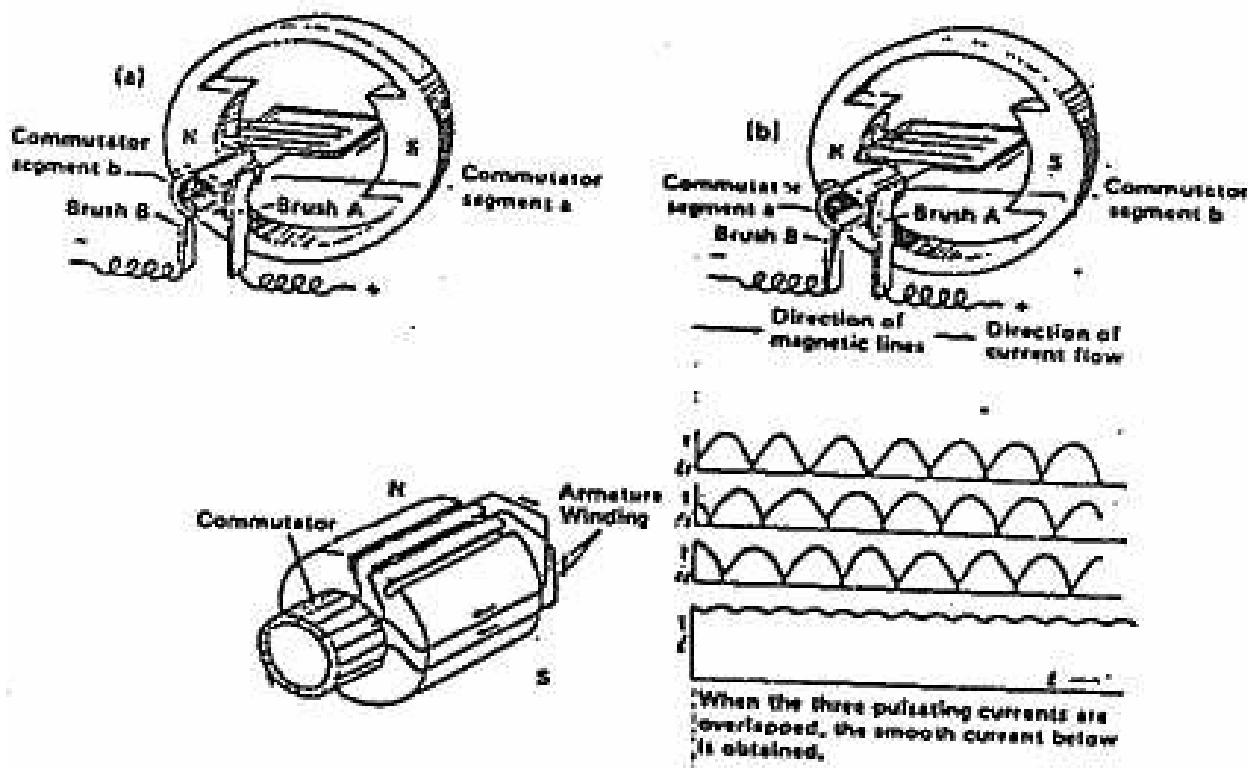
Ketika rotor diputar searah jarum jam, maka induksi gaya gerak listrik akan maksimum pada  $90^\circ$  dan  $270^\circ$  dan minimum pada  $180^\circ$  dan  $360^\circ$ .

Selanjutnya gaya gerak listrik akan berbeda polarisatsnya pada setiap  $180^\circ$ . Hal ini dikatakan gaya gerak listrik bolak - balik atau disebut juga dengan AC ( alternating current ).

#### □ DC gernartor ( Dynamo ).

Pada DC generator, armature dan coil berputar, sedangkan medan magnetnya diam. Shaft armature mempunyai commutator yang terdiri dari cincin belah yang dihubungkan dengan armature coil. Dua buah brush menempel pada commutator sehingga memungkinkan arus mengalir melalui aramature dan akan berbalik pada setiap putaran  $180^\circ$ .

Pada gamabr dibawah ini terlihat bahwa meskipun arus yang ditimbulkan adalah bolak - balik, akan tetapi dengan adanya commutator dan brush arus bolak - balik dirubah menjadi arus searah atau disebut juga DC ( direct current ).

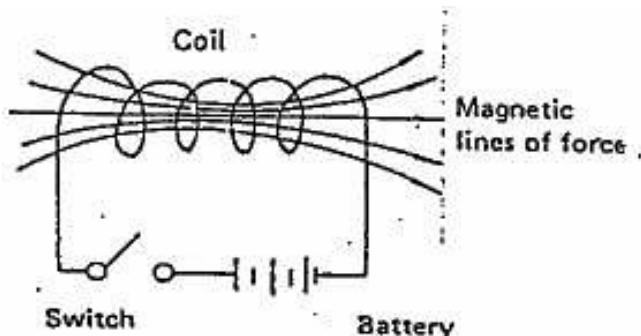


Gbr IV - 20. Prinsip DC generator dan arus yang ditimbulkan.



d. Induksi diri ( self Induction ).

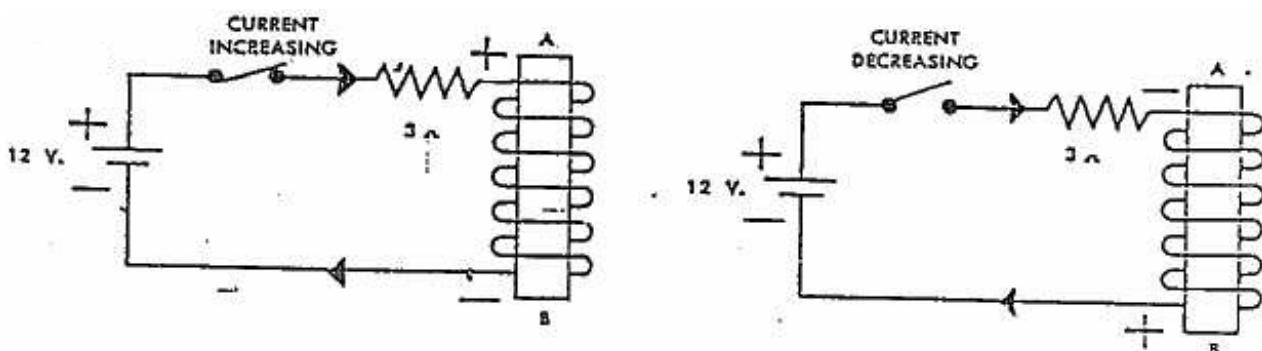
Pada gambar berikut ini diperlihatkan bahwa switch, lilitan dan battery dihubungkan serie. Bila switch di Onkan maka arus akan mengalir dan pada lilitan akan timbul garis - garis gaya.



Gbr IV - 21. Induksi diri.

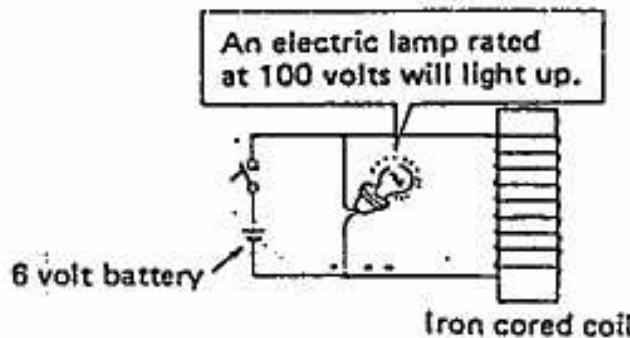
Ketika switch dibuka ( off ) dengan tiba - tiba hilang dan medan magnet akan turun tiba - tiba yang menyebabkan berbaliknya gaya gerak listrik, gaya gerak listrik yang berbalik akan aliran arus pada lilitan .dicegah agar tidak turun ( tetap ada ) dan disebut induksi diri ( self Induction ).

Adapun tegangan yang terjadipun akan berbalik seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gbr IV - 22. Tegangan induksi pada lilitan.

Di dalam percobaan seperti pada gambar berikut ini, ketika switch dihubungkan dengan battery 6 volt, lampu tidak menyala. Tetapi jika switch dibuka dengan tiba - tiba lampu akan menyala sesaat. Makin cepat switch dilepas, makin terang nyala lampu tersebut. Hal tersebut membuktikan bahwa induksi diri di lilitan.

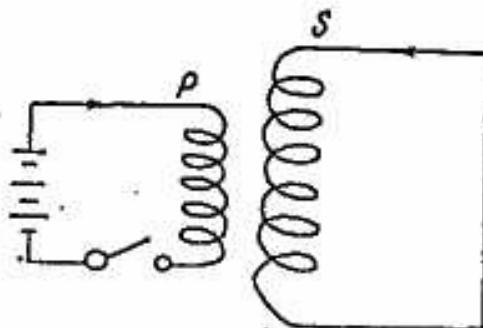


Gbr IV - 23. Percobaan induksi diri.

e. Induksi diri ( self Induction ).

Sebuah lilitan dihubungkan serie dengan switch dan battery. Lilitan S dengan jumlah lilitan yang lebih banyak didekatkan dengan lilitan P tersebut.

Bila arus melewati lilitan P diputus dan dihubungkan maka akan menyebabkan gaya gerak listrik pada lilitan S seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini :



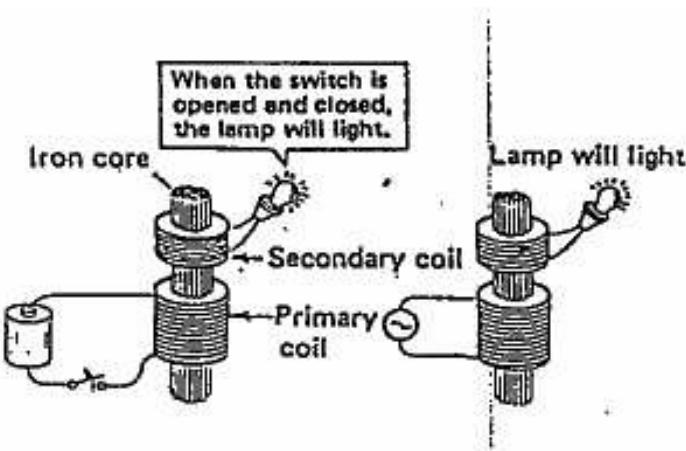
Gbr IV - 24. Induksi timbal balik.

e. Transformer.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan bahwa primary coil yang dihubungkan serie dengan battery dan switch, maka ketika switch digerak - gerakkan ON dan OFF lampu akan menyala.

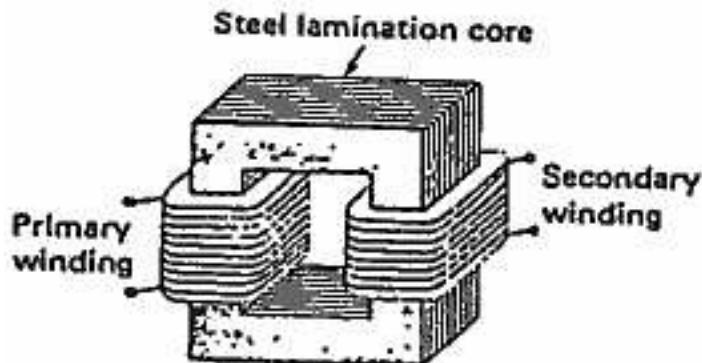
Sedangkan bila primary coil dihubungkan dengan sumber AC, lampu akan menyala. Hal ini disebabkan perubahan arus bolak -balik berubah secara periodik dengan frequency yang sama besar.

Induksi medan magnet ini menjadikan gaya gerak listrik di secondary coil berlangsung terus - menerus. Inilah yang merupakan prinsip dasar sebuah transformer.



Gbr IV - 25. Percobaan induksi diri.

Pada umumnya transformer dibuat dalam bentuk seperti pada gambar berikut ini, dimana ketebalan plat core pada umumnya 0.35 mm.



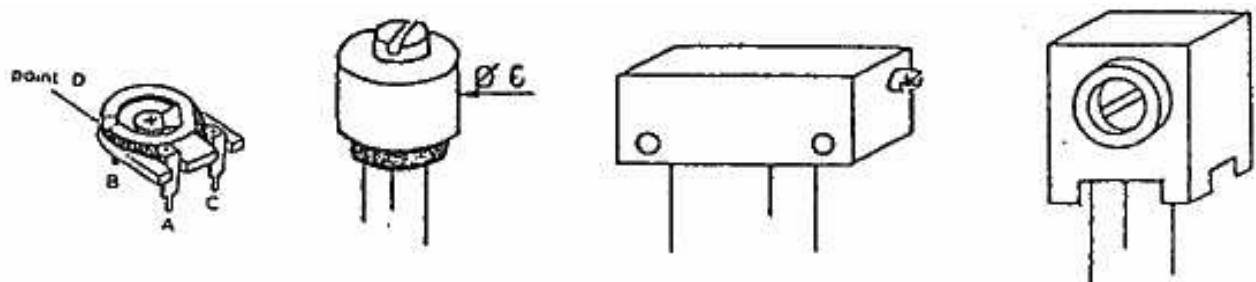
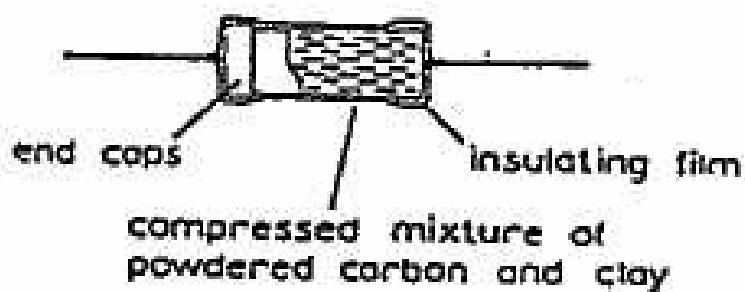
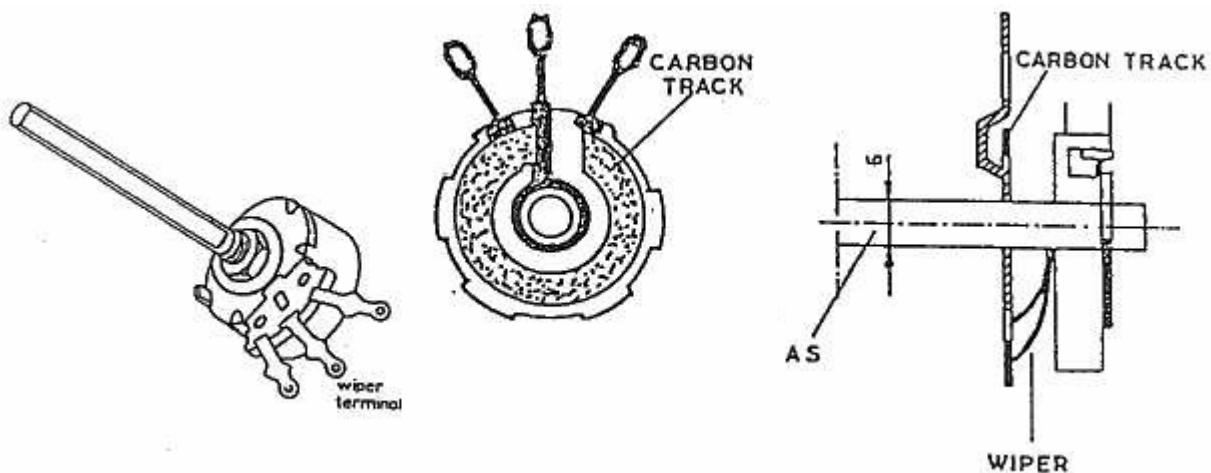
Adapun hubungan antara tegangan dan arus di primary coil dan secondary coil adalah :

$$\frac{\text{Tegangan primer}}{\text{Tegangan sekunder}} = \frac{\text{Lilitan primer}}{\text{Lilitan sekunder}}$$

$$V_1 / V_2 = N_1 / N_2$$

$$\frac{\text{Arus primer}}{\text{arus sekunder}} = \frac{\text{Lilitan sekunder}}{\text{Lilitan primer}}$$

$$I_1 / I_2 = N_1 / N_2$$





Resistor merupakan salah satu parameter dasar yang paling sering dipakai dalam rangkaian - rangkaian listrik.

Dalam rangkaian, diperlukan resistor dengan harga yang tepat agar rangkaian dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

Resistor dapat digolongkan menjadi 3 ( tiga ) jenis :

- Resistor tetap.
- Resistor variable.
- Resistor non linier.

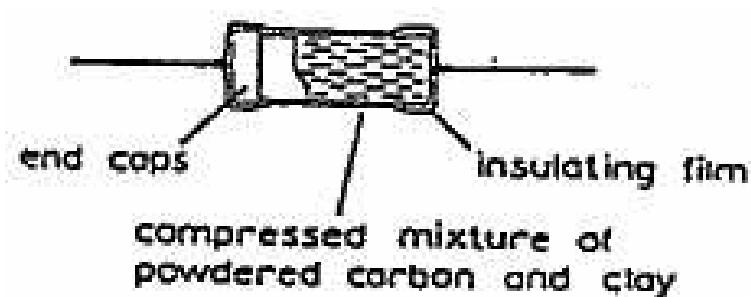
#### A. RESISTOR TETAP.

Yang dimaksud dengan resistor adalah resistor yang sengaja dibuat dengan harga resistansi ( ohm =  $\Omega$  ) tertentu. Namun demikian, selain harga resistansinya, yang perlu diketahui adalah power ratingnya.

Resistor tersedia dengan harga resistansi yang cukup banyak, mulai dari beberapa ohm sampai dengan beberapa mega ohm. Adapun power ratingnya mulai dari 0.1 watt sampai dengan beberapa ratus watt.

Power rating adalah hal yang diperlukan agar resistor dapat bekerja tanpa panas yang berlebihan karena bisa merusak resistor itu sendiri.

Pada umumnya resistor dibuat dari kawat yang dililit atau dari karbon dan dibentuk seperti contoh berikut ini.



Gbr V - 1. Contoh bentuk resistor tetap.

Adapun untuk mengidentifikasi besarnya harga resistansi sebuah resistor tetap, apabila pada badan resistor tidak dituliskan harga resistansinya, maka pada badan resistor dibuat gelang - gelang berwarna.



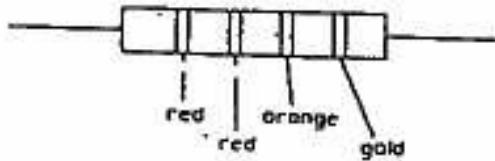
tabel berikut ini dapat dipergunakan untuk menghitung harga resistansi sebuah resistor.

Col.band Numbering Colour code	1st band	2nd band	3rd band	4th band
	Resistance no	Resistance no	No of zeros	Error rate of resist
Black	0	0		
Brown	1	1	0	1%
Red	2	2	00	2%
Orange	3	3	000	
Yellow	4	4	0,000	
Green	5	5	00,000	
Blue	6	6	000,000	
Purple	7	7	0,000,000	
Grey	8	8	00,000,000	
White	9	9	000,000,000	
Golden	-	-	x 0.1	5%
Silver	-	-	x 0.01	10%
Colourless	-	-	-	20%

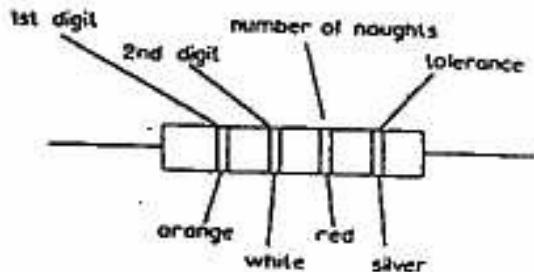
Gbr V - 2. Tabel harga resistansi resistor.



Contoh :



$$22000 = 5 \% \text{ ohm}$$



$$3900 + 10 \%.$$

Gbr V - 3. Contoh gelang warna dan harga resistansi.

## B. RESISTOR VARIABLE.

Resistor variable yang digunakan di dalam peralatan elektronik dikenal dalam 3 jenis yaitu :

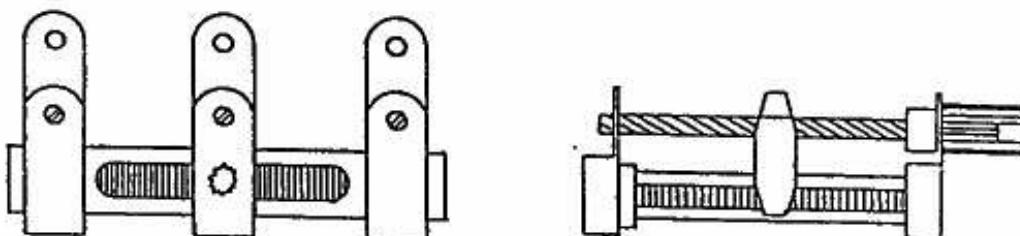
- ▶ Potentiometer.
- ▶ Trimmer.
- ▶ Reostat.

Semua resistor variable diatas mempunyai terminal tetap dan terminal tidak tetap yang dapat digeser sepanjang elemen resistor tersebut.

### 1. Potentiometer.

#### a. Wirewound Potentiometer.

Potentiometer ini terbuat dari lilitan kawat yang berbentuk lingkaran. Sebuah lengkap yang digeser - geser dibuat berhubungan dengan elemen resistor yang bisa digeser yang akan menghasilkan harga resistansi berbeda.



Gbr V - 4. Wirewound potentiometer.

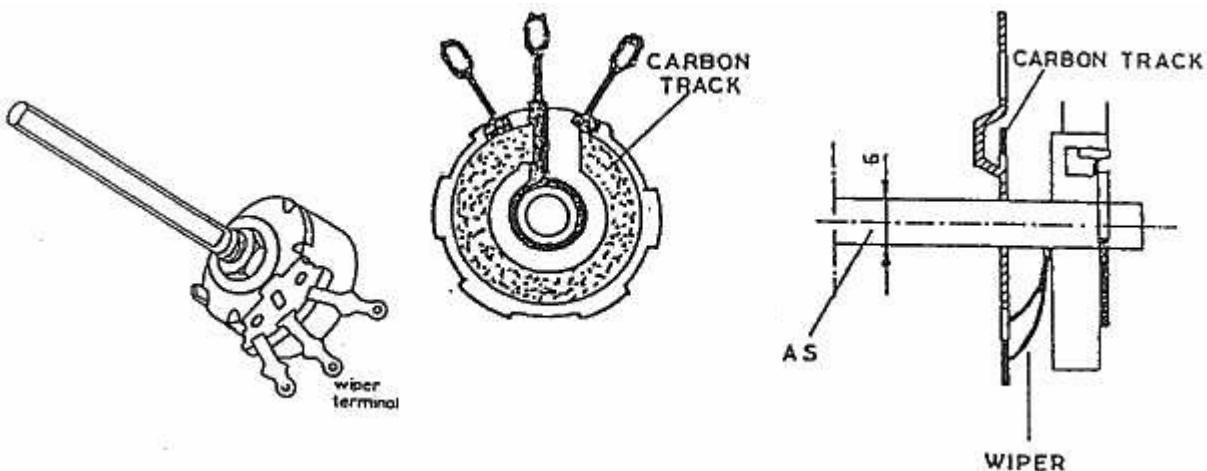


Pada umumnya potentiometer ini tersedia dengan harga resistansi 50 sampai 50 K dengan rating  $\frac{1}{2}$  sampai 8 watt.

### b. Carbon Potentiometer.

Potentiometer ini mempunyai elemen resistor dalam suatu jalur yang berbentuk lingkaran. Lengan variablenya berhubungan dengan elemen resistor oleh suatu pemutar. Apabila sumbu pemutar diputar, maka lengan variablenya akan menggerakkan wiper dan membuat hubungan pada beberapa terminal.

Contoh konstruksi dan bentuk carbon potentiometer ini adalah sebagai berikut :



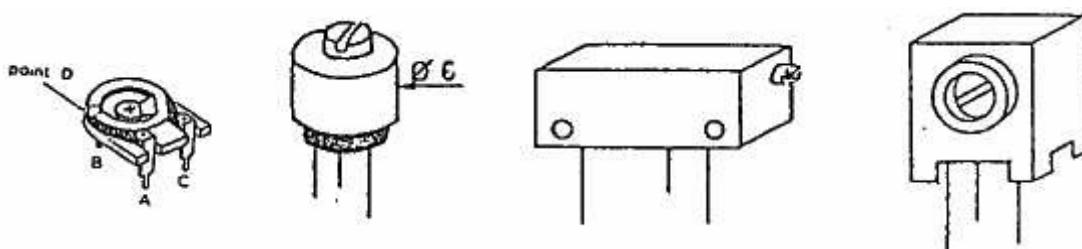
Gbr V - 5. Carbon potentiometer.

Carbon potentiometer ini tersedia dengan harga resistansi 50 sampai 10M dengan rating daya 0,1 sampai 2,25 watt.

### 2. Trimmer.

Potensio jenis ini biasanya dipasang pada PCB dimana dibutuhkan suatu pengkalibrasi. Bahan yang digunakan adalah karbon.

Contoh berbagai macam bentuk trimer adalah sebagai berikut :



Gbr V - 6. Potentiometer jenis trimmer.



### C. RESISTOR NON LINIER.

Resistor non linier ada 3 jenis yaitu :

- ▶ Thermistor.
- ▶ Voltage Dependent Resistor.
- ▶ Light Dependent Resistor.

Ketiga jenis resistor diatas harganya berubah - ubah ( tidak sesuai dengan hukum ohm ), tetapi merupakan fungsi dari temperatur, tegangan dan cahaya yang jatuh terserap. Selanjutnya pada buku ini hanya dibahas mengenai thermistor yang banyak digunakan dalam sistem kelistrikan alat - alat besar.

#### 1. Themistor.

Thermistor adalah salah satu jenis resistor yang mempunyai koefisien temperatur yang sangat tinggi, dimana dengan adanya perubahan temperatur, resistansinya juga akan berubah.

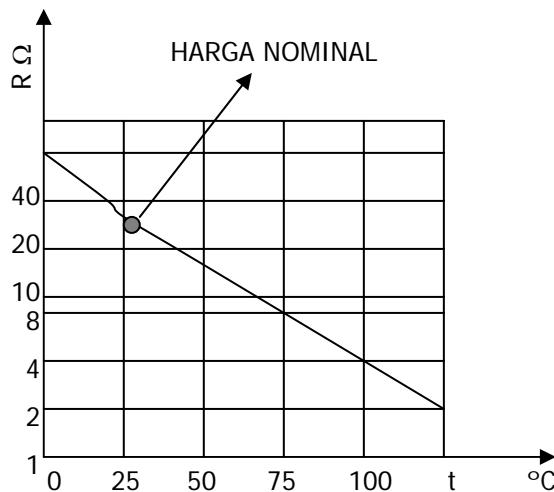
Terdapat 2 jenis termistor yaitu :

- ▶ NTC ( Negative Thermal Coefficient ).
- ▶ PTC ( Positive Thermal Coefficient ).

##### a. Thermistor NTC.

Thermistor NTC merupakan resistor dengan koefisiensi temperatur negatif yang sangat tinggi. Thermistor jenis ini pada umumnya dibuat dari Ni O, Co O atau  $Fe_2O_3$ .

Harga nominal biasanya ditetapkan pada temperatur  $25^{\circ}C$ . Perubahan resistansinya yang diakibatkan dalam bentuk non liniernya ditunjukkan dalam bentuk diagram resistansi dengan temperatur.



Gbr V - 7. Hubungan resistansi dan temperatur pada thermistor NTC.

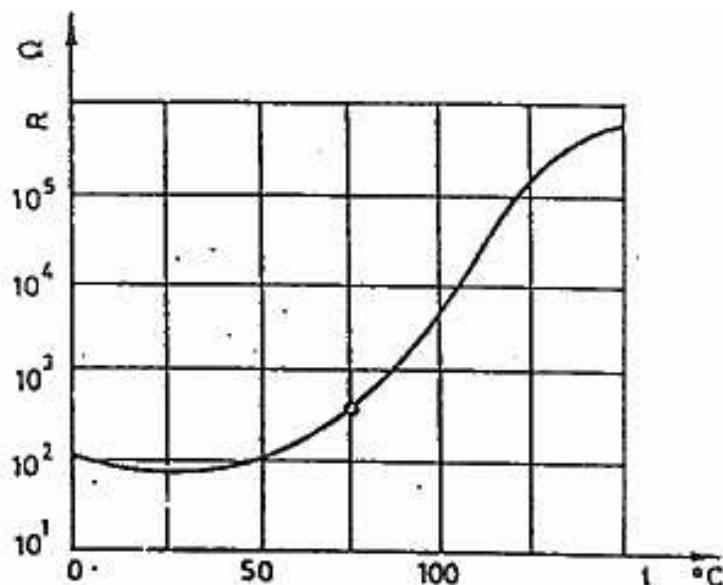


### a. Thermistor PTC.

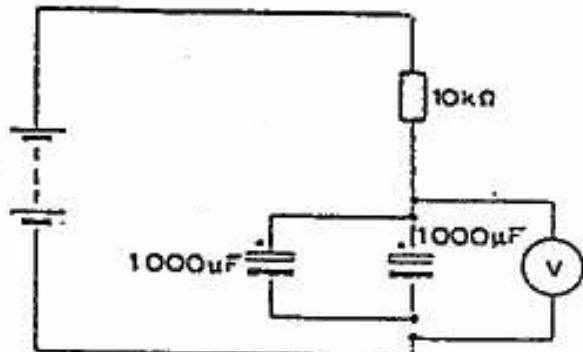
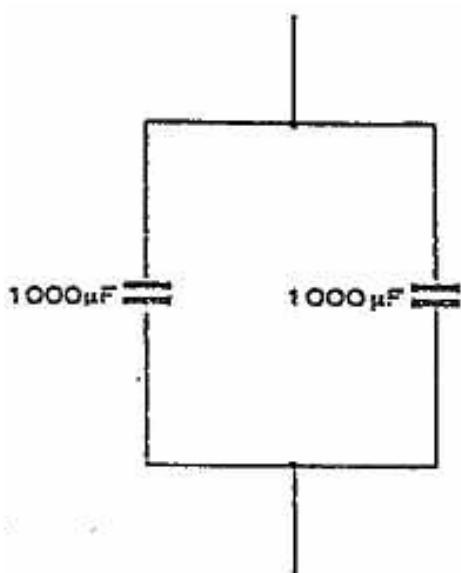
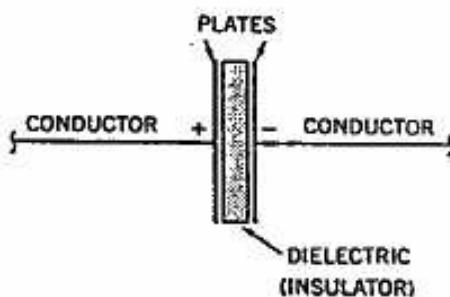
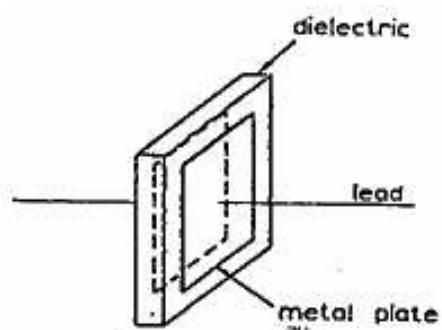
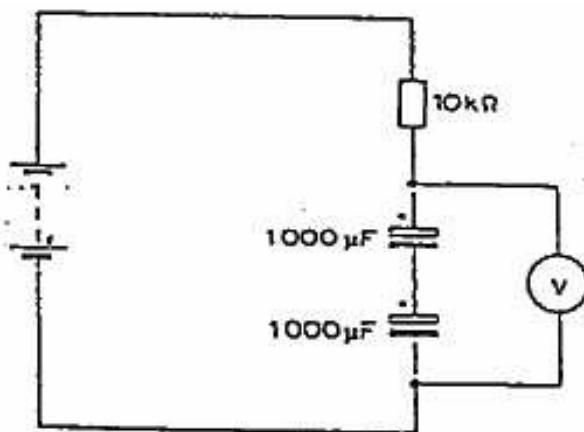
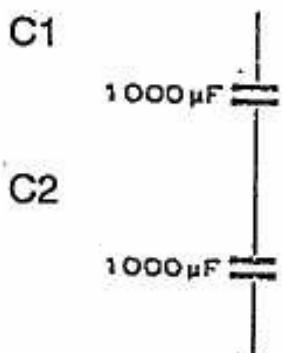
Thermistor PTC merupakan resistor dengan temperatur positif yang sangat tinggi. Thermistor jenis ini pada umumnya dibuat dari Ba Ti O<sub>3</sub>.

Skala resistansinya berubah mulai dari beberapa ratus ohm pada temperatur 75° dan beberapa kilo ohm pada temperatur 150°C.

Berikut ini adalah contoh diagram resistansi dengan temperatur untuk thermistor PTC.



Gbr V - 7. Hubungan resistansi dan temperatur pada thermistor PTC.





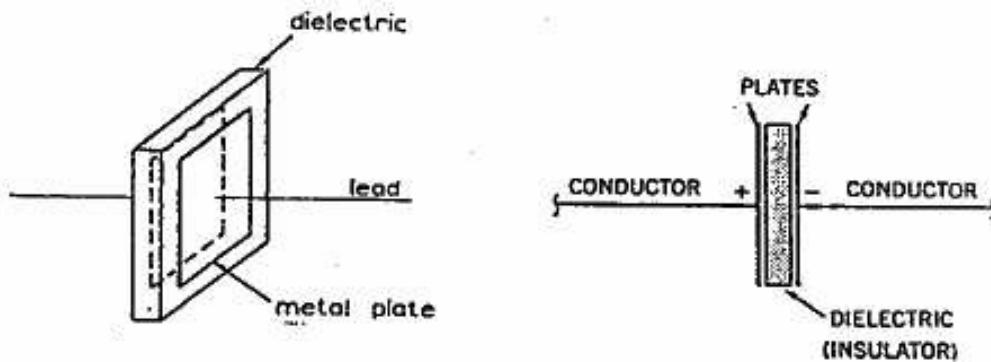
Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang mempunyai sifat-sifat :

- › Dapat menyimpan muatan listrik.
- › Dapat menahan arus searah ( DC ).
- › Dapat melewatkkan arus bolak-balik ( AC ).

Dalam pemakaian, kapasitor dapat diisi muatan dan dikosongkan kembali yang sangat tergantung pada sirkuit yang memakainya.

#### A. KONSTRUKSI.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan bahwa kapasitor terbuat dari 2 ( dua ) buah plat. Plat konduktor tersebut dibuat sejajar dan dipisahkan oleh bahan dielektrika.



Gbr. VI - 1. Konstruksi dasar kapasitor.

Yang dimaksud bahan dielektrika adalah bahan yang mempunyai kemampuan menerima medan listrik. Bahan dielektrika tersebut mempunyai faktor dielektrika atau permitivitas yang berlainan dengan satuan farad / meter.

Contoh-contoh bahan dilektrika adalah sebagai berikut :

BAHAN	r
Ruang Hampa	1.00
Udara	1.00006
Kertas, Parafin	2 - 3
Mika	4 - 7
Porselin	6
Air suling	80.0



Adapun yang dimaksud dengan permitivitas ( $\epsilon_r$ ) adalah suatu konstanta pembanding antara permitivitas suatu bahan dielektrika dengan permitivitas ruang hampa udara.

Besarnya permitivitas ruang hampa udara adalah

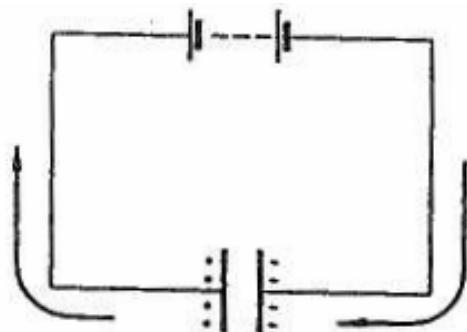
$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ farad/meter}$$

Adapun fungsi bahan dielektrika tersebut adalah untuk :

- ▶ Memisahkan kedua plat secara mekanis sehingga jaraknya sangat dekat tetapi bersinggungan.
- ▶ Memperbesar kemampuan kedua plat dalam menerima tegangan
- ▶ Memperbesar nilai kapasitansi.

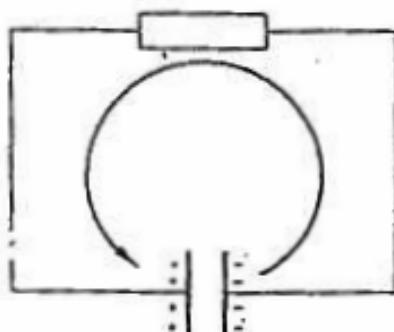
Prinsip kerja kapasitor dapat dijelaskan sebagai berikut :

- ▶ Charge : Sumber atau battery akan menolak elektron - elektron ke salah satu plat dan menarik elektron dari plat yang lainnya.



Gbr VI - 2. Prinsip pengisian kapasitor.

- ▶ Discharge : Elektron - elektron yang terkumpul pada salah satu plat akan bergerak untuk mengisi elektron yang hilang pada plat yang lainnya.



Gbr VI - 3. Prinsip pengosongan kapasitor.



## B. KAPASITAS KAPASITOR.

Yang dimaksud dengan kapasitor adalah kemampuan suatu kapasitor di dalam menyimpan muatan listrik.

Pada dasarnya kapasitas kapasitor tergantung dari beberapa faktor, yaitu :

- › Bahan dielektrika yang digunakan.
- › Jarak antara kedua plat konduktor.
- › Luas penampang plat konduktor.

Dengan demikian, pada bahan dielektrika yang sama, bila luas penampang plat makin besar, berarti makin besar kemampuan kapasitor menyimpan muatan listrik. Sebaliknya bila jarak antara kedua plat semakin jauh maka kapasitas kapasitor akan semakin kecil.

Rumus kapasitansi dari suatu kapasitor dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C = E_0 \cdot \epsilon_r \cdot A/d$$

C = Kapasitansi dalam Farad ( F ).

$E_0$  = Permitivitas ruang hampa udara ( $8.854 \times 10^{-12}$  F/m).

$\epsilon_r$  = Permitivitas relatif bahan dielektrika.

A = Luas penampang plat ( $m^2$ ).

d = Jarak antara kedua plat ( m ).

Selanjutnya sebuah kapasitor dikatakan mempunyai kapasitas 1 Farrad bila diberi tegangan 1 volt dapat menyimpan muatan sebesar 1 coulomb ( $6.28 \times 10^{18}$  elektron ).

Adapun untuk kapasitor yang mempunyai jumlah plat lebih dari dua ( umumnya digunakan untuk kapasitor variable ), bila n adalah jumlah plat, maka :

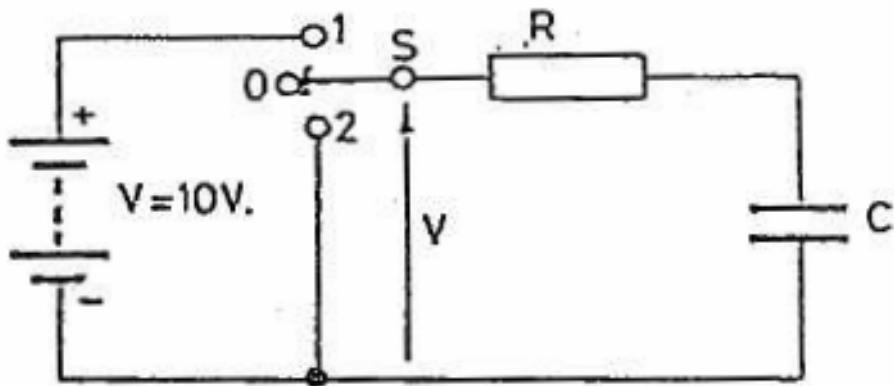
$$\text{Luas efektif} = (n - 1) A$$

Sehingga  $C = E_0 \cdot \epsilon_r (n - 1) A/d$



### C. PENGISIAN DAN PENGOSONGAN KAPASITOR.

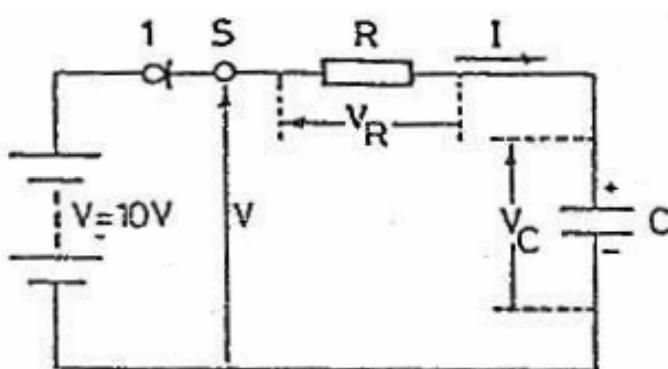
Untuk menjelaskan pengisian dan pengosongan kapasitor dapat dipergunakan gambar berikut ini :



Gbr VI - 4. Prinsip pengisian kapasitor.

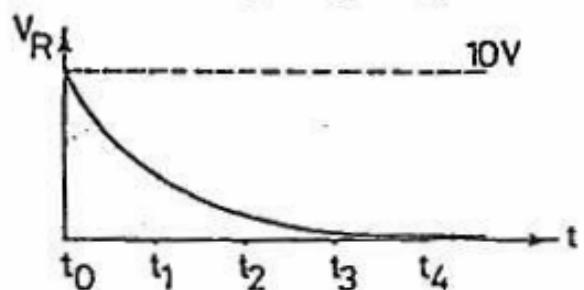
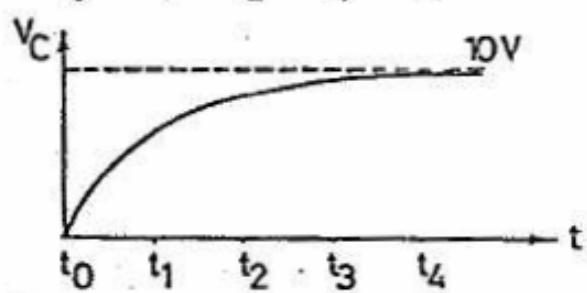
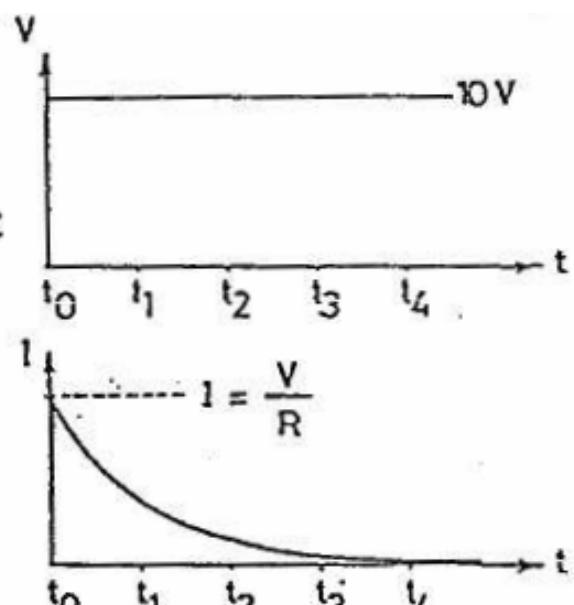
Pada saat switch s dihubungkan keposisi 1, maka arus akan mengalir dari battery, switch S, hambatan R dan kapasitor C.

Perbedaannya potensial pada kapasitor akan mulai naik bersamaan dengan menurunnya arus, sedemikian rupa sehingga saat perbedaan potensial pada kapasitor maksimum, arus akan berhenti. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :



$$V_R + V_C = V = 10 \text{ V}$$

Waktu	$V_C$ (Volt)	$V_R$ (Volt)
$t_0$	0	10
$t_1$	6,3	3,7
$t_2$	8,6	1,4
$t_3$	9,5	0,5
$t_4$	10	0



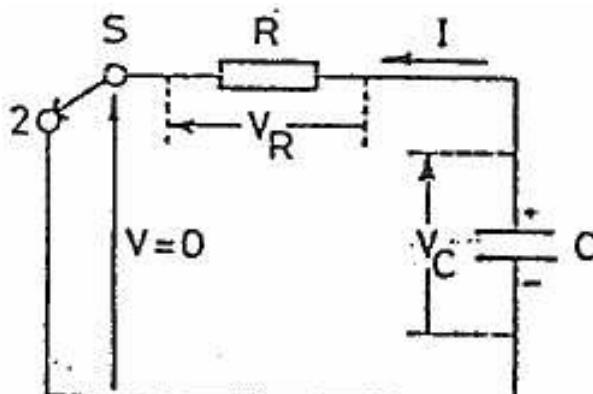
Gbr VI - 5. Grafik arus dan tegangan pada pengisian kapasitor.

Selanjutnya setelah perbedaan potensial pada kapasitor maksimum., switch S dihubungkan ke posisi 2, terjadilah proses pengosongan kapasitor.

Perhatikan bahwa arus yang mengalir adalah berlawanan arah dengan arus saat pengisian.

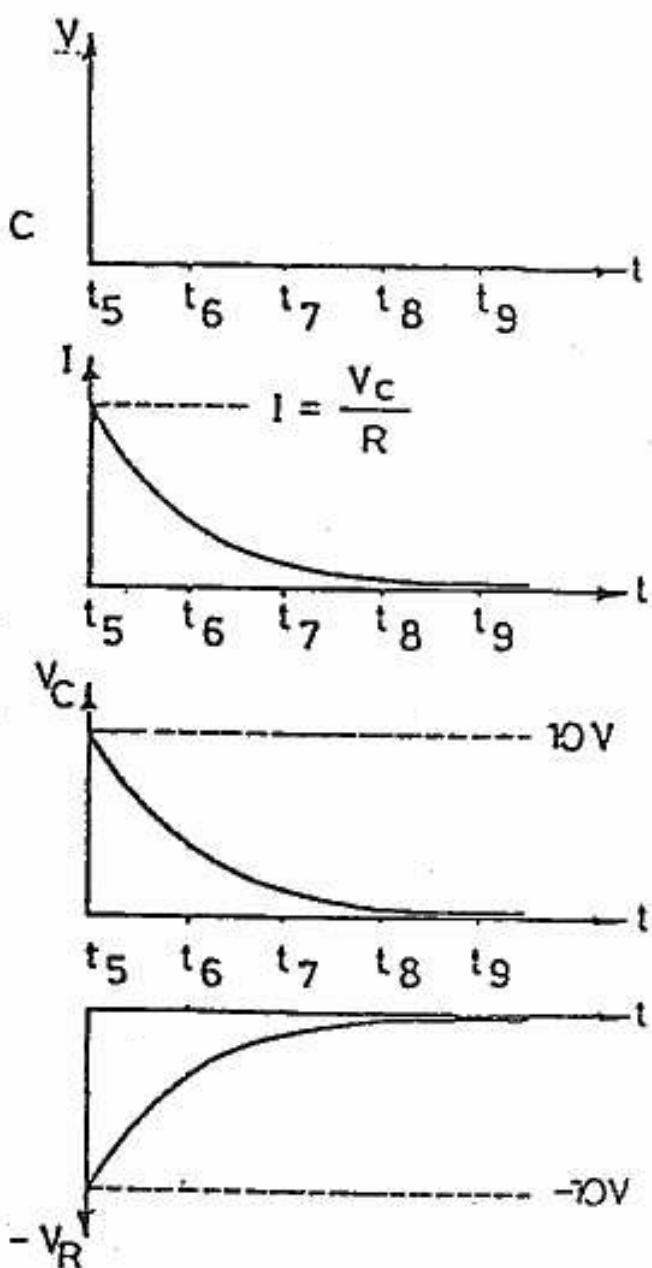


Kapasitor akan mengeluarkan energi yang disimpannya dan kemudian diserahkan ke hambatan R. Tegangan pada kapasitor akan menurun dan arus pada hambatan R pun akan menurun hingga tegangan pada kapasitor nol dan arus pun berhenti mengalir seperti dijelaskan pada gambar berikut ini :



$$V_R + V_C = 0$$

Waktu	$V_C$ (Volt)	$V_R$ (Volt)
$t_5$	10	-10
$t_6$	3,7	-3,7
$t_7$	1,4	-1,4
$t_8$	0,5	-0,5
$t_9$	0	0



Gbr VI - 6. Grafik arus dan tegangan pada pengosongan kapasitor.

Dalam penyelidikan, ternyata waktu yang diperlukan untuk pengisian kapasitor tergantung dari besarnya kapasitansi kapasitor dan hambatan yang dipasang secara seri dengan kapasitasnya.

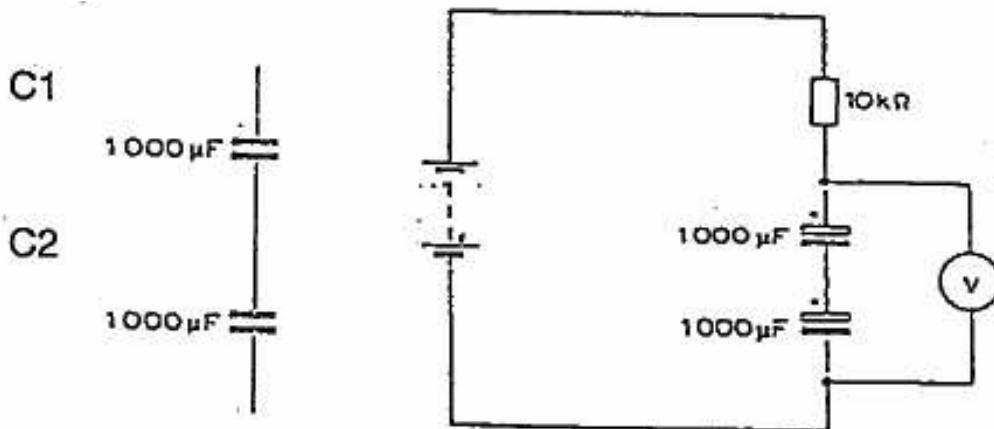


## D. HUBUNGAN SERIE DAN PARALLEL PADA KAPASITOR.

### 1. Hubungan Serie Pada Rangkaian Kapasitor.

Hasil yang didapat dari kapasitor yang dihubungkan serie seperti pada gambar berikut ini adalah :

- Harga kapasitor pengganti dari kapasitor - kapasitor yang dihubungkan serie dapat diperoleh dengan cara yang sama untuk memperoleh tahanan total dari beberapa tahanan yang dihubungkan parallel.



Gbr VI - 7. Kapasitor yang dihubungkan serie.

Pada contoh gambar diatas, maka :

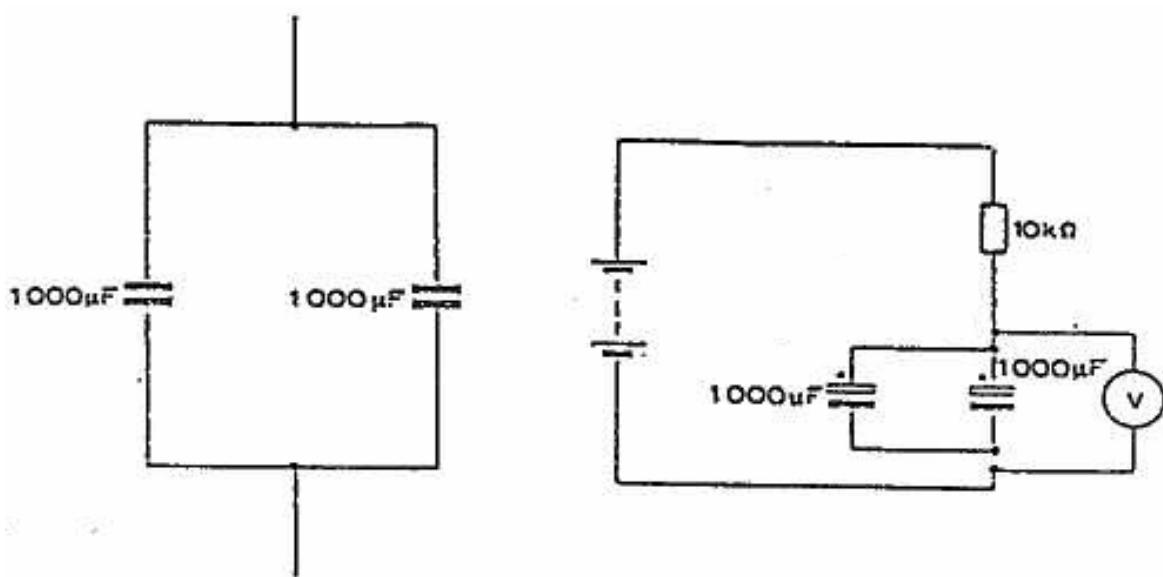
$$\begin{aligned}1/C_t &= 1/C_1 + 1/C_2 \\&= 1/1000 + 1/1000 \\&= 2/1000\end{aligned}$$

$$C_t = 1000/2 = 500 \mu F$$

### 2. Hubungan Parallel Pada Rangkaian Kapasitor.

Hasil yang didapat dari kapasitor yang dihubungkan parallel seperti pada gambar berikut ini adalah :

- Harga kapasitor pengganti dari beberapa kapasitor yang dihubungkan secara parallel dapat diperoleh dengan cara yang sama untuk memperoleh tahanan total dari beberapa tahanan yang dihubungkan serie.

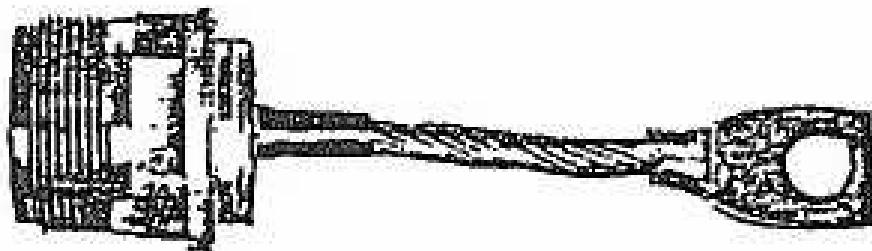
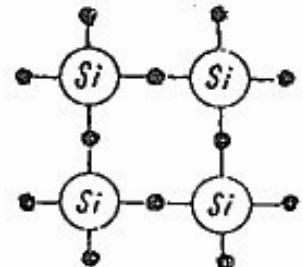
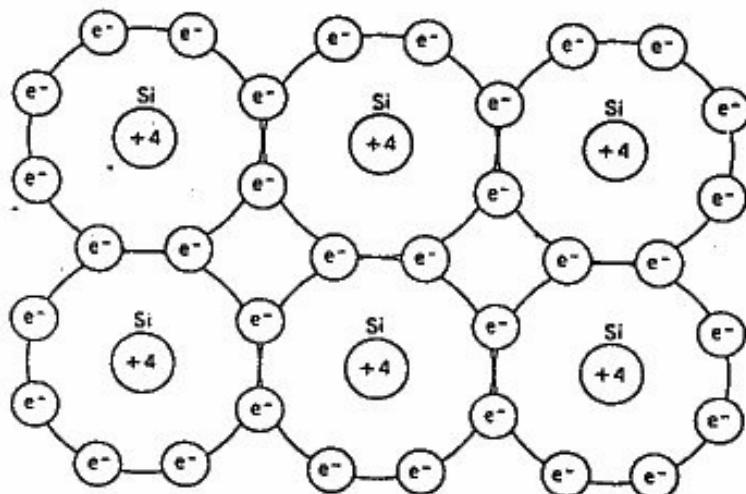


Gbr VI - 8. Kapasitor yang dihubungkan parallel.

Pada contoh gambar diatas, maka :

$$\begin{aligned}C_t &= C_1 + C_2 \\&= 1000 + 1000 \\&= 2000 \mu F\end{aligned}$$

$$C_t = 1000/2 = 500 \mu F$$





Perkembangan dunia elektronika pada dewasa ini sangat pesat sekali setelah ditemukan komponen - komponen semi konduktor.

Adapun keuntungan - keuntungan dan kerugian dengan digunakannya komponen - komponen semi conductor adalah sebagai berikut :

Keuntungan - keuntungan komponen semi conductor :

- Kecil dan ringan.
- Tegangan operasi rendah.
- Mempunyai effisiensi yang tinggi dengan konsumsi tenaga yang rendah.
- Tahan lama.
- Tahan terhadap goncangan.
- Kebisingan suara rendah.

Kerugian - kerugian komponen semi konduktor.

- Pembuatan tidak mudah ( terutama untuk frekwensi tinggi, daya besar dan tegangan tinggi )
- Peka terhadap temperatur.
- Pada jenis - jenis tertentu cukup mahal.

## A. MATERIAL SEMI KONDUKTOR.

### 1. Material Dasar.

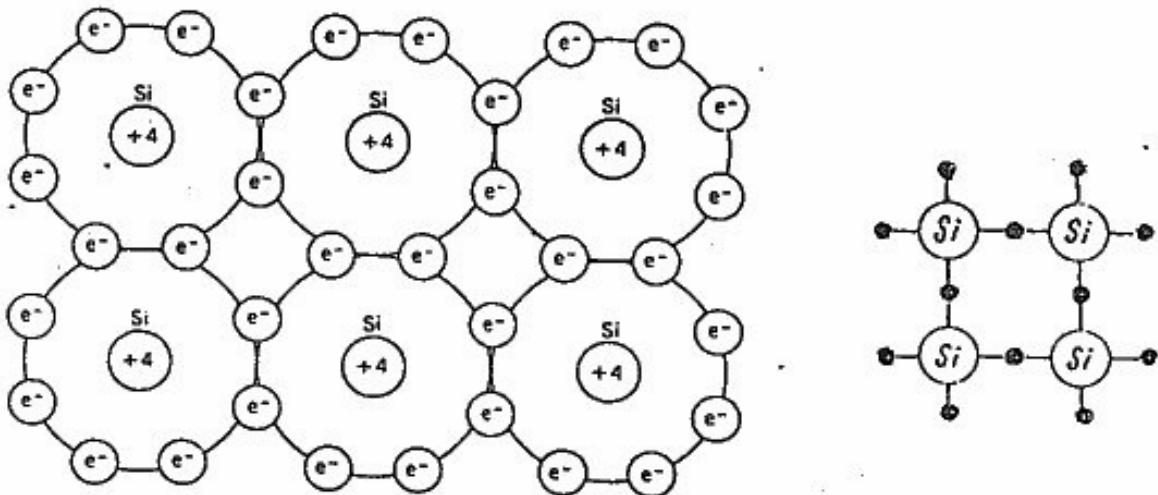
Bahan semi konduktor yang banyak dipergunakan dalam pembuatan komponen semi konduktor adalah **silikon ( Si )** dan **Germanium ( Ge )**.

Pada umumnya Si dipergunakan untuk komponen dengan kapasitas besar, sedangkan Ge untuk kapasitas kecil karena Ge mempunyai sifat lebih buruk dari Si.

Seperti dijelaskan pada Teori Elektron bahwa pada lingkar luar ( outer ring ) sebuah atom,

- Konduktor mempunyai elektron  $< 4$  pada kulit terluar.
- Semi Konduktor mempunyai elektron  $= 4$  pada kulit terluar.
- Isolator mempunyai elektron  $> 4$  pada kulit terluar.

Dengan demikian Si atau Ge adalah bahan semi konduktor yang pada outer ring sebuah atomnya mempunyai elektron 4 ( empat ). Si atau Ge tersebut dibuat kristal ( covalent bonding ) dimana elektron pada outer ring setiap atom saling mengikat dengan elektron pada outer ring atom lainnya sehingga masing - masing atom mempunyai 8 elektron, seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gbr VII - 1. Struktur kristal silikon.

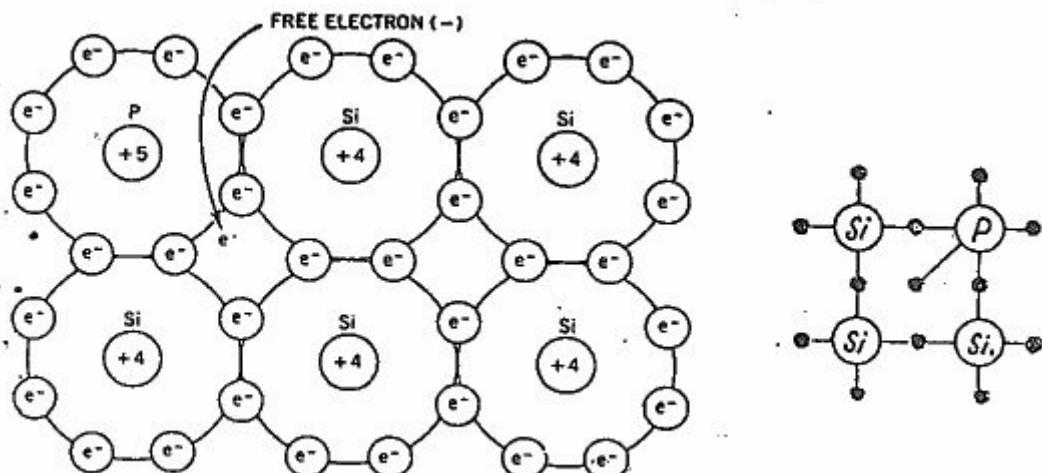
## 2. Material N.

Bila kristal Si atau Ge ditambah ( di-doping ) dengan material P ( phosphorus ) yang mempunyai 5 elektron di-outer ring, maka akan terjadi salah satu elektron P yang tidak saling mengikat dengan kristal Si atau Ge.

Salah satu elektron dari material P tersebut dapat bergerak bebas ke seluruh kristal sehingga menjadi elektron bebas ( free electron ).

Dengan sifat yang demikian tersebut maka kristal Si atau Ge yang didoping dengan P, untuk selanjutnya disebut **Material - N** ( material donor ) seperti pada gambar berikut ini.

Selain material P ( phosphorus ), untuk membuat material N dapat juga digunakan material Arsenic ( As ) atau Antimony ( Sb ).



Gbr VII - 2. Kristal material semi konduktor - N.

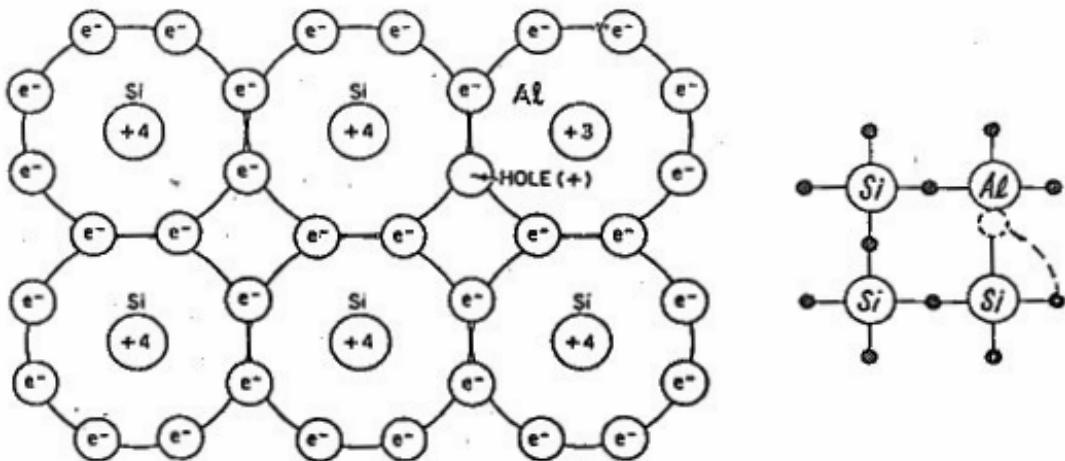


### 3. Material P.

Bila kristal Si atau Ge ditambah ( di-doping ) dengan material Al ( Alumunium ) yang mempunyai 3 elektron di-outer ring, maka untuk membentuk ikatan kristal / covalent bonding akan kekurangan elektron yang disebut dengan hole.

Dengan sifat yang demikian, maka kristal Si atau Ge yang didoping dengan Al, untuk selanjutnya disebut **Material - P** ( material akseptor ) seperti pada gambar berikut ini.

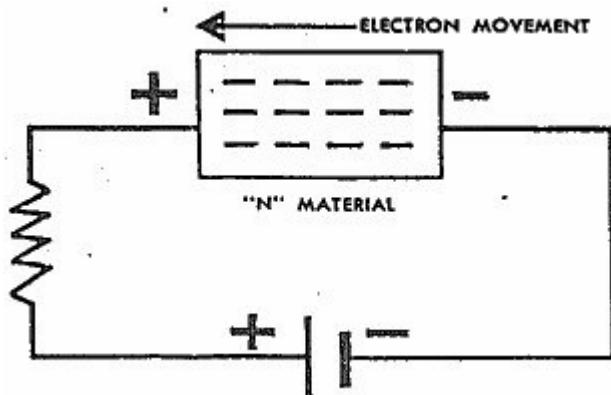
Selain material Al ( aluminium ), untuk membuat material P dapat juga digunakan material B ( boron ).



Gbr VII - 3. Kristal material semi konduktor - P.

### 4. Arus pada Material N atau P.

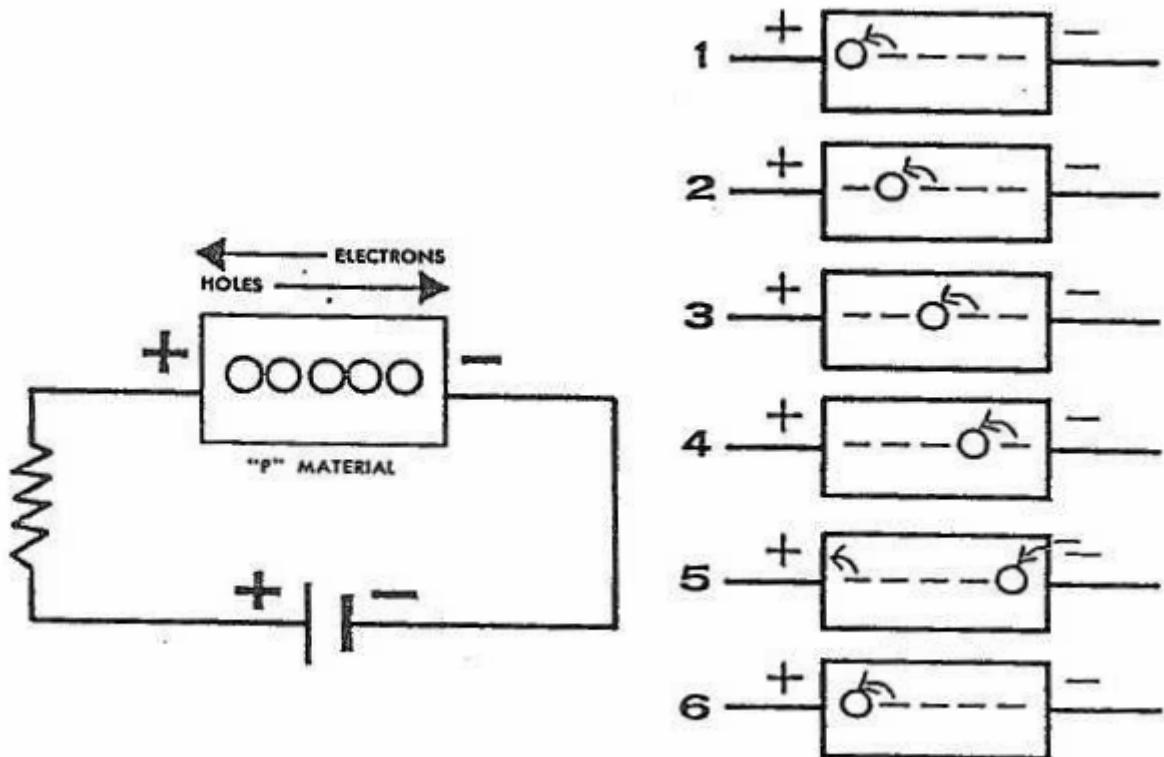
Bila material N dihubungkan dengan sebuah sumber, maka arus elektron akan mengalir disirkuit. Arus ini adalah gerakan dari elektron - elektron bebas seperti halnya pada sebuah kabel tembaga.



Gbr VII - 4. Gerak elektron disirkuit dengan menggunakan material jenis N.



Bila material P dihubungkan dengan sebuah sumber, maka arus yang terjadi adalah gerakan " positive Charged Holes " seperti terlihat berikut ini :



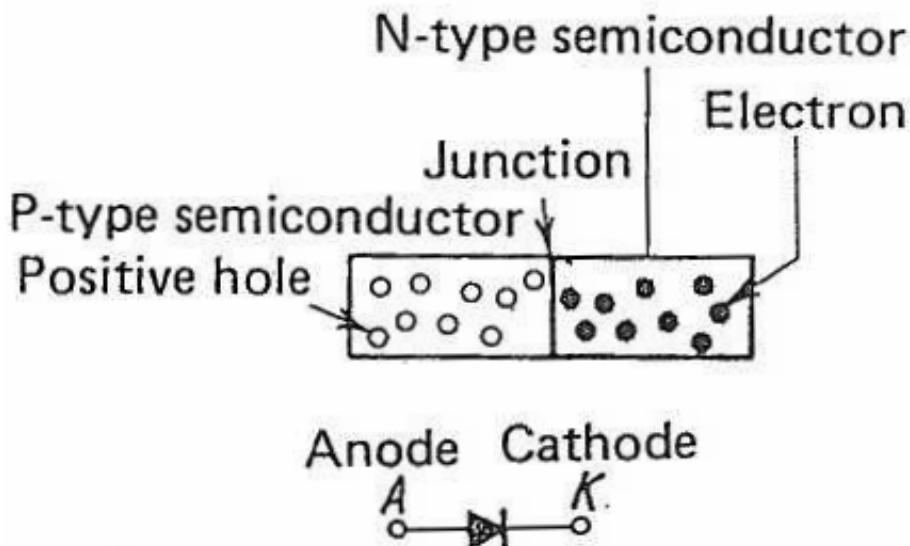
Gbr VII - 5. Gerak hole disirkuit dengan menggunakan material jenis P.

Gerakkan hole yang secara terus - menerus dari terminal positif ke negatif inilah yang merupakan dasar pengoperasian komponen semi konduktor ( misalnya diode dan transistor ).

## B. DIODE.

### 1. Konstruksi Dasar Diode.

Diode adalah suatu komponen elektronika kutub du ( P - N junction ) yang dengan demikian mempunyai dua kutub keluaran yaitu Anode ( A ) dan Cathode ( K ) seperti terlihat pada gambar berikut ini.



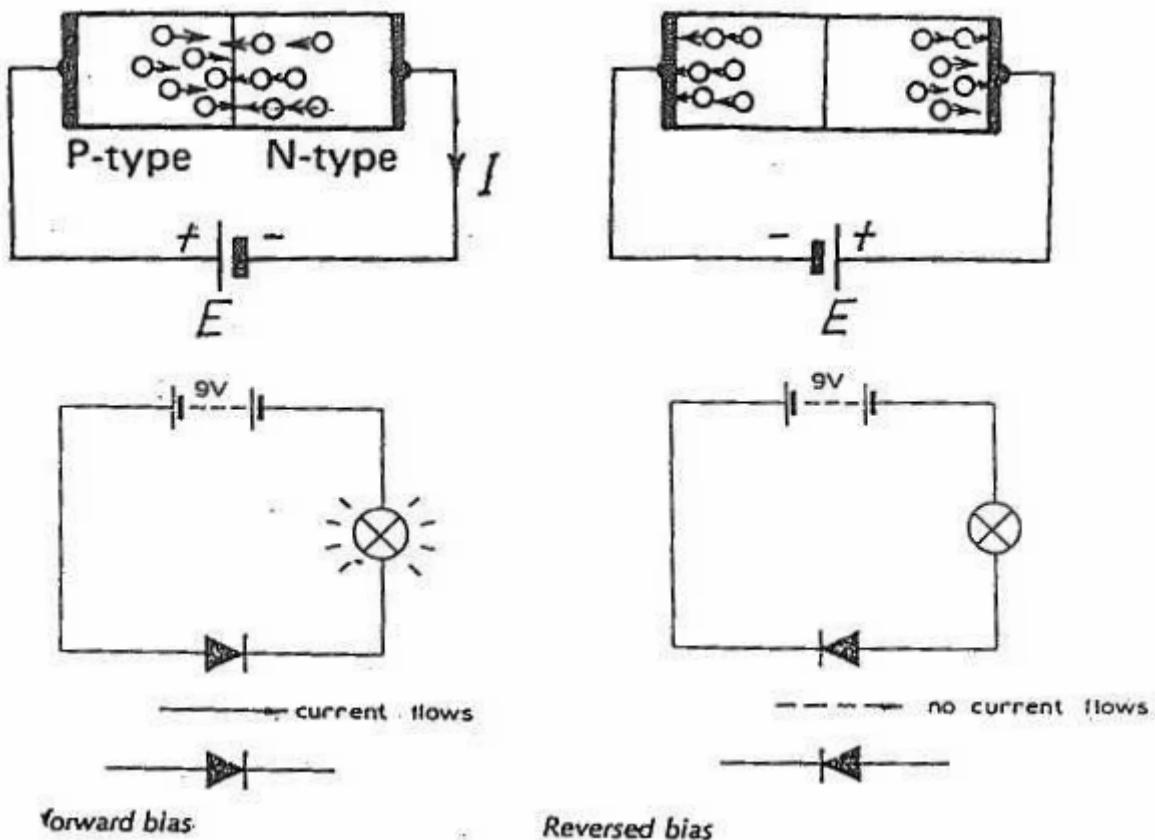
Gbr VII - 6. Konstruksi dasar dan simbol diode.

### 2. Prinsip Kerja Diode.

Diode dikatakan mendapat forward Bias apabila anode ( A ) lebih positif dari Cathode ( K ) dan dikatakan mendapat reverse Bias apabila Cathode ( K ) lebih positif dari anode ( A ).

Arus listrik hanya bisa mengalir apabila diode mendapat Forward Bias atau arus hanya mengalir dari anode ke cathode saja.

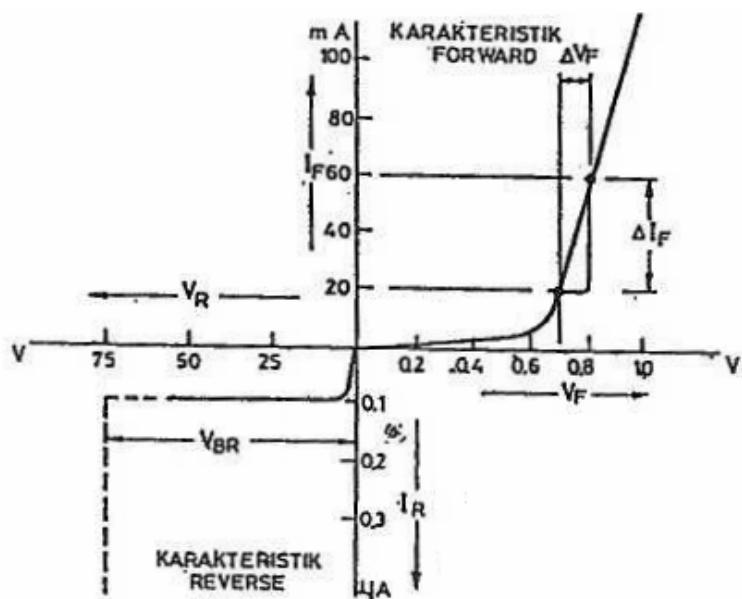
Pada gambar berikut ini diperlihatkan suatu prinsip dasar kerja dari sebuah diode.



Gbr VII - 7. Prinsip kerja diode.

### 3. Karakteristik Diode.

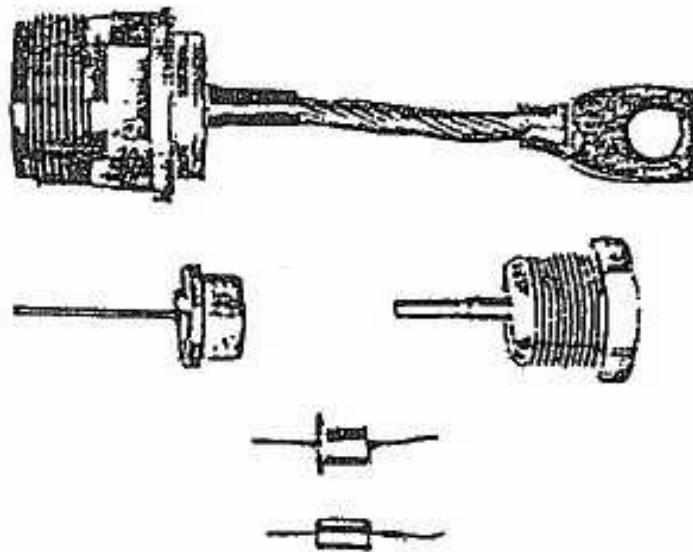
Untuk menelaah karakteristik sebuah diode, maka pada gambar berikut ini diberikan suatu contoh karakteristik sebuah diode.



Gbr VII - 8. Contoh karakteristik diode.

#### 4. Bentuk - bentuk Diode.

Berikut ini contoh bentuk - bentuk diode pada umumnya.

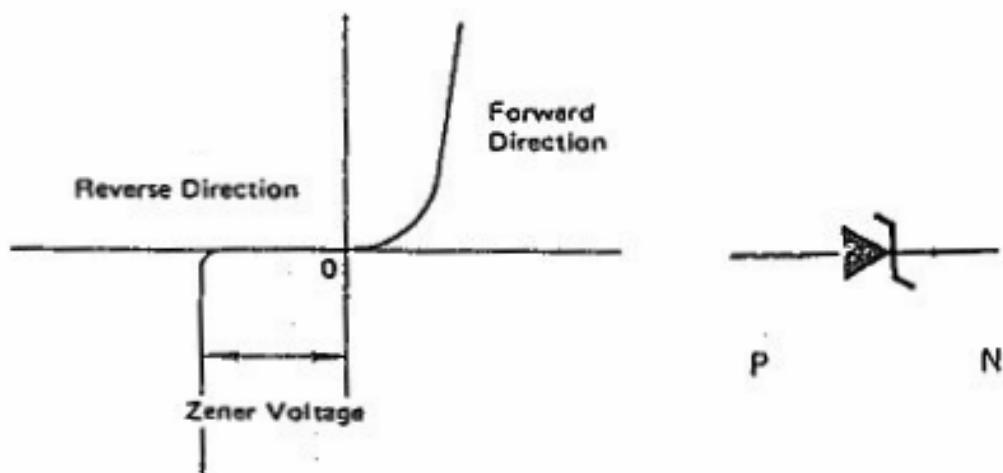


Gbr VII - 9. Bentuk - bentuk diode.

Selanjutnya, untuk mengidentifikasi sebuah diode, pada umumnya terminal cathode diberi tanda / warna atau pada badan diode digambarkan simbol diode.

#### 5. Zener Diode.

Zener diode adalah sebuah diode yang dirancang khusus untuk menghantarkan arus reverse tanpa merusaknya. Simbol dan contoh karakter Zener diode dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gbr VII - 10. Simbol dan contoh karakteristik Zener Diode.



Suatu contoh , sebuah zener diode tidak mengalirkan arus bila reverse bias voltage lebih rendah dari 6 volt. Tetapi bila reverse bias voltage menjadi 6 volt atau lebih, maka zener diode dengan sekonyong - konyong mengalirkan arus reverse.

### C. TRANSISTOR.

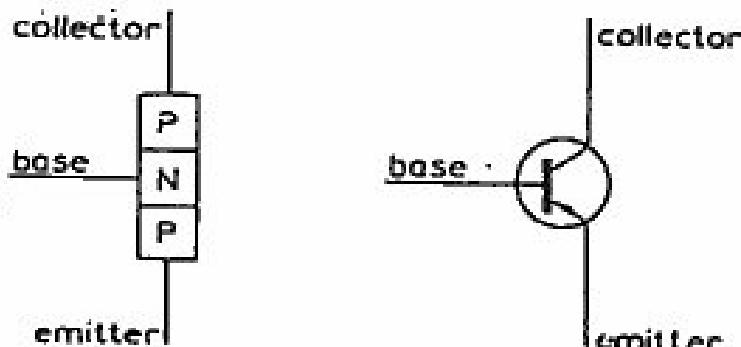
Transistor adalah suatu komponen elektronika yang juga merupakan pertemuan (junction) material P dan N. Dalam pembuatannya, diantara material P atau N disisipkan suatu lapisan tipis P atau N.

Dari hal tersebut maka dapat dibuat dua kemungkinan transistor yaitu PNP atau NPN. Dimana pada dasarnya keduanya mempunyai prinsip kerja yang sama.

Adapun dalam rangkaian elektronika, pada umumnya transistor dipergunakan sebagai electric switch.

#### 1. Transistor PNP.

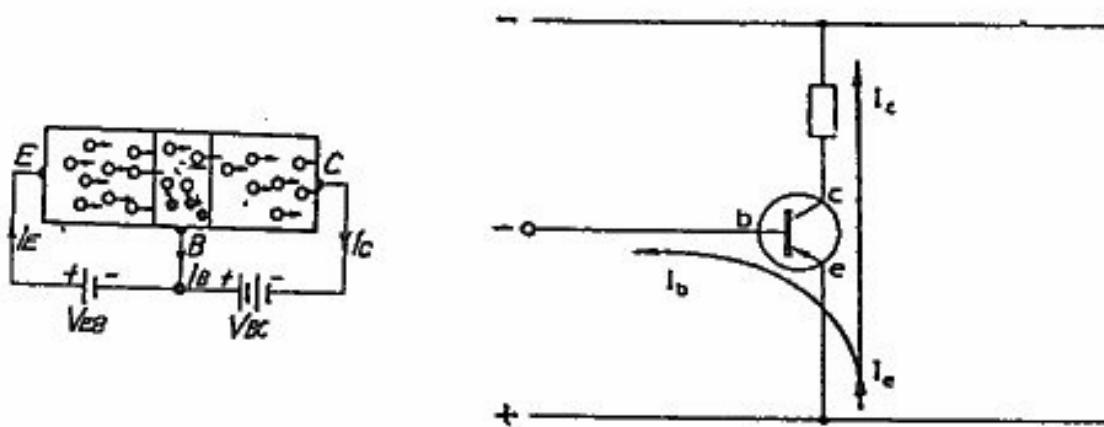
Di dalam pembuatan transistors PNP, diantara dua buah lapisan P disisipkan satu lapisan tipis N. Dengan demikian konstruksi dasar transistor PNP dan simbolnya dapat digambarkan sebagai berikut :



*PNP transistor*

Gbr. VII - 11. Konstruksi dan simbol transistor PNP.

Prinsip kerja transistor PNP dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr. VII - 12. Prinsip kerja transistor PNP.

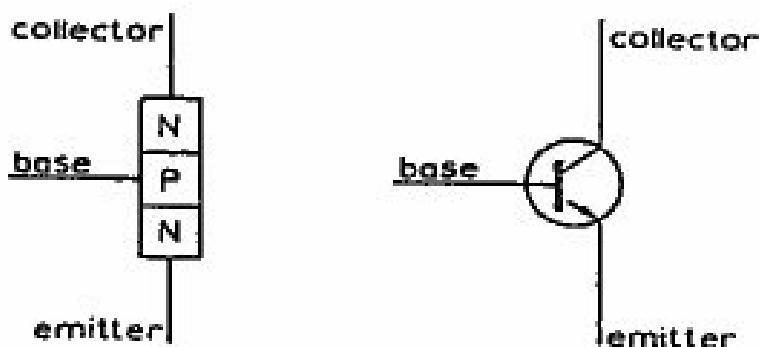
Pada prinsipnya akan ada arus mengalir dari emitter ( E ) ke collector ( C ) bila sudah ada arus dari emitter ( E ) ke base ( B ).

Dan bila :  $I_b$  = arus base.  
 $I_c$  = arus collector.  
 $I_e$  = arus emitter.

maka :  $I_e = I_b + I_c$ .

## 2. Transistor NPN.

Di dalam pembuatan transisitor NPN, diantara dua buah lapisan N disisipkan satu lapisan tipis P. Dengan demikian konstruksi dasar transistor NPN dan simbolnya dapat digambarkan sebagai berikut :

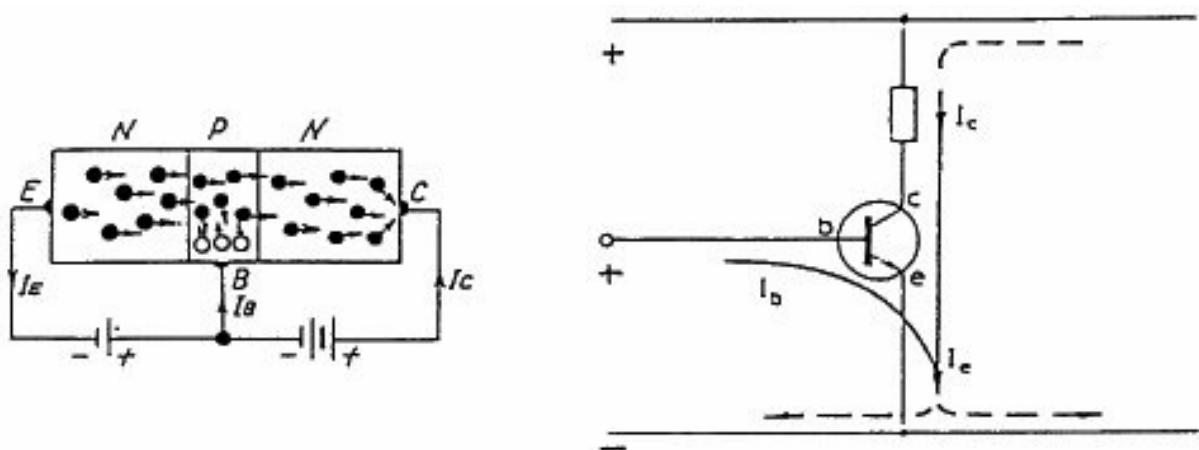


NPN transistor

Gbr. VII - 13. Konstruksi dan simbol transistor NPN.



Prinsip kerja transistor NPN dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr. VII - 14. Prinsip kerja transistor NPN.

Pada prinsipnya akan ada arus mengalir dari collector ( C ) ke emitter ( E ) bila sudah ada arus dari base ( B ) ke emitter ( E ).

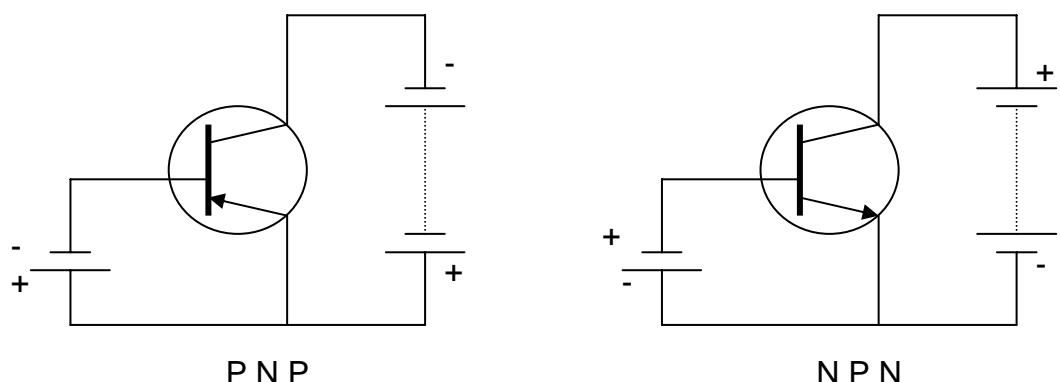
Dan bila :  $I_b$  = arus base.  
 $I_c$  = arus collector.  
 $I_e$  = arus emitter.

maka :  $I_e = I_b + I_c$ .

### 3. Karakteristik NPN.

Dalam keadaan mkerja normal, transistor harus diberi polaritas sebagai berikut :

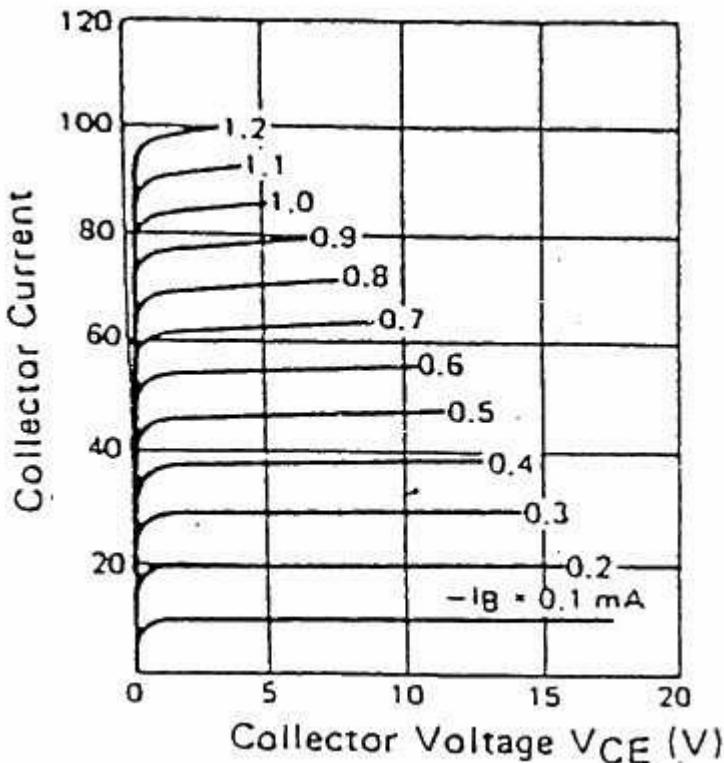
- ▶ Pertemuan emitter base diberi polaritas dalam arah maju.
- ▶ Pertemuan base collector diberi polaritas dalam arah mundur.



Gbr. VII - 15. Dasar polaritas transistor.



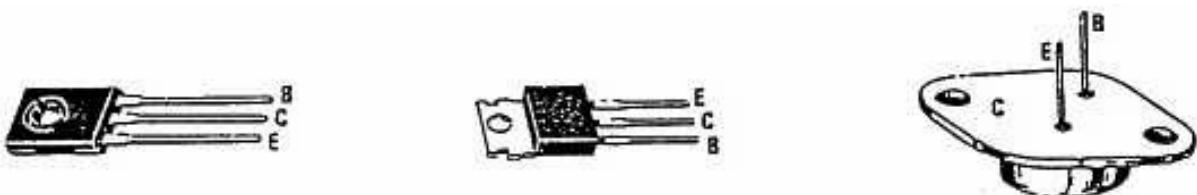
Contoh karakteristik sebuah transistor dapat digambarkan seperti gambar berikut ini :



Gbr. VII - 17. Contoh karakteristik sebuah transistor.

#### 4. Bentuk - bentuk transistor .

Berikut ini adalah contoh bentuk - bentuk transistor.

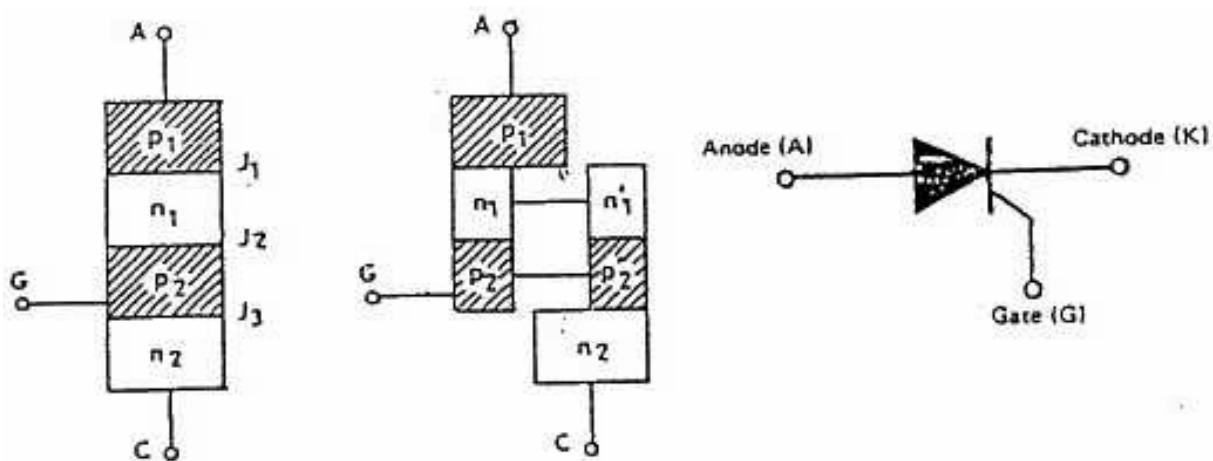


Gbr. VII - 18. Contoh bentuk - bentuk transistor.

#### D. THYRISTOR ( SCR = SILICON CONTROLLED RECTIFIER ).

##### 1. Konstruksi dasar thyristor.

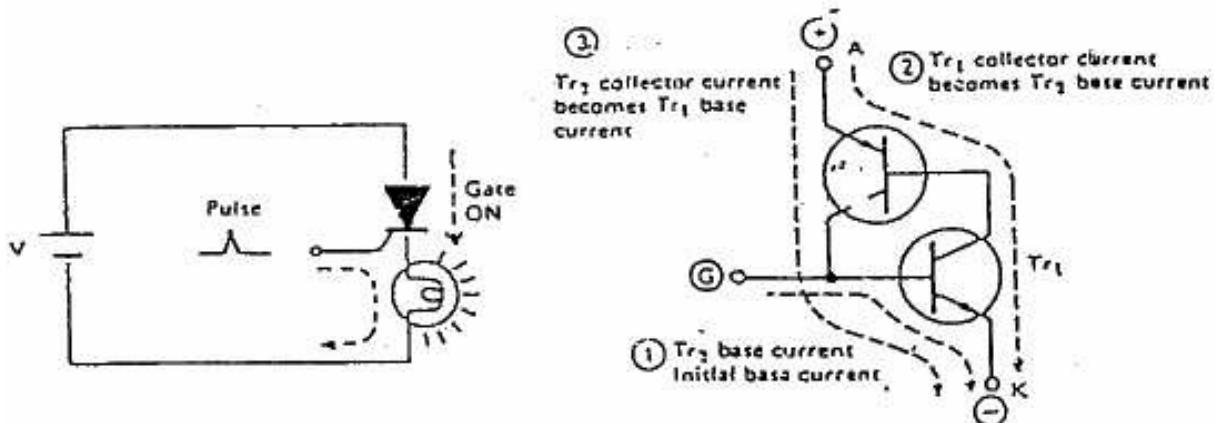
Konstruksi dasar sebuah SCR adalah merupakan susunan empat lapisan bahan semi konduktor P N P N atau N P N P dengan tiga terminal keluaran yaitu Anode ( A ), Cathode ( K ) dan Gate ( G ). Hal tersebut diatas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gbr. VII - 19. Konstruksi dasar dan simbol SCR.

## 2. Prinsip Kerja thyristor.

Prinsip kerja sebuah thyristor dapat dijelaskan sebagai berikut :

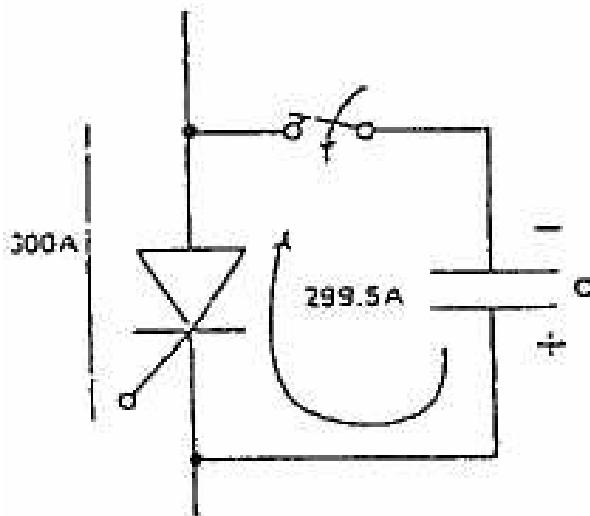


Gbr. VII - 20. Prinsip kerja thyristor.

Pada dasarnya sebuah thyristor sama dengan dua buah transistor yang dihubungkan seperti pada gambar diatas.

Bila base current ( 1 ) sudah mengalir ke Tr1, maka arus akan mengalir arus base ( 2 ) pada Tr2. Akibatnya, arus collector ( 3 ) pada Tr2 akan mengalir yang juga merupakan arus base ( 1 ) ditiadakan ( thyristor tetap ON ). Selanjutnya untuk meng-OFF-kan thyristor dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

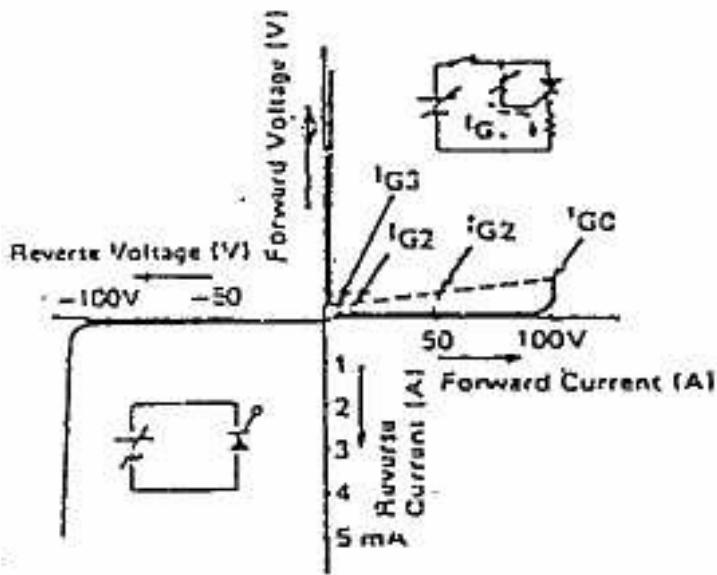
- ▶ Memperkecil arus mengalir hingga nol.
- ▶ Diberikan hubung singkat dengan kapasitor yang sudah diberi charge. Hal ini dapat dilihat dari gambar berikut.



Gbr. VII - 21. Meng-Off-kan thyristor.

### 3. Karakteristik thyristor.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan contoh karakteristik sebuah thyristor.



Gbr. VII - 22. Contoh karakteristik sebuah thyristor.

Jika thyristor diberi forward bias ( anode diberi tegangan positif dan cathode diberi tegangan negatif ), maka thyristor akan ONM setelah ada arus gate.

Dalam kondisi diatas ( forward bias ) tegangan dinaikkan sampai tegangan tertentu, maka tiba - tiba thyristor akan ON. Tegangan ini disebut " break - over voltage " yang dapat merusak thyristor.

Dari hal tersebut thyristor tidak akan ON kecuali berikan arus gate ( thyristor diberi forward bias ).

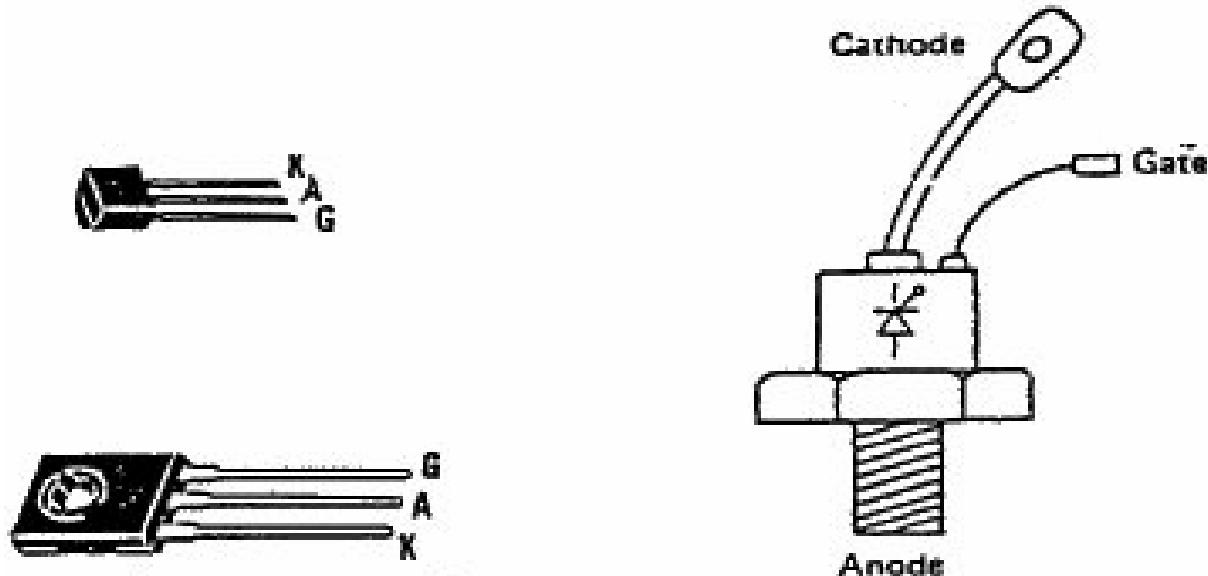


Selanjutnya, bila thyristor diberi reverse bias ( anode diberi tegangan negatif dan cathode diberi tegangan negatif ), maka thyristor mempunyai karakteristik seperti diode biasa. Dengan demikia, thyristor akan tetap OFF.

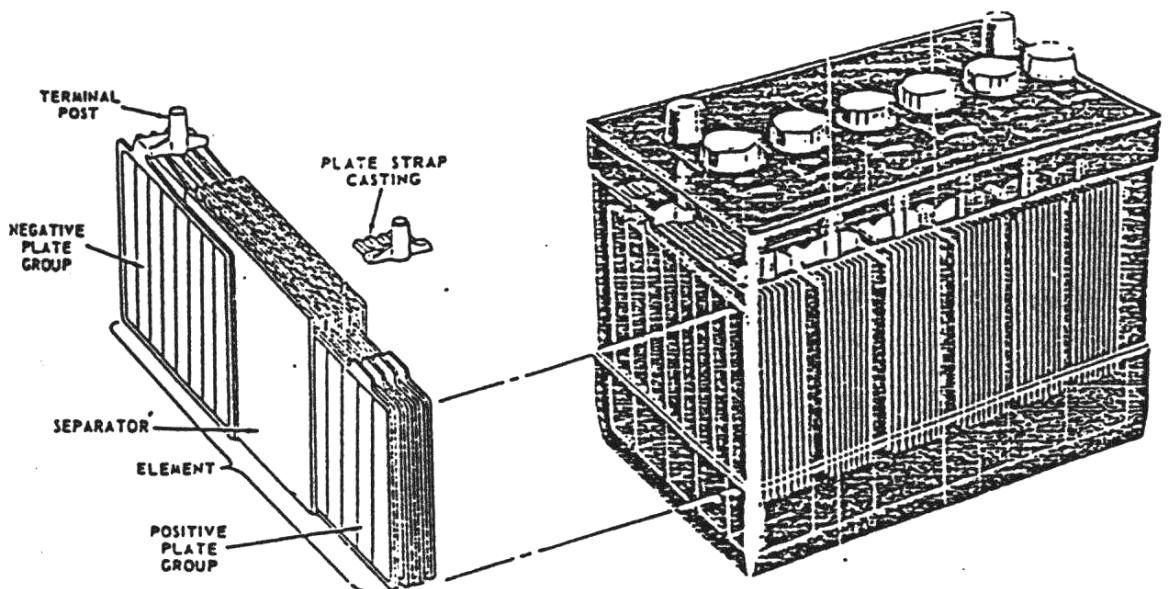
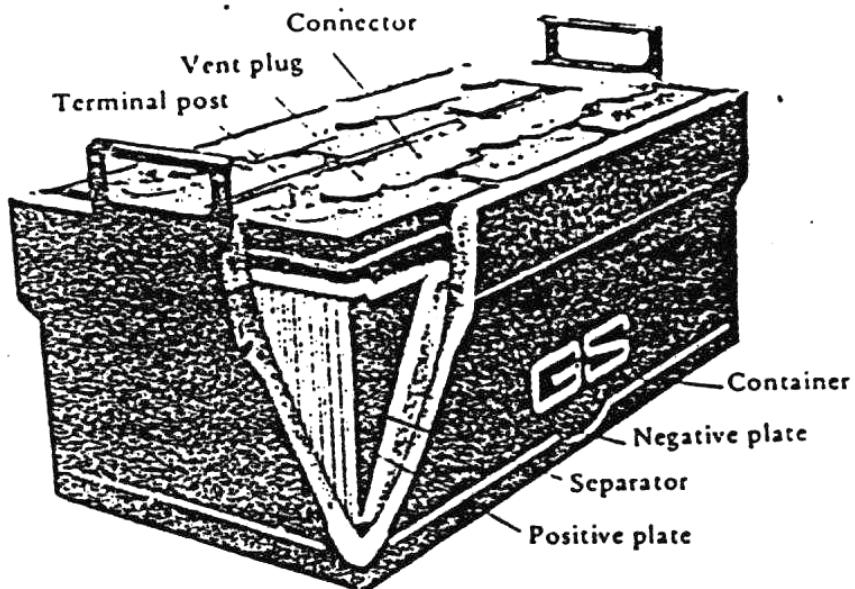
Selanjutnya bila tegangan dinaikkan ( diberi reverse voltage ), maka pada tegangan tertentu thyristor akan “ break down ”. Hal inipun dapat merusak thyristor.

### 5. Bentuk - bentuk thyristor.

Contoh bentuk - bentuk thyristor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gbr. VII - 23. Contoh bentuk - bentuk thyristor.



Fungsi battery adalah sebagai alat perubah energi kimia menjadi energi listrik untuk menyediakan listrik bagi sistem kelistrikan pada unit.

## A. KONSTRUKSI DAN TIPE BATTERY.

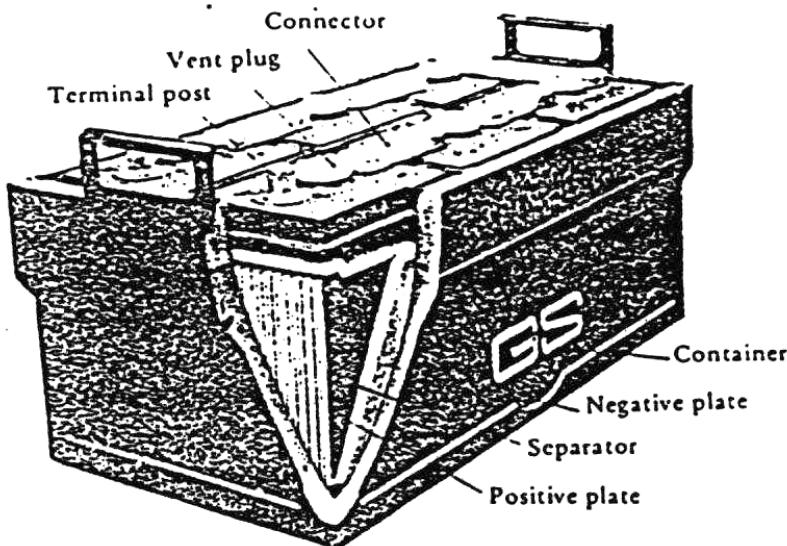
Battery dapat dibedakan berdasarkan konstruksi dan tipenya seperti berikut ini :

### 1. Konstruksi Battery.

Battery menurut kontruksinya ada 2 macam yaitu :

#### a. Konstruksi compound.

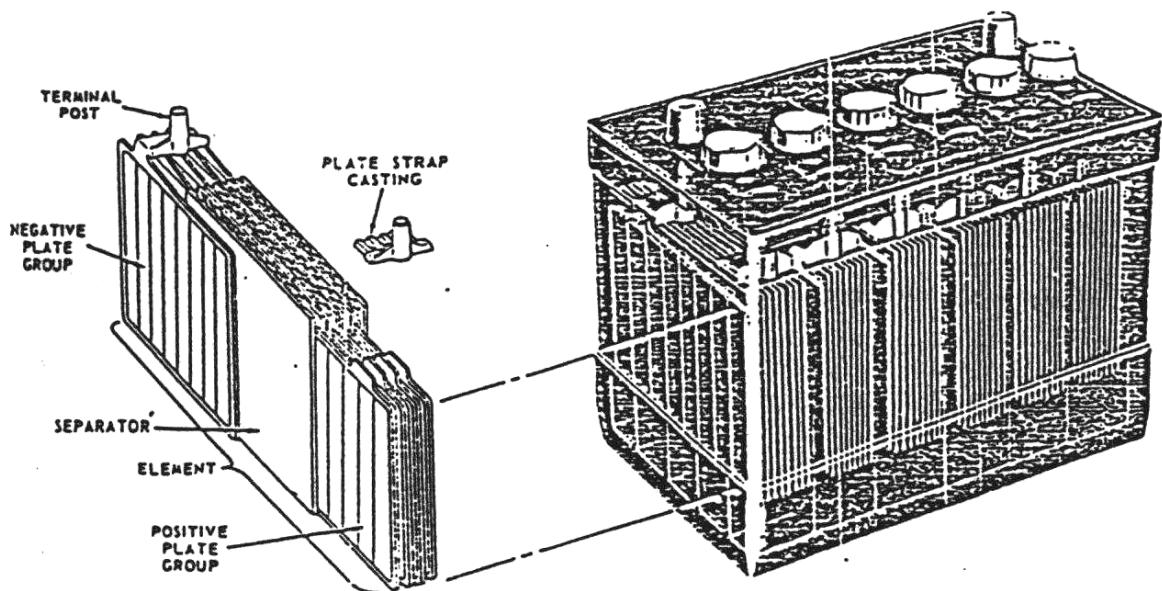
Battery ini sel - selnya berdiri sendiri - sendiri dan antara sel yang satu dengan yang lain dihubungkan dengan lead bar ( connector ) di luar case, seperti pada gambar berikut ini :



Gbr VIII - 1. Battery jenis Coumpound.

#### b. Konstruksi Solid.

Battery ini antara sel yang satu dengan yang alin dihubungkan dengan lead bar di dalam case. Terminal yang kelihatan hanya dua buah hasil hubungan seri dari sel - selnya seperti gambar berikut ini.



Gbr VIII - 2. Battery jenis Solid.

## 2. Tipe Battery.

Battery menurut tipenya ada 2 macam yaitu :

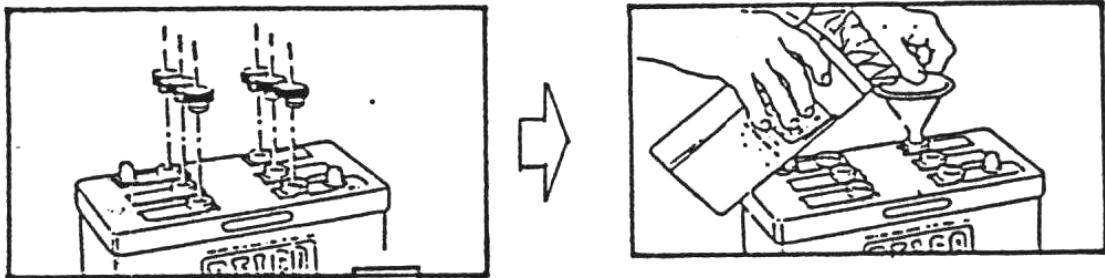
### a. Tipe Basah ( Wet Type ).

Battery tipe basah ( Wet Type ) terdiri dari elemen - elemen yang telah diisi penuh dengan muatan listrik ( full charged ) dan dalam penyimpanannya telah diisi dengan elektrolit. Battery ini tidak bisa dipertahankan tetap dalam kondisi full charge. Sehingga harus diisi ( charge ) secara periodik.

Selama battery tidak digunakan dalam penyimpanan, akan terjadi reaksi kimia secara lambat yang menyebabkan berkurangnya kapasitas battery, reaksi ini disebut " Self Discharge ".

**b. Tipe Kering ( Dry Type ).**

Battery tipe kering ( Dry Type ) terdiri dari plate - plate ( positif & negatif ) yang telah diisi penuh dengan muatan listrik, tapi dalam penyimpanannya tidak diisi dengan elektrolit. Jadi keluar dari pabrik dalam kondisi kering. Setelah battery tersebut diaktif ( diisi elektrolit ), battery dry type ini pada dasarnya sama seperti dengan battery tipe basah ( Wet Type ). Elemen - elemen battery ini diisi secara khusus dengan cara memberikan arus DC pada plat yang direndamkan ke dalam larutan elektrolit lemah. Setelah plat - plat itu terisi penuh dengan muatan listrik, kemudian di angkat dari larutan elektrolit kemudian dicuci dengan air dan dikeringkan. Kemudian plat - plat tersebut diassembly dalam case battery. Sehingga bila battery tersebut akan dipakai, cukup diisi elektrolit dan langsung bisa digunakan tanpa charge kembali. Cara pengisian elektrolit dapat dilihat pada gambar berikut ini :



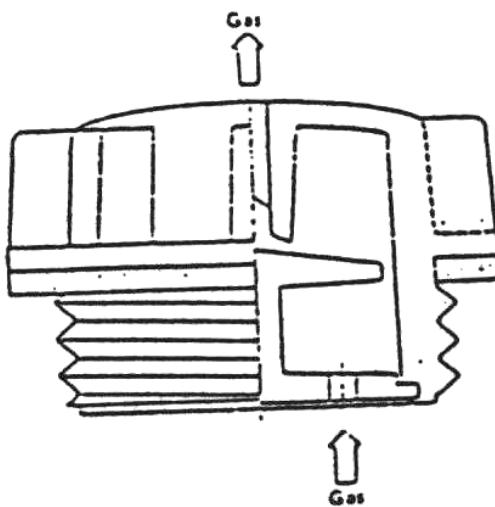
Gbr VIII - 3. Pengaktifan Dry Charged Batteries.

**B. VENT PLUG .**

Vent plug terdapat ( menjadi satu ) pada tutup di setiap sel. Fungsi tutup itu itu adalah untuk mencegah masuknya debu dan kotoran ke dalam sel.

Fungsi yang lebih penting lagi adalah agar tersedia saluran ( lubang ) untuk membebaskan gas dan memungkinkan terbentuknya lagi asam sulfat yang terkandung di dalam uap asam yang terbentuk pada saat pengisian battery ( lihat bentuk saluran vent plug ).

Membiarkan tutup sel itu terbuka menyebabkan kootrnya sekitar lubang oleh karena adanya uap asam.



Gbr VIII - 4. Vent Plug.

### C. PLAT POSITIF DAN PLAT NEGATIF.

#### 1. Plat Positif.

Plat positif terbuat dari material PbO<sub>2</sub> ( Lead Peroxide ) yang berwarna coklat tua.

#### 2. Plat Negatif.

Plat negatif terbuat dari material Pb ( spongy lead ) yang berwarna kelabu.

Untuk mencegah plat positif dan plat negatif bersinggungan, dipasang separator yang terbuat dari polyvinyl chloride ( PVC ) yang berpori - pori.

### D. ELEKTROLIT ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ).

Standard berat jenis ( specific gravity ) elektrolit battery pada temperature standard ( 20 derajat Celsius ) adalah 1.280. Apabila temperature larutan elektrolit berubah, maka standard berat jenis elektrolit battery akan berubah juga.

Berat jenis akan turun pada saat battery dipakai ( discharge ). Pada kondisi standard ( 20 derajat Celsius ), bila berat jenis elektrolit turun mencapai 1.200, maka battery harus diisi kembali ( charging ).

Bila jumlah elektrolit di dalam battery berkurang, maka harus ditambah dengan air aki ( air suling saja ).



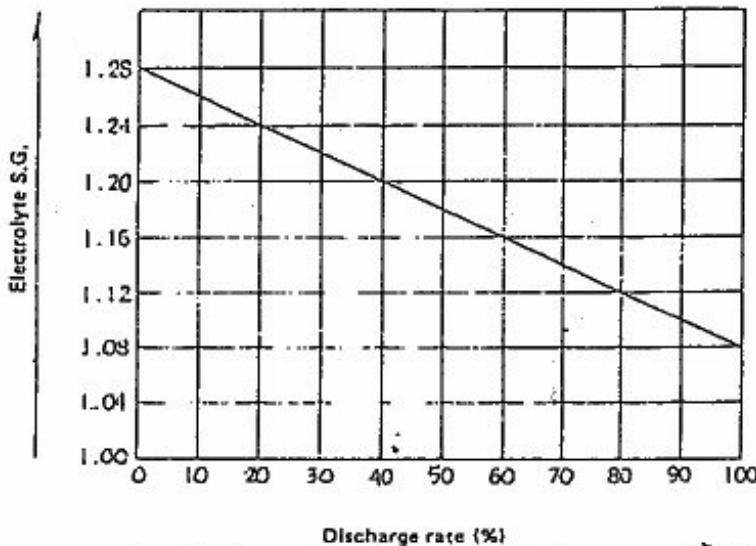
Berat jenis elektrolit akan turun pada saat battery dipakai ( discharge ). Pda kondisi standart ( 20° C ), bila berat jenis elektrolir turun mencapai 1.200, maka battery harus diisi kembali ( charging ).

Bila jumlah elektrolit di dalam battery berkurang, maka harus ditambah dengan air aki ( air suling ).

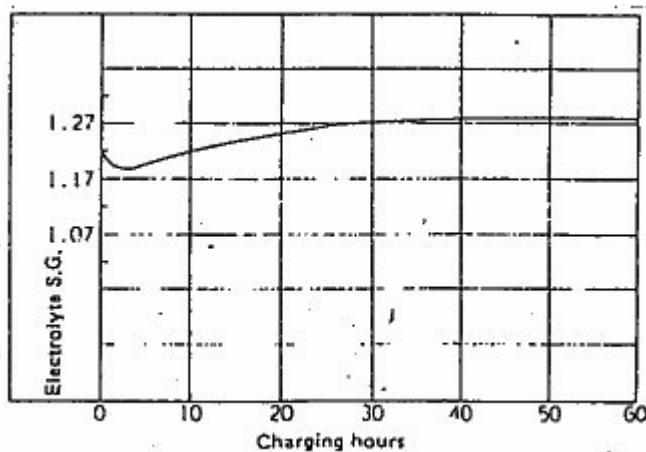
Perubahan berat jenis elektrolit tergantung oleh :

- ▶ Discharge rate.
- ▶ Charge rate.
- ▶ Temperature.
- ▶ Jumlah asam sulfat yang terkandung dalam elektrolit.

Perubahan berat jenis ini dapat dilihat pada gambar - gambar berikut ini :



Gbr VIII - 5. Perubahan berat jenis elektrolit saat battery digunakan.



Gbr VIII - 6. Perubahan berat jenis elektrolit saat pengisian battery.



Larutan elektrolit dapat membeku pada temperatur tertentu. Oleh karena itu kalau menyimpan battery boleh ditempat sedingin mungkin asalkan tidak sampai larutan elektrolitnya membeku. Seperti terlihat pada tabel berikut ini :

Condition of Battery	Specific Grauity of Electrolyte	When Electrolyte Frzerzes ( temp ). ( °F )	( °C )
Discharged	1.100	+ 18°	- 8°
	1.140	+ 8°	- 13°
	1.180	- 6°	- 21
	1.220	- 31°	- 35°
	1.260	-75°	- 59°
Fully - charged			

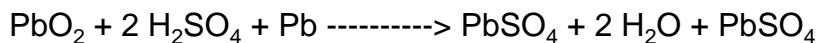
Gbr VIII - 7. Pembekuan elektrolit pada berat jenis dengan temperatur tertentu.

## E. REAKSI KIMIA.

Battery pada saat discharging maupun re - charging akan terjadi reaksi kimia.

### 1. Reaksi Kimia Pada Saat Discharging.

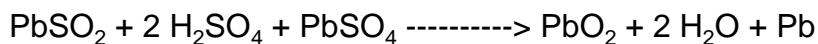
Yang dimaksud discharging adalah penggunaan isi ( kapasitas ) battery. Reaksi kimia yang terjadi ialah :



Pada akhir discharging, plat positif dan plat negatif akan menjadi  $\text{Pb SO}_4$  dan elektrolitnya akan menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ .

### 2. Reaksi Kimia Pada Saat Recharging.

Recharging adalah proses pengisian battery. Reaksi kimia terjadi ialah :

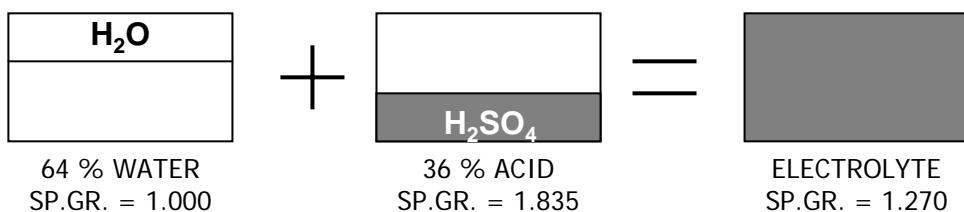


Akhir dari proses recharging ini, plat positif kembali menjadi  $\text{PbO}_2$  dan plat negatifnya  $\text{Pb}$ , sedangkan elektrolit kembali terbentuk menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .



### 3. Larutan Elektrolit.

Larutan elektrolit ini terdiri dari pencampuran antara Asam Sulfat ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) yang berat jenisnya 1,835 dan air ( H<sub>2</sub>O ) yang berat jenisnya 1 dengan komposisi tertentui seperti gambar berikut ini :



Gbr VIII - 8. Komposisi elektrolit battery.

Hasil campuran 36 Asam sulfat dan 64 %air akan menghasilkan elektrolit yang berat jenisnya 1.270 pada 80° F ( 27°C ).

## F. TERMINAL VOLTAGE.

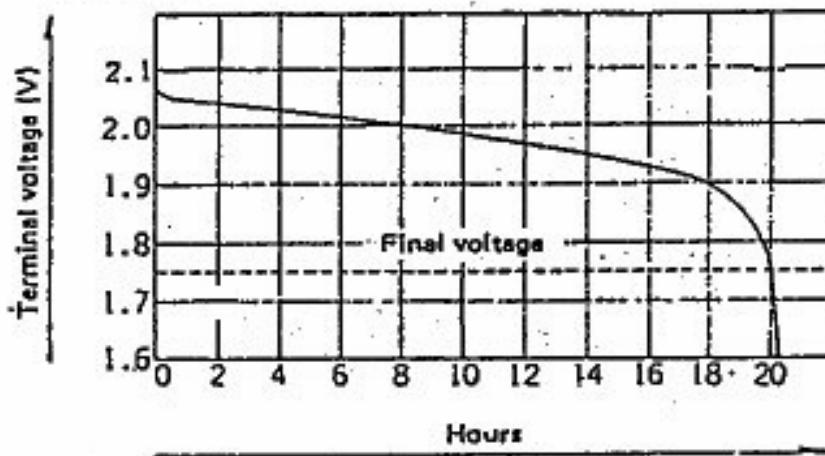
Terminal voltage adalah batas tegangan battery yang diijinkan pada saat discharging dan recharging.

### 1. Saat Dicharging.

Ketika battery dipakai dengan arus besar, sebagai contoh digunakan untuk memutar engine waktu start, maka tahanannya dalam battery akan naik. Hal ini tidak hanya disebabkan berkurangnya asam sulfat ( yang semestinya untuk mempertahankan kecepatan reaksi kimia antara plat - plat dan elektrolit ), tetapi juga akibat polarisasi battery itu.



Terminal voltage battery dalam satu sel yang dipakai selama 20 jam ( untuk battery N 200 ) dan arus yang digunakan 10A adalah seperti [pada kurva berikut ini] :

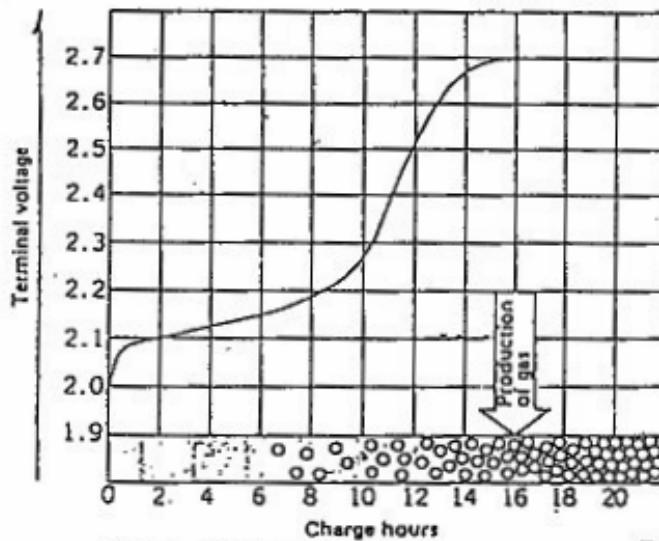


Gbr VIII - 9. Final terminal voltage untuk 1 sel battery saat discharge.

## 2. Saat Recharging.

Pada saat recharging ( arus pengisian kurang lebih sepersepuluh dari arus discharging rata - rata ) maka akan menghasilkan naiknya perbedaan potensial antara terminal positif dan negatif.

Pada saat recharging tersebut, akan timbul gelembing - gelembung karena peristiwa elektolisa ( penguraian )  $H_2O$ . Gelembungf - gelembung tersebut dapat menyebabkan umur battery pendek. Oleh karena itu, ketika recharging apabila sudah mencapai terminal voltage, maka recharging dihentikan. Lihat kurva berikut ini :



Gbr VIII - 10. terminal voltage pada saat recharging untuk 1 sel..



## G. SELF DISCHARGE

Suatu battery yang telah diisi elektrolit, jika didiamkan ( tidak dipakai ) akan kehilangan muatan listriknya. Hal ini disebabkan setelah battery diisi elektrolit, maka battery mulai mengalami suatu reaksi kimia, meskipun battery tersebut dipakai atau tidak. Sifat seperti ini tidak dapat dihindarkan pada semua battery.

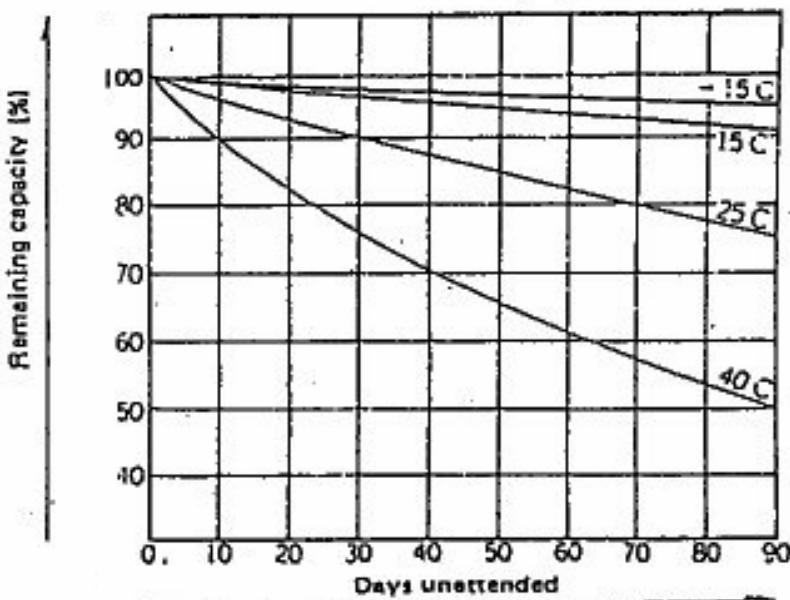
Kehilangan muatan listrik yang tersimpan tanpa pemakaian melalui rangkaian luar disebut " Self Discharge ".

Sebab - sebab self discharge sebagai berikut :

- ❑ Plat negatif beraksi langsung dengan asam sulfat dari elektrolit membentuk timbal sulfat (  $\text{PbSO}_4$  ).
- ❑ Hubungan singkat antara plat positif dan plat negatif melalui endapan dari material aktif.
- ❑ Jika suhu dan konsentrasi elektrolit tidak merata disekitar plat positif dan negatif akan terjadi reaksi elektrokimia lokal.

Hal - hal seperti diatas ini yang menyebabkan muatan battery akan berkurang meskipun tidak dipakai.

Reaksi kimia yang terjadi dalam battery akan lebih cepat dengan kenaikan suhu elektrolit. Hal ini juga berarti " Self Discharge " akan bertambah cepat jika suhu lebih tinggi. Jadi penyimpanan battery pada suhu rendah lebih effektif dalam memperkecil kecepatan " Self Discharge " seperti terlihat pada kurva berikut ini.



Gbr. VIII - 11. Self Discharge terhadap temperatur elektrolit.



Faktor lain yang mempercepat " Self Discharge " adalah bila elektrolit atau air suling yang disiikan ke dalam battery mengandung material - material pengetes, karena akan menimbulkan reaksi lokal.

## H. KAPASITAS BATTERY.

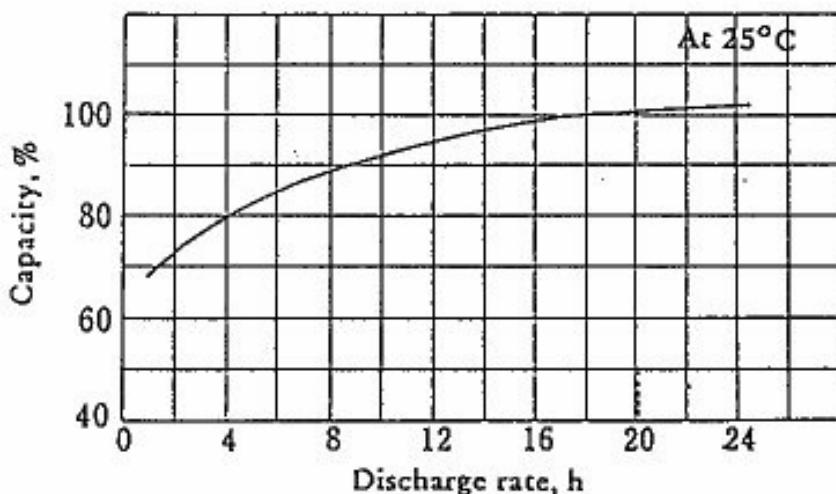
Kapasitas battery adalah jumlah listrik yang dapat dihasilkan dengan melepaskan arus tetap, sampai dicapai voltage akhir ( final terminal voltage ). Besarnya ditentukan dengan mengalikan besar arus pelepasan dengan waktu pelepasan dan dinyatakan dalam AH ( Ampere Hour ).

Jadi untuk menyatakan kapasitas battery, perlu ditentukan laju arus pelepasan. Karena kapasitas battery tergantung dari kuat arus pelepasan.

Misalnya suatu battery mempunyai kapasitas 100 AH untuk laju arus 20 jam. Ini berarti battery tersebut sanggup melepaskan muatan sebesar 5 ampere selama 20 jam. Tapi tidak berarti sanggup melepaskan muatan sebesar 10 ampere selama 10 jam. Suatu battery yang sanggup melepaskan muatan sebesar 10 ampere selama 10 jam disebut mempunyai kapasitas 100 AH untuk laju arus 10 jam. Sedang battery yang sanggup melepaskan muatan sebesar 5 ampere selama 20 jam disebut battery mempunyai kapasitas 100 AH untuk laju arus 20 jam.

Jadi jika ingin membandingkan kapasitas battery perlu disamakan dahulu laju arus pelepasan muatan listriknya.

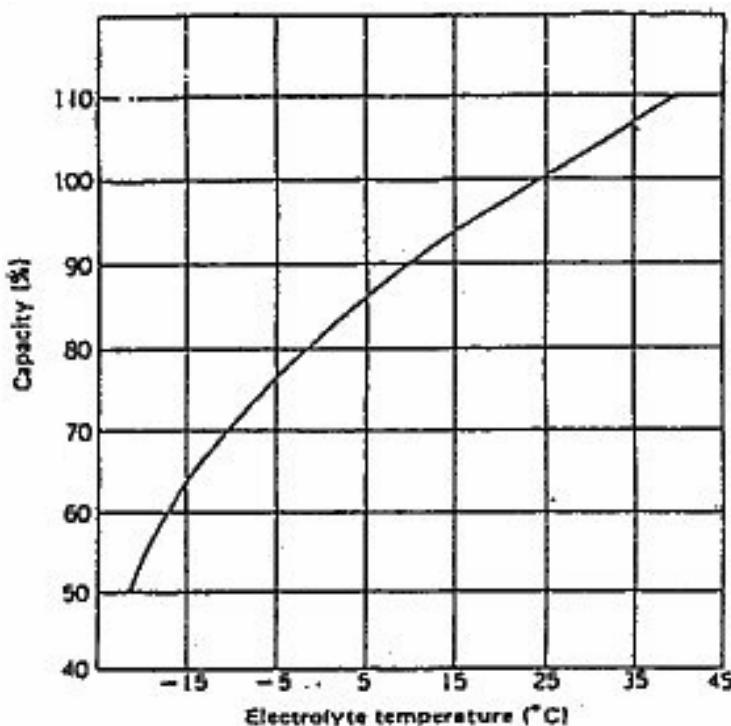
Makin besar arus pelepasan, makin kecil laju arus pelepasan. Hubungan antara laju arus pelepasan kapasitas battery ( untuk battery 120 AH / 20 H ) dapat dilihat pada kurva berikut ini :



Gbr. VIII - 12. Hubungan antara kapasitas battery dan laju arus pelepasan.



Selain arus pelepasan dan laju arus pelepasan, suhu elektrolit juga mempengaruhi kapasitas battery. Standard suhu untuk menentukan kapasitas battery adalah 25°C. Misalnya suatu battery yang dinyatakan mempunyai kapasitas 200 AH untuk laju arus 20 jam adalah bila battery tersebut dipakai (Discharge) dengan arus konstan 10 A, akan sampai pada final terminal voltage selama laju arus 20 jam pada suhu elektrolit 25°C. Pengaruh suhu elektrolit terhadap kapasitas battery dapat dilihat pada kurva berikut ini :



Gbr. VIII - 13. Hubungan temperatur elektrolit dan kapasitas battery.

Jika temperatur elektrolit rendah kecepatan reaksi kimia di dalam battery lambat yang menyebabkan berkurangnya kapasitas battery. Sebaliknya reaksi kimia terjadi dengan cepat pada temperatur tinggi, menyebabkan kapasitas battery naik.

## I. PENGETESAN BATTERY.

Tujuan pengetesan battery adalah untuk mengetahui apakah sebuah battery harus dicharging atau harus diganti (rusak).

Metode pengetesan battery tersebut ada 2 cara yaitu :

1. Specific gravity test.
2. High rate discharge test.



## 1. Pengetesan Berat Jenis Elektrolit.

Kondisi dari sebuah battery yang ditunjukkan oleh berat jenis larutan elektrolitnya. Salah satu cara yang paling sederhana dan lebih dipercaya adalah dengan mengukur berat jenis dari larutan elektrolit. Alat untuk mengukur berat jenis elektrolit disebut “ Hydrometer ” dan dilengkapi dengan thermometer elektrolit.

Hydrometer dikalibrasi untuk mengukur berat jenis elektrolit pada temperatur standard ( JIS ) 20°C ( 68°F ).

Untuk menemukan pembacaan berat jenis yang benar adalah sebagai berikut :

- ▶ Bila suhu diatas 20°C ( 68°F ), ditambah 0,0007 tiap kenaikan 1°C.
- ▶ Bila suhu dibawah 20°C ( 68°F ), ditambah 0,0007 tiap penurunan 1°C.

Sebagai contoh, pada suhu 49°C ( 68°F ) didapatkan pembacaan berat jenis elektrolit 1,2597. Dimana pengukuran ini suhu elektrolitnya 29°C diatas standart yang ditetapkan yaitu 20°C ( 68°F ) JIS. Sehingga pembacaan berat jenis yang sebenarnya dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{20} &= St + 0,0007 ( t - 20 ) \\ &= 1,2597 + 0,0007 ( 49 - 20 ) \\ &= 1,28 \end{aligned}$$

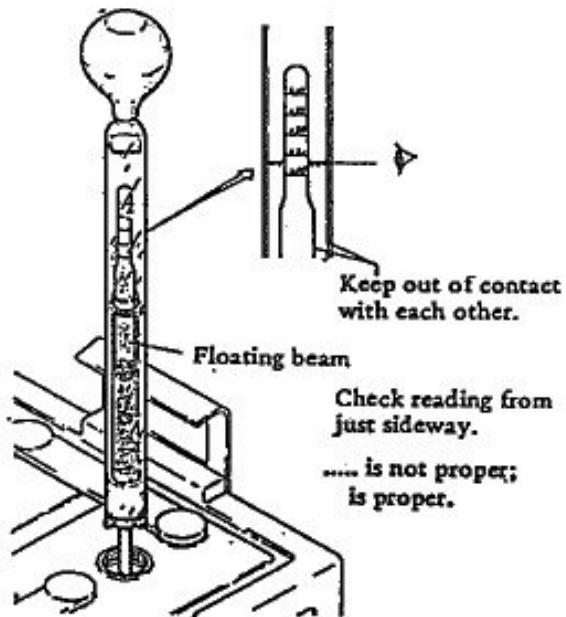
Jadi pembacaan yang benar setelah dikoreksi dengan temperatur adalah 1,28.

Pada contoh yang lain, suhu elektrolit pada saat pengukuran 0°C ( 32°F ) berat jenis elektrolit terbaca 1,294. Dimana temperatur elektrolit 20°C (68°F) dibawah standart ( JIS ). Sehingga pembacaan berat jenis yang benar adalah :

$$\begin{aligned} S_{20} &= St + 0,0007 ( t - 20 ) \\ &= 1,294 + 0,0007 ( 0 - 20 ) \\ &= 1,294 + 0,0203 \\ &= 1,28 \end{aligned}$$

Jadi pembacaan yang benar adalah 1,28 setelah dikoreksi dengan temperatur elektrolitnya. Oleh karena itu, kalau kita mengukur berat jenis elektrolit harus dikoreksi dengan temperatur elektrolitnya.

Pembacaan skala pada hydrometer harus dipastikan bahwa hydrometer floatnya benar - benar bebas, dan kita luruskan mata kita dengan permukaan zat cair untuk mendapatkan pembacaan yang tepat. Pembacaan yang dengan menyudut akan didapatkan hasil yang kurang tepat lihat gambar berikut ini :



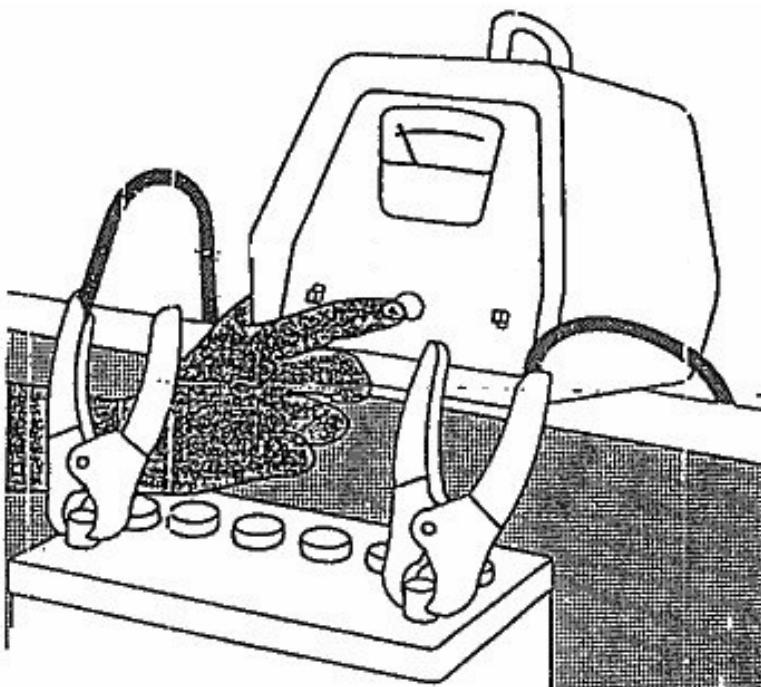
Gbr. VIII - 14. Cara pembacaan hydrometer.

Jika level elektrolit terlalu rendah, tambahkan air suling ditiap - tiap sel dan battery recharging beberapa lama untuk memastikan percampuran antara air dan elektrolit. Kemudian check dengan hydrometer. Apabila dalam pengetesan berat jenis elektrolit lebih kecil dari 1,28 berarti battery tersebut perlu recharging kembali.

## 2. High Rate Discharge Test.

Battery dalam kondisi baik, kemampuan dischargenya dapat diukur dengan pengujian berat jenis elektrolitnya. Akan tetapi pengujian ini tidak memberikan petunjuk faktor-faktor lain yang menyebabkan kemampuan battery jelek.

Untuk memastikan kemampuan battery mengalirkan arus dengan beban, dapat dilakukan dengan "High Rate Discharge Test". Test ini menggambarkan kondisi dalam battery yang tidak mungkin bisa dideteksi dengan alat lain. Lihat gambar berikut ini :



Gbr. VIII - 15. Pengujian high rate discharge battery.

Alat ini pada dasarnya terdiri dari variable resistor dengan kapasitas tinggi yang dirangkai seri dengan ampere meter dan parallel dengan voltmeter. Sehingga bila kita gunakan untuk mengetes battery, langsung bisa dibaca arus yang dibebankan dan final terminal voltage dari battery tersebut. Dari pengukuran ini dapat diketahui standard kemampuan battery.

Syarat yang harus dipenuhi sebelum test dilakukan, antara lain :

1. Berat jenis elektrolit tidak boleh kurang dari 1,215 pada suhu 27°C. Pada kondisi lain akan menyebabkan hasil pembacaan yang tidak menentu.
2. Temperatur elektrolit battery hanya antara 21°C - 32°C ( 70°F - 90°F ). Bila temperatur lebih rendah dari batas ini, maka final terminal voltage battery tidak tetap. Contohnya final terminal voltage battery 12 volt pada temperatur 27°C ( 80°F ) dengan beban yang telah ditentukan adalah sebesar 10,8 volt, bila pada suhu -18°C ( 0°F ) hanya sebesar 8,4 volt.

Catatan :

Kapasitas ( AH ) battery pada umumnya tercetak pada casenya. Untuk battery 6 volt penggunaan beban yang diijinkan dalam test adalah 2 x kapasitasnya. Sedangkan untuk battery 12 volt penggunaan beban yang diijinkan adalah 3 x kapasitasnya.

**a. Cara mengetes High Rate Discharge battery secara lengkap.**

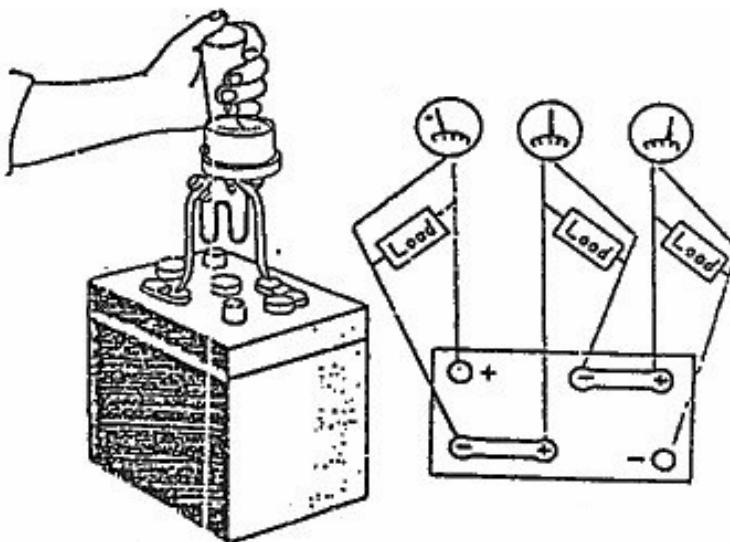
Hubungkan high rate discharge tester ke battery seperti ditunjukkan pada Gbr. VII - 15. Sebaiknya ikuti instruksi dari pabrik pembuatnya.

Battery digunakan ( discharge ) dengan beban tetap selama  $\pm$  20 detik, kemudian baca terminal volatagenya. Jika battery dalam kondisi yang memuaskan, terminal volatagenya akan diatas 4,5 volt untuk battery 6 volt atau diatas 9 volt untuk battery 12 volt.

Jika terminal voltage dibawah standard, berarti kondisi battery tidak baik atau tidak dalam keadaan full charge seperti hasil test berat jenis. Untuk memperbaiki kondisi battery ini, isilah battery dan ulangi pengetesan. Ganti battery bila kondisi battery tetap tidak baik.

**b. Cara mengetes High Rate Discharge setiap sel.**

Jika high rate discharge test telah dilakukan, tetapi kondisi battery masih diragukan, maka masih perlu pengetesan tiap - tiap sel melalui konektor tiap - tiap sel ( untuk battery jenis compound ). Test ini untuk mengetahui voltage tiap - tiap sel dibawah standard atau tidak. Alat pengetesan sel battery disebut " Cell tester " cara mengetesnya, hubungkan cell tester dengan terminal + dan terminal - gambar berikut ini :



Gbr. VIII - 16. Cara mengetes high rate discharge per sel.

Cara pembacaan volatagenya. Kemudian test terminal sel yang lain fehgan cara yang sama. Bila dalam pembacaan terdapat perbedaan lebih dari 0,2 volt, sebaliknya battery diisi ( charge ) lagi dan ulangi pengetesan. Jika masih tetap terjadi perbedaan volatge, berarti battery rusak.



## J. PERAWATAN BATTERY.

Salah satu faktor agar suatu battery dapat mencapai umur sesuai pabrik maka di dalam menggunakan battery perlu diperhatikan hal - hal berikut ini :

### 1. Hal - hal yang perlu diperhatikan dalam Discharging.

- a. Periksa kabel - kabel penghubung. Jika rusak, ganti yang baru.
- b. Bersihkan terminal battery dan terminal kabel dengan sikat kawat dan bubuhkan sedikit gemuk / vaselin, kemudian kencangkan hubungan kabel - kabelnya.
- c. Pemakaian arus battery untuk 6 volt tidak boleh lebih dari 2x kapasitasnya, sedangkan untuk 12 volt tidak boleh lebih dari 3 x kapasitasnya, karena dapat memperpendek umur dari battery.
- d. Pembebanan battery tidak boleh melebihi batas terminal voltage ( final terminal voltage ) yang diijinkan. Untuk tiap sel final terminal voltagenya 1,75 volt.
- e. Tutup battery terutam vent plugnya tidak boleh tersumbat, karen bisa menyebabkan battery meledak.
- f. Bila air battery kurang, harus ditambah dengan air suling.

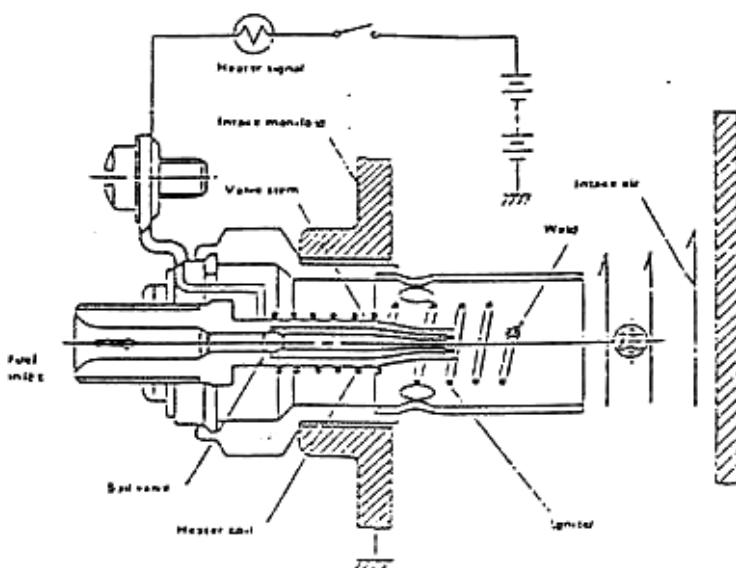
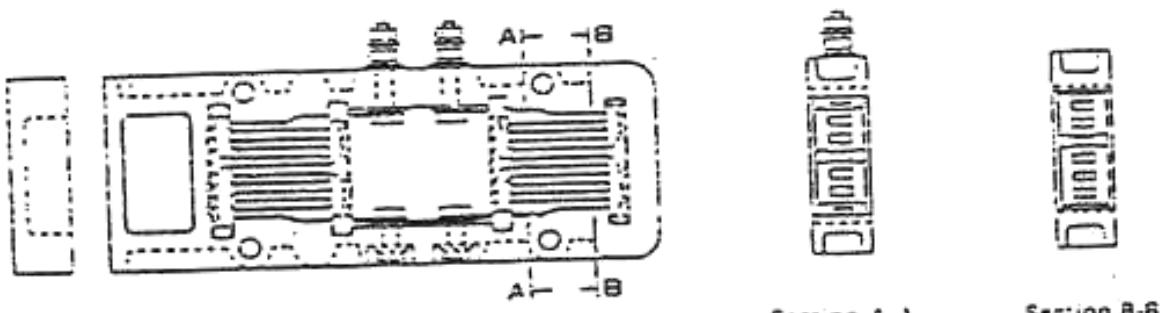
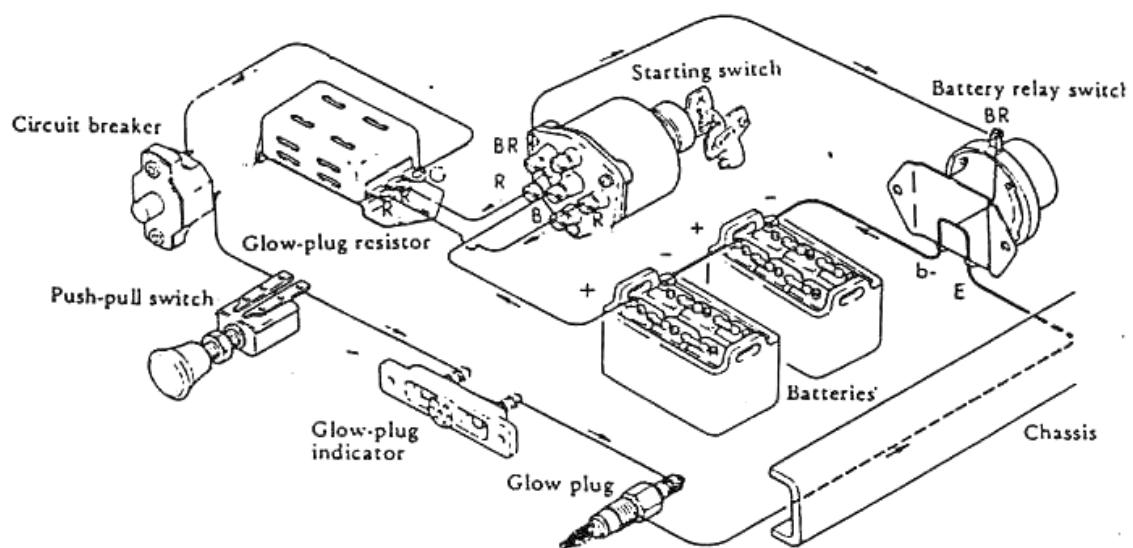
### 2. Hal - hal yang perlu diperhatikan pada saat Recharging.

- a. Sebelum Recharging harus diperiksa jumlah elektrolit dalam battery. Bila kurang tambahkan air suling.
- b. Jangan sekali - kali menambahkan larutan asam sulfat ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ), karena akan mengakibatkan berat jenis elektrolit terlalu tinggi, yang akan mengurangi umur battery dan tidak memungkinkan untuk mengukur keadaan muatan listrik battery melalui berat jenis.
- c. Kencangkan kabel - kabel penghubung, sebab bila kabel kendur akan terjadi loncatan bunga api.
- d. Gas yang terjadi pada proses recharging harus segera dibebaskan ( Perhatikan vent plugnya atau buka tutup jika perlu ).
- e. Bila memakai battery charger, harus ada fan untuk membuang gas - gas yang terjadi dan harus dicegah supaya tidak terjadi bunga api yang bisa menyebabkan kebakaran.
- f. Arus pengisian dianjurkan sebagai berikut :
  - Untuk fast charging : 40 - 70 Ampere.
  - Untuk slow charging : Kurang lebih 7 % dari AH - nya.

❖ Saat pengisian, Temperatur Elektrolit tidak boleh melebihi 55 °C.

**3. Hal - hal yang perlu diperhatikan pada saat penyimpanan battery.**

- a. Battery yang tidak dipakai harus disimpan di tempat yang kering, sejuk dan tidak kena sinar matahari langsung, karena bisa mempercepat reaksi kimia ( self discharge ).
- b. Battery yang diterima lebih dahulu sebaiknya didahulukan pemakaianya.
- c. Pada waktu dikeluarkan dari kemasan, periksalah dengan teliti apakah ada kerusakan luar. Jika ada kerusakan perbaiki.
- d. Untuk battery tipe basah, perlu adanya pengisian secara periodik, yaitu minimal sebulan sekali. Untuk menjaga agar battery tetap full charge dan tidak cepat rusak.





Fungsi sistem pemanasan awal adalah untuk memanaskan udara yang akan masuk ke ruang bakar dengan tujuan mempermudah menghidupkan engine pada waktu udara sekeliling engine masih dingin.

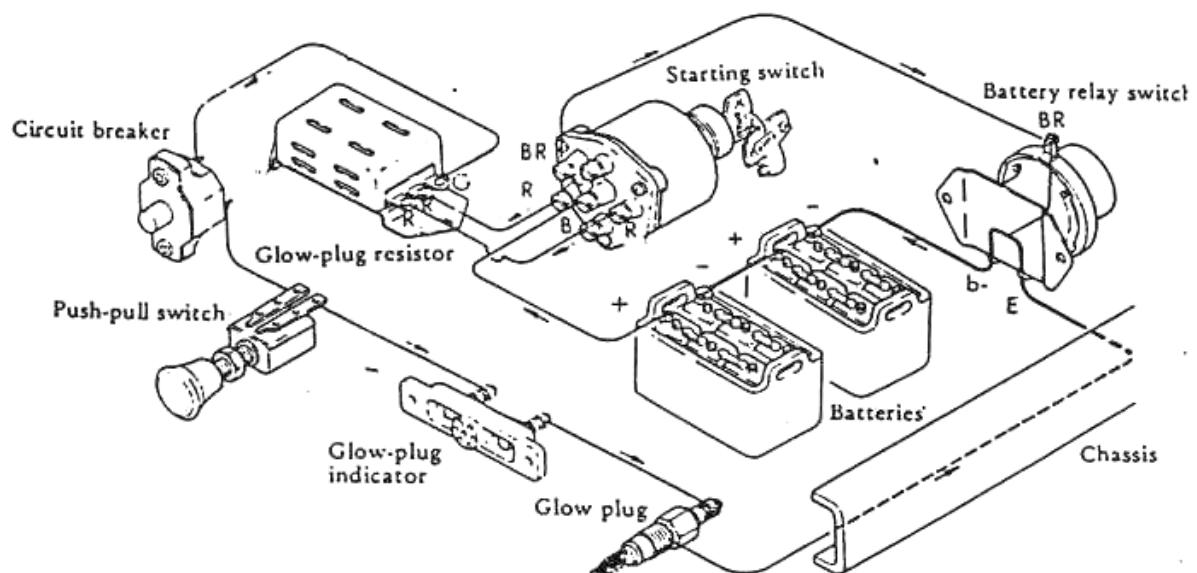
Pada waktu produk - produk Komatsu terdapat beberapa jenis sistem pemanasan awal yaitu :

- Sistem pemanasan awal dengan Glow Plug.
- Sistem pemanasan awal dengan Ribbon Heater.
- Sistem pemanasan awal dengan Thermostat..
- Sistem pemanasan awal dengan APS ( Auto Priming System ).

#### A. SISTEM PEMANASAN AWAL DENGAN GLOW PLUG.

Pada sistem pemanasan awal ini, udara dipanaskan dengan jalan membakar bahan bakar atau udara dengan menggunakan glow plug.

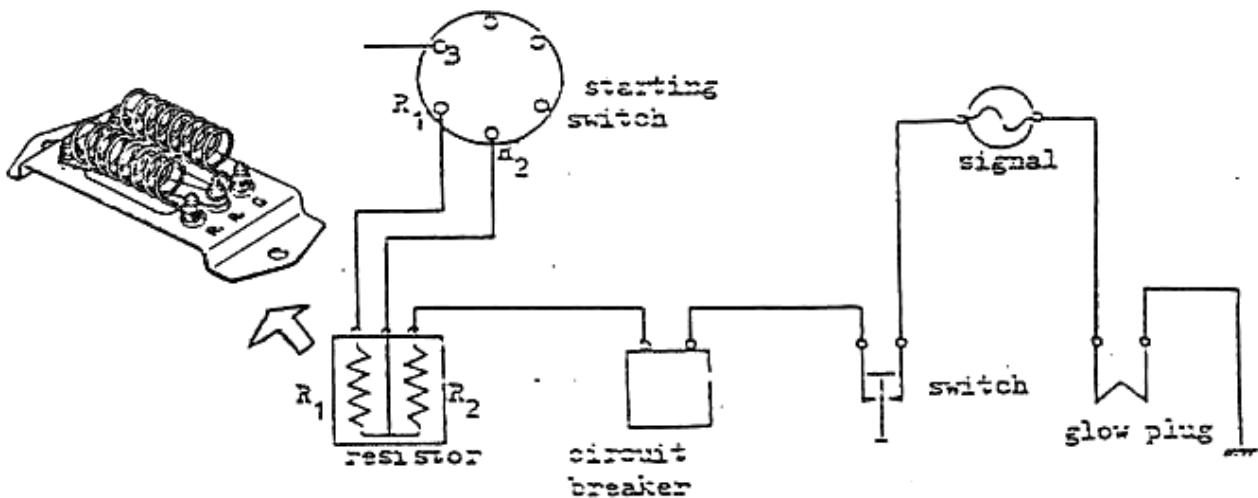
Hubungan komponen - komponen pada sistem pemanasan awal ini adalah sebagai berikut :



Gbr IX - 1. Hubungan Komponen - Komponen Sistem Pemanasan Awal Dengan Glow Plug.



Prinsip kerja sistem pemanasan awal dengan glow plug adalah sebagai berikut :



Gbr IX - 2. Skematik Diagram Sisitem Pemanasan Awal Dengan Glow Plug.

Starting switch diposisikan HEAT dan heater Switch ON, maka jalannya arus adalah :

St Switch Resistor

- ⊕ Battery → B → R1 → R1 resistor → R2 → Circuit Breaker → Heater Switch → Heater Signal → Glow Plug Ground.

Karena glow plug yang dipakai 6 volt, maka resistor R1 dan R2 berfungsi untuk menurunkan tegangan battery sehingga tegangan yang masuk glow plug 6 volt.

Starting switch posisi START dan heater switch ON, maka jalannya arus adalah :

- ⊕ Battery → B → R2 → R2 resistor → Circuit Breaker → Heater Switch → Heater Signal → Glow Plug → Ground.

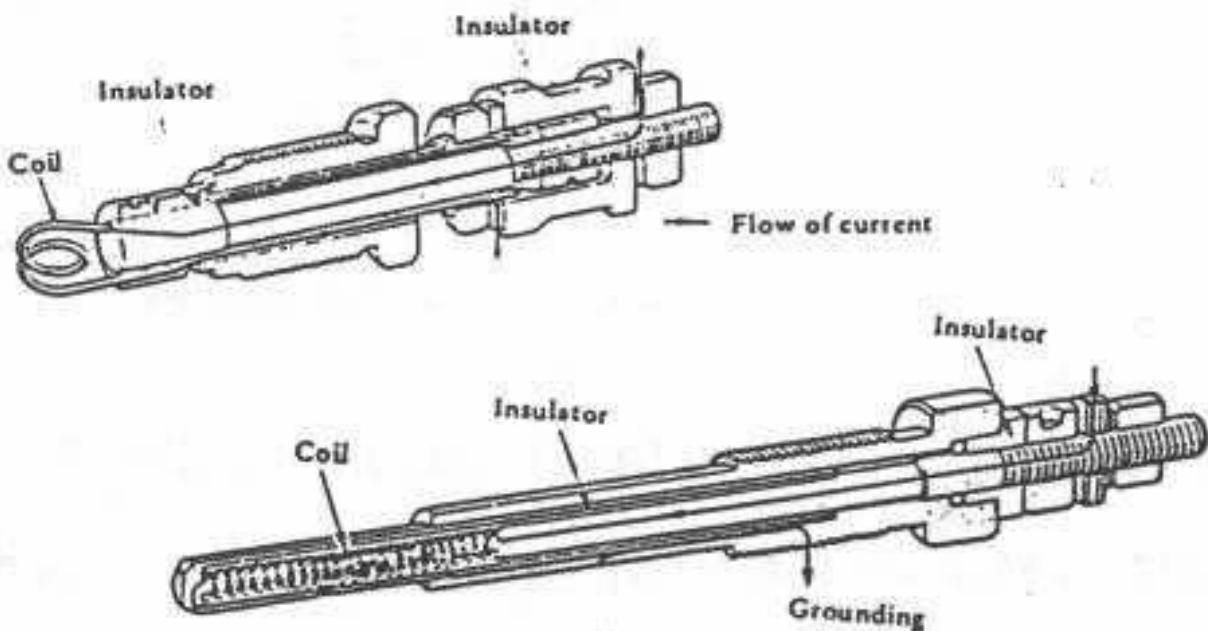
Saat START starting motor memerlukan arus yang besar sehingga resistor yang dilewati hanya R2 saja.



### 1. Glow Plug.

Glow plug adalah sebuah alat pemanas yang dengan komponen - komponen lain akan memanaskan udara untuk pembakaran pada engine.

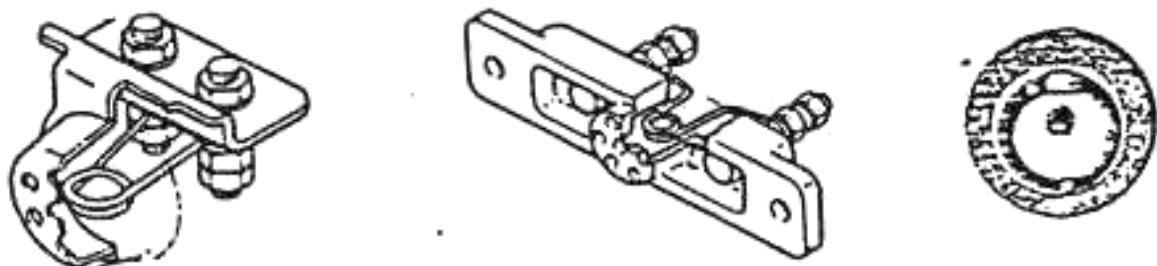
Konstruksi glow plug adalah sebagai berikut :



Gbr IX - 3. Konstruksi Glow Plug.

Pada prinsipnya apabila Glow Plug akan membara dan proses pemanas pun berlangsung.

Untuk mengetahui bahwa glow plug sudah membara maka dipasang glow plug indicator.

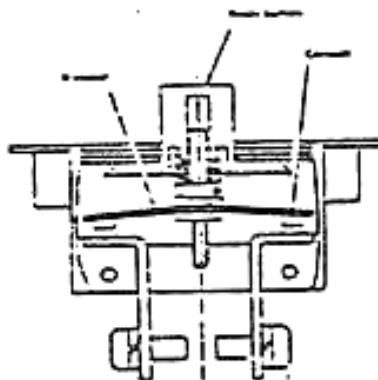


Gbr IX - 4. Konstruksi Glow Plug Indicator.

## 2. Circuit Breaker.

Fungsi circuit breaker adalah mencegah kerusakan kerusakan komponen - komponen dan kabel - kabel pada sistem pemanasan awal yang dikarenakan arus berlebihan ( short circuit ).

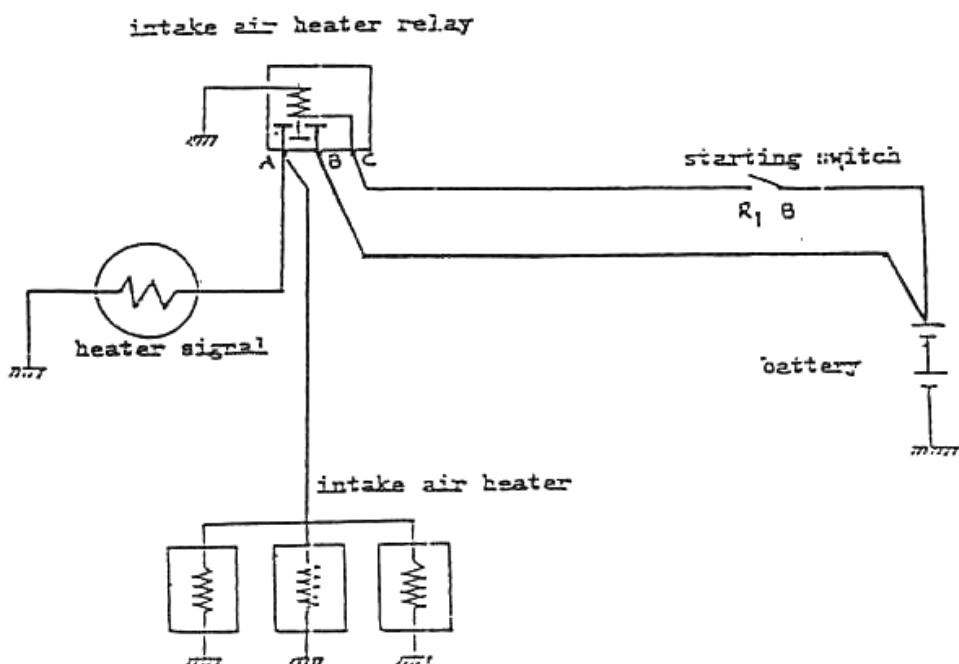
Konstruksi circuit breaker dapat dilihat seperti berikut ini :



Gbr IX - 5. Konstruksi Circuit Breaker.

## B. SISTEM PEMANASAN AWAL DENGAN RIBBON HEATER.

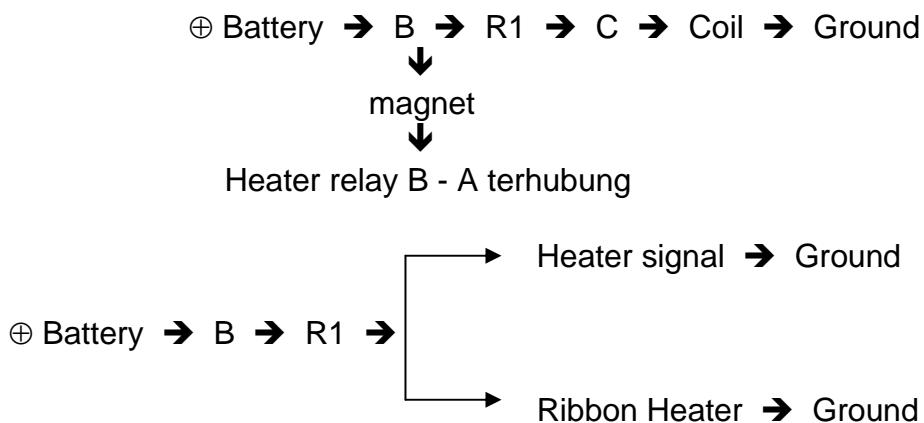
Hubungan komponen dan prinsip kerja sistem pemanasan awal dengan ribbon heater.



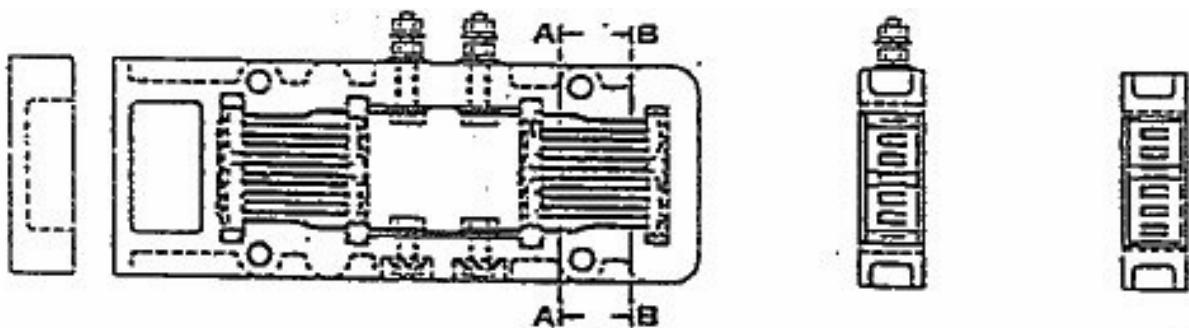
Gbr IX - 6. Skematik Diagram Sistem Pemanasan Awal Dengan Ribbon Heater.



Bila starting switch diposisikan HEAT, maka jalannya arus adalah :



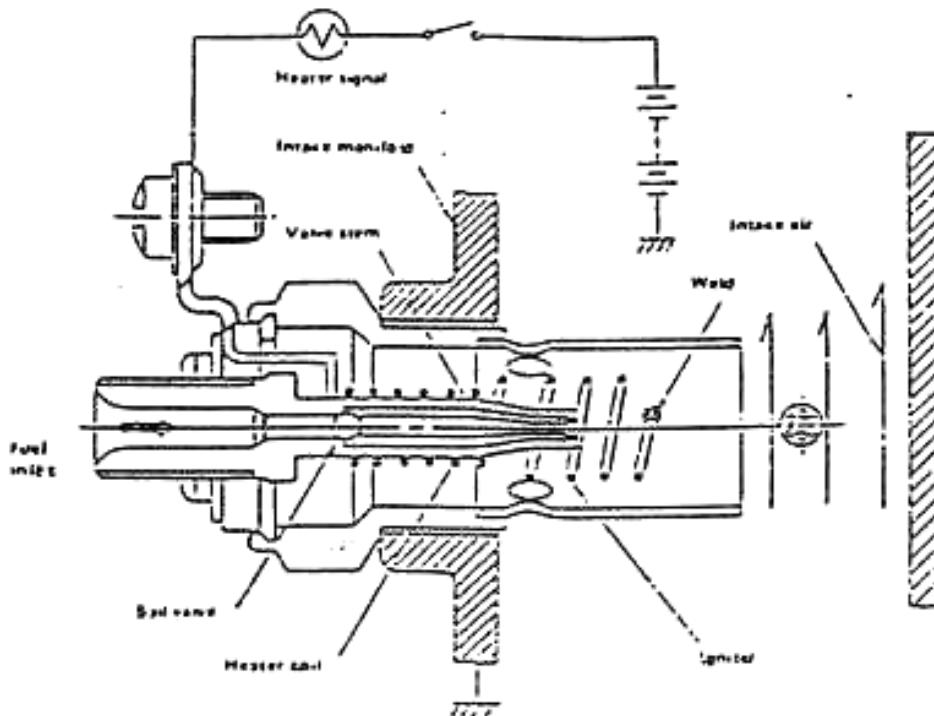
Adapun konstruksi ribbon heater yang digunakan adalah sebagai berikut ini :



Gbr IX - 7. Konstruksi Ribbon Heater.

### C. SISTEM PEMANASAN AWAL DENGAN THERMOSTAT.

Pada sistem pemanasan awal ini bahan bakar dibakar dengan igniter yang konstruksinya sebagai berikut :



Gbr IX - 8. Konstruksi Dan Skematik Diagram Sistem Pemanasan Awal Dengan Thermostart.

Adaoun prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

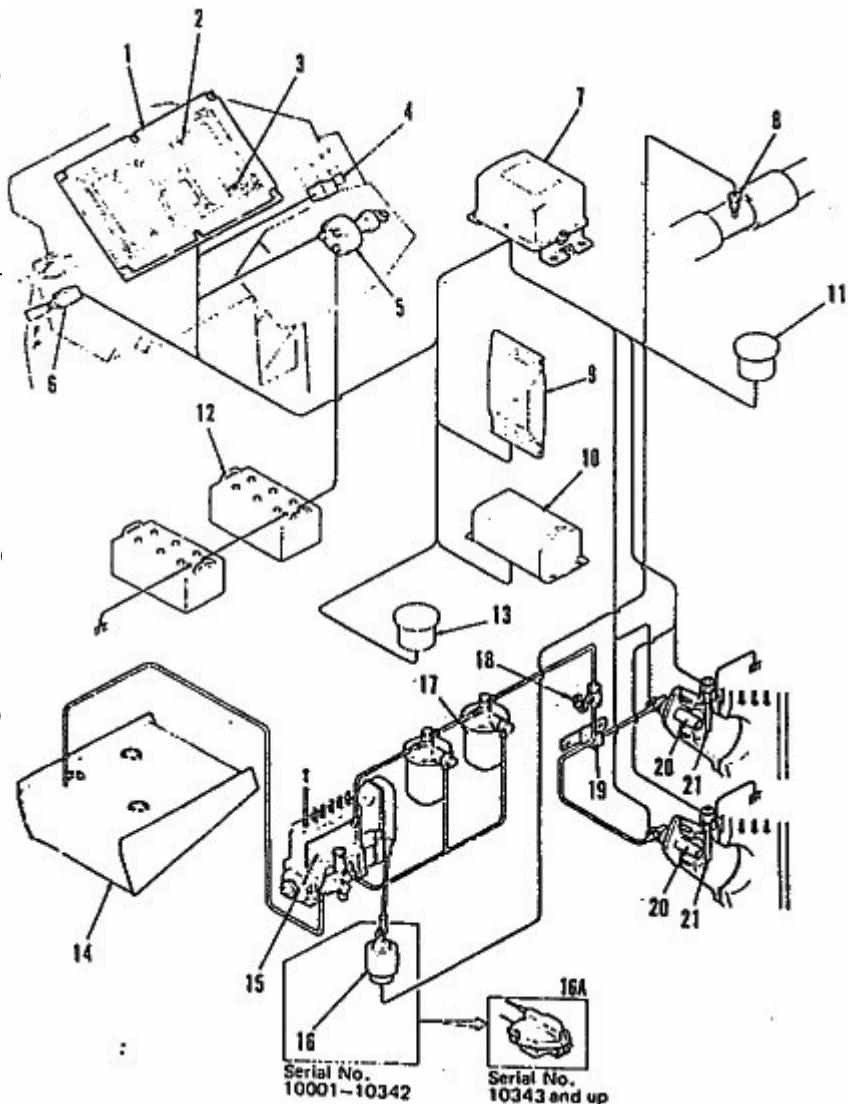
- ▶ Bila starting switch diposisikan HEAT, maka jalannya arus adalah :
  - ⊕ Battery → Starting Switch → Heater Signal → Thermostart → Ground.
- ▶ Ketika heater coil memanas, valve steam mengembang dan ball valve terbuka.
- ▶ Fuel yang keluar dari valve steem akan menyembur igniter dan terbakar ( udara menjadi panas ).

**D. SISTEM PEMANASAN AWAL DENGAN APS ( AUTO PRIMING SYSTEM ).**

Pada sistem pemanasan awal ini, prinsipnya sama dengan yang menggunakan glow plug atau thermostat yaitu dengan membakar bahan bakar di dalam intake manifold.

Adapun hubungan komponen - komponennya adalah sebagai berikut :

1. Vehicle monitor
2. After heating monito
3. Preheating monitor
4. Heater switch
5. Starting switch
6. Fuel cut - off switch
7. APS controller
8. APS water temperatu sensor
9. Bimetal timer
10. APS resistor
11. APS hold relay
12. Battery
13. APS relay
14. Fuel tank
15. Fuel injection pump
16. Fuel cut - off solenoi
- 16A. Engine stop motor
17. Fuel filter
18. Bracket
19. T - Joint
20. APS fuel injection no
21. Glow plug.



Gbr IX - 9. Hubungan Komponen - komponen APS.

**1. Garis besar APS.**

- Bahan bakar dari tanki dipompakan oleh feed pump ( FIP ) ( 15 ), ke fuel filter ( 17 ), menuju APS fuel circuit.



- ▶ APS fuel circuit terdiri dari fuel valve ( 18 ), bracket ( 19 ) yang membagi fuel, injection nozzle ( 20 ) yang dengan menggunakan APS controller ( 7 ) secara otomatis mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan.

## 2. Start Dengan APS.

Passage of time ..... → → → → →

Starting switch	ON		START	ON
Pre heater switch	OFF	ON	AUTO	OFF
APS water temperature sensor	ON ( Below 20 °C )			OFF
Hold relay	OFF	ON		OFF
APS relay	OFF	ON		OFF
Glow plug	OFF	ON		OFF
Bimetal timer	ON		OFF	
Preheat monitor display	Out	On	Out	
Fuel injection nozzle	No injection		Intermittent injection	No injection
After heating monitor display	Out		Flashes	Out

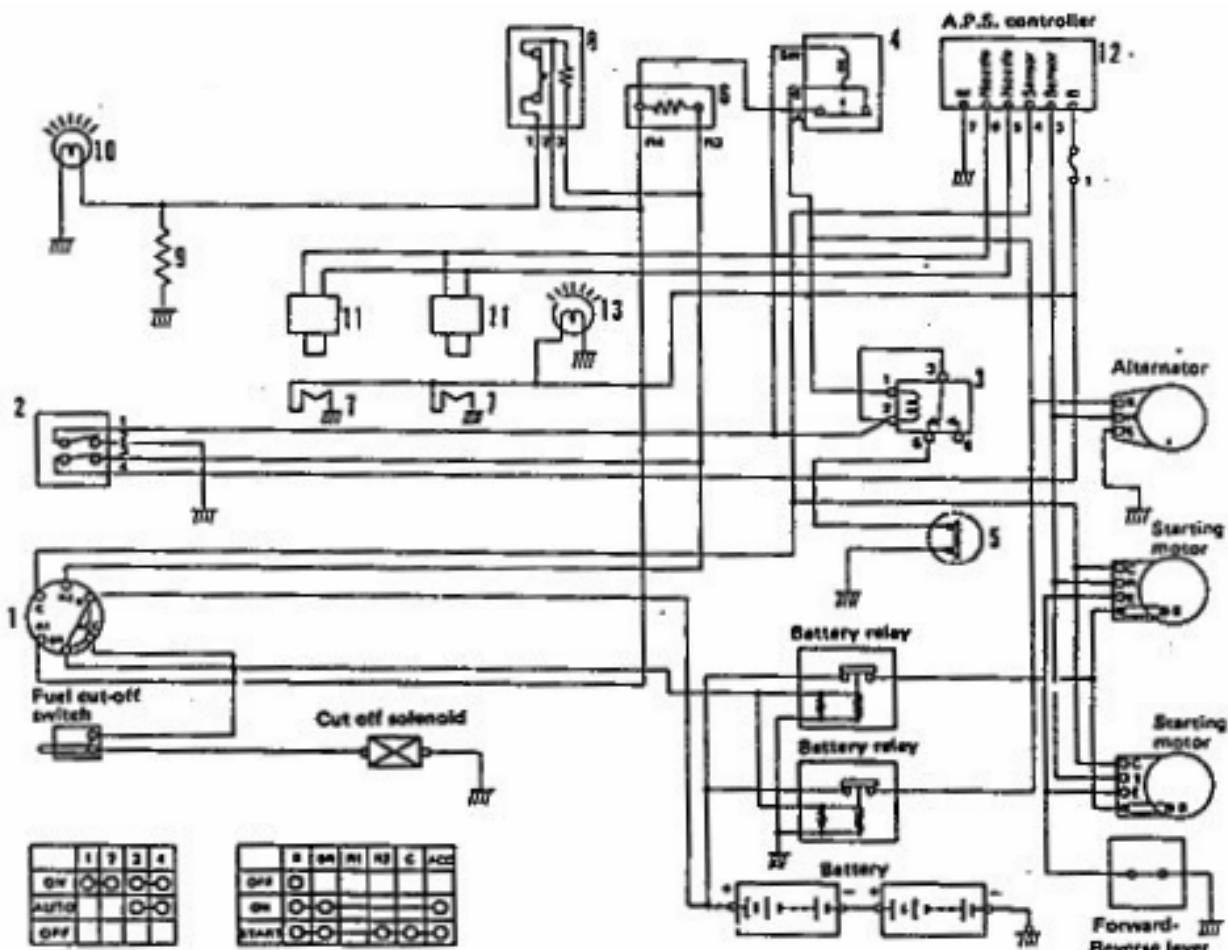
- a. Buka kran APS fuel valve ( 18 ).
- b. Starting switch ( 5 ) diposisikan ON.
- c. Fuel cut - off switch ( 6 ) OFF, starting switch ( 5 ) diposisikan START selama 10 detik ( starting motor bekerja ).
  - ▶ Perlakuan ini utnuk mensirkulasikan oli ke seluruh engine.
  - ▶ Jika fuel cut - off switch ( 6 ) OFF, fuel cut - off solenoid OFF dan FIP pada posisi tidak injeksi.
- d. Posisikan fuel cut - off switch ( 6 ) ON.
  - ▶ Switch akan kembali secara otomatis bila lepas.
- e. Posisikan preheat switch ( 4 ) ON, maka preheat monitor lamp ( 3 ) menyala dan glow plug bekerja.
  - ▶ Sewaktu preheat monitor lamp ( 3 ) menyala, posisikan preheat switch ( 4 ) ke AUTO.
- f. Tekan accelerator pedal setengah langkahnya.



- g. Setelah pemanasan kurang lebih 80 detik ( Periode bi-metal timer bekerja ), preheat monitor lamp ( 3 ) akan mati. Putar starting switch ( 5 ) START untuk menghidupkan engine.
- ▶ Jika starting switch ( 5 ) diputar ke posisi START ketika preheat monitor lamp ( 3 ) sedang menyala, glow plug akan basah dan tidak panas.
- h. Jika engine sudah hidup, kembalikan posisi starting switch ( 5 ) ON.
- i. Setelah engine hidup, tunggulah putaran engine hingga normal dan warna gas buang normal, kemudian putar preheat switch ( 4 ) OFF.

### 3. Pengoperasian APS

#### a. Preheat Monitor Lamp ( 3 ) Pada Vehicle Monitor ON.

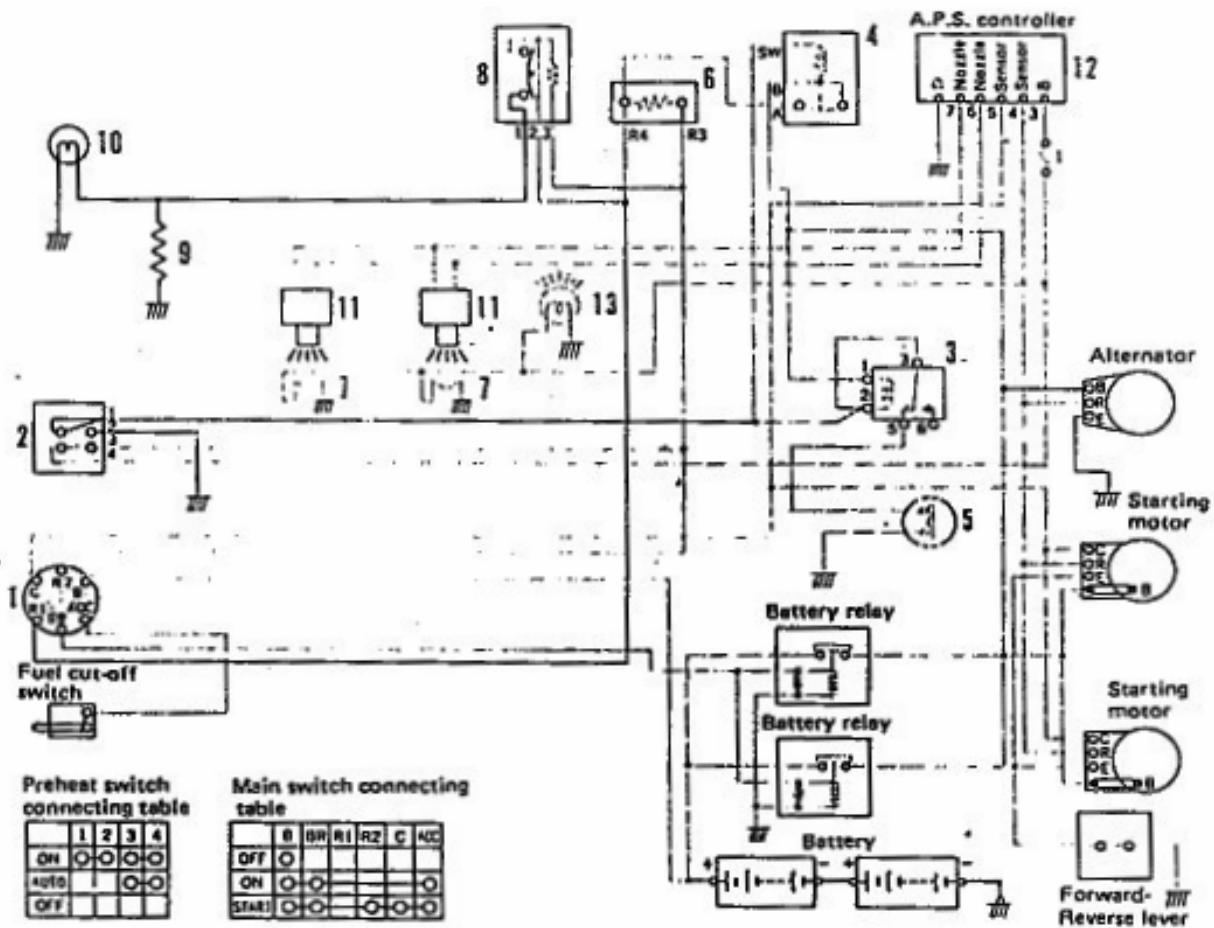


- ▶ Jika starting switch ( 1 ) ON, preheat switch ( 2 ) ON, maka APS hold relay ( 3 ) dan APS relay ( 4 ) akan bekerja. Pada kondisi ini, jika temperatur sistem pendingin engine dibawah 13 °C, water temperature sensor ( 5 ) akan ON.



- Ketika preheat switch ( 2 ) ON atau AUTO, terminal 3 dan % pada APS hold relay ( 3 ) akan terhubung. Jika tempratur sensor 20 °C terminal 3 dan 5 pada APS hold relay ( 3 ) akan OFF.
- Arus akan mengalir dari terminal “ A ” APS relay ( 4 ) ke terminal R4 dan R3 APS resistor ( 6 ) menuju terminal 3 dan 4 pada preheat switch ( 2 ), glow plug akan menyala. Glow plug akan menyala dengan rated voltage glow plug adalah 18 volt, untuk itu digunakan APS resistor ( 6 ) untuk menurunkan tegangan battery.
- Ketika glow plug ( 7 ) menyala, arus akan mengalir dari terminal 2 ke terminal 3 pada bi - metal timer ( 8 ).
- Pada waktu yg sama, arus akan mengalir dari terminal 2 - 1 resistor ( 9 ) ground. Dengan demikian resistor ( 9 ) diberi tegangan 24 volt dan dari preheat monitor ( 10 ) pada vehicle monitor akan menyala.
- Setelah kurang lebih 80 detik, kontak pada bi - metal timer ( 8 ) terbuka dan preheat monitor lamp ( 10 ) akan mati. Hal ini menunjukkan bahwa glow plug ( 7 ) telah selesaikan memanaskan APS system.

### b. After heating Monitor.



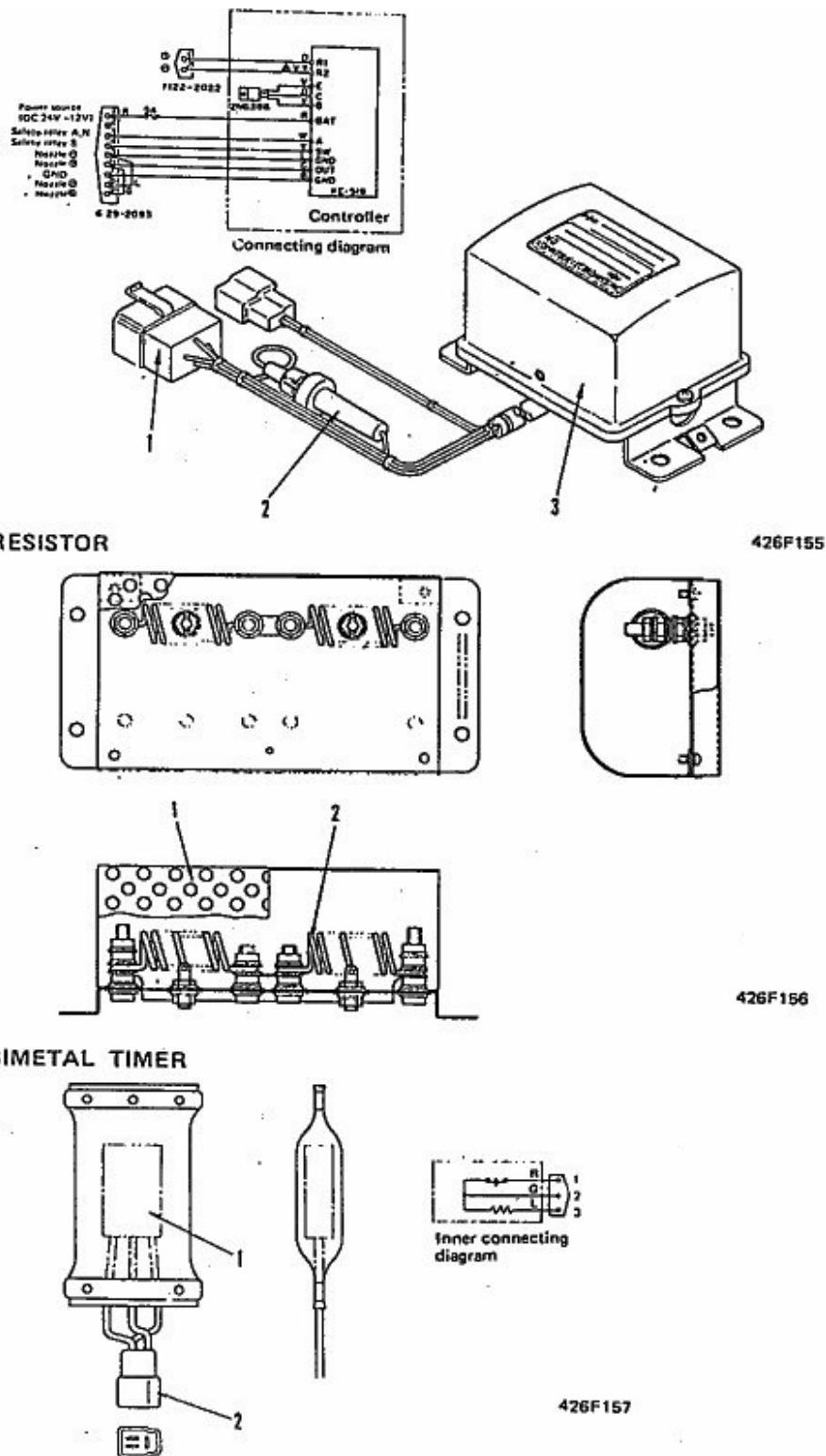


- Setelah preheat monitor lamp ( 10 ) mati dan jika starting switch ( 2 ) diposisikan START, starting motor akan bekerja dan pada waktu yang sama APS controller ( 12 ) bekerja. APS fuel injection nozzle ( 11 ) pada intake manifold akan ON dan OFF ( 10 kali / detik ) menyemprotkan fuel ke glow plug ( 7 ).
- Untuk menghindari voltage drop ketika start, tegangan dari battery dihubungkan ke terminal R2 starting switch ( 1 ) langsung ke APS controller ( 12 ) dan glow plug ( 7 ).
- Setelah engine hidup, signal dari altenator akan menuju injection nozzle. Bila hal ini terjadi, tegangan antara preheat switch ( 2 ) dan glow plug ( 7 ) akan dideteksi dan after heating monitor ( 13 ) berkedip.
- Setelah temperatur air pendingin engine diatas 20 derajat celcius, APS water temperature sensor ( 5 ) terbuka ( OFF ) dan APS hold relay ( 3 ) OFF, dengan demikian APS relay ( 4 ) juga akan OFF.
- Sirkuit ke glow plug ( 7 ) dan APS controller ( 12 ) terputus, dengan demikian APS berhenti bekerja. Pada waktu yang sama, preheating monitor ( 10 ) akan mati.
- Jika beroperasi dengan preheating system bekerja, maka oksigen pada intake system akan kurang, sehingga akan terjadi asap hitam dan engine kurang tenaga.

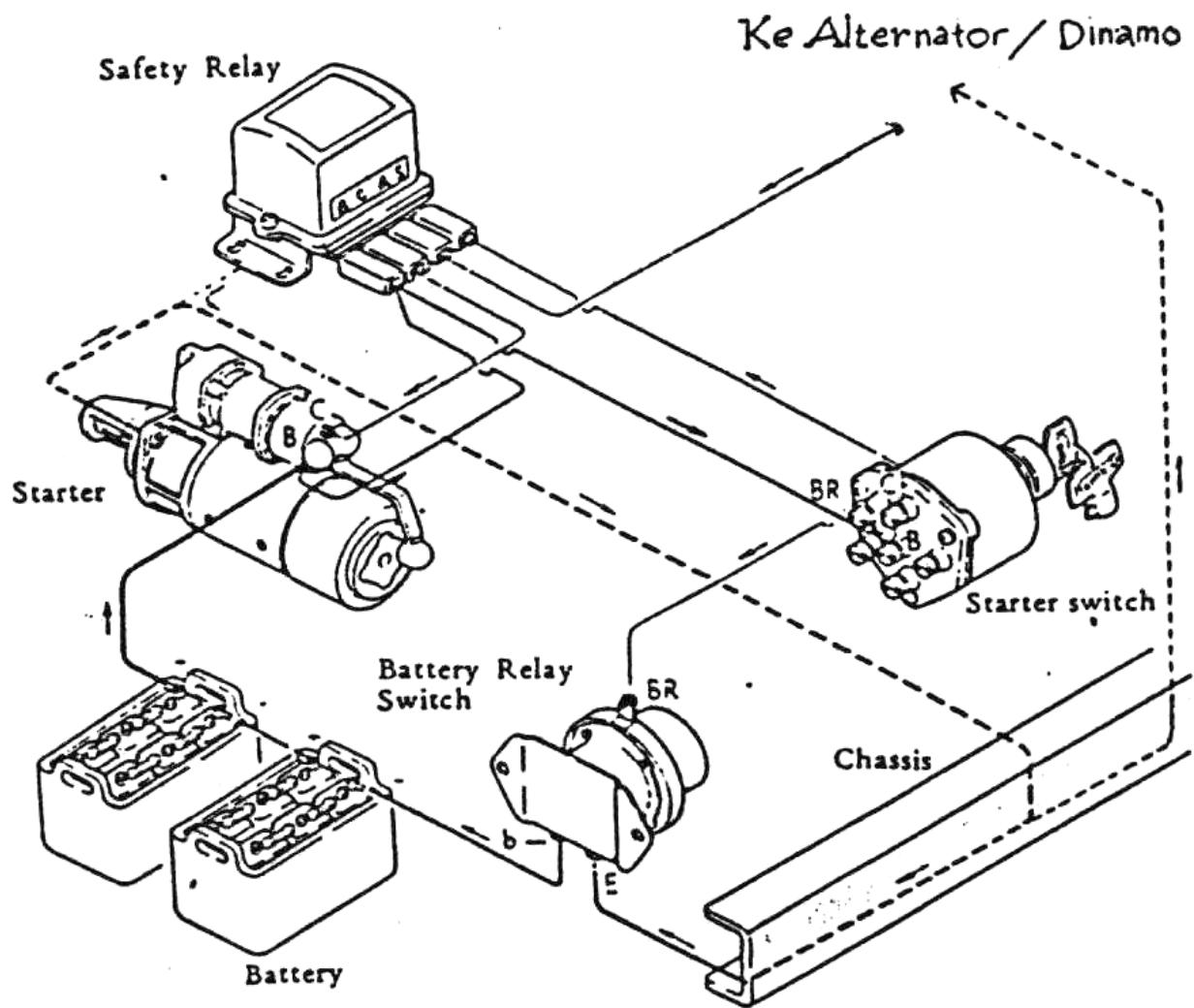


### c. Konstruksi Komponen - Komponen APS.

Konstruksi komponen -komponen APS anatra lain sebagai berikut :



Gbr IX - 10. Konstruksi Dan Komponen - Komponen APS.

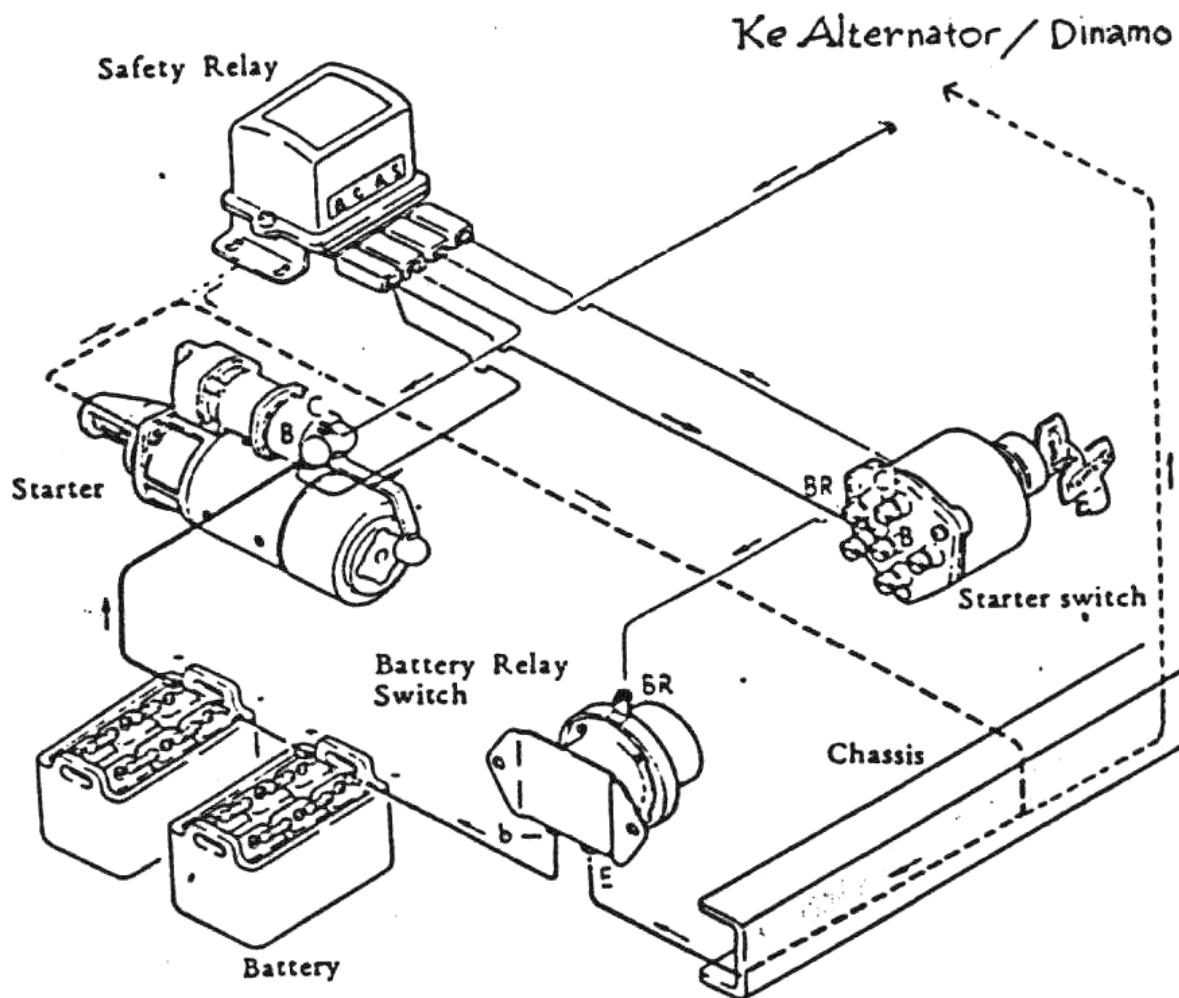




Fungsi sistem start adalah untuk menghidupkan engine. Komponen - komponen utama yang termasuk dalam sistem start ini adalah :

- Battery.
- Starting switch.
- Battery relay switch.
- Starting motor.
- Safety relay.

Hubungan masing - masing komponen tersebut adalah sebagai berikut :



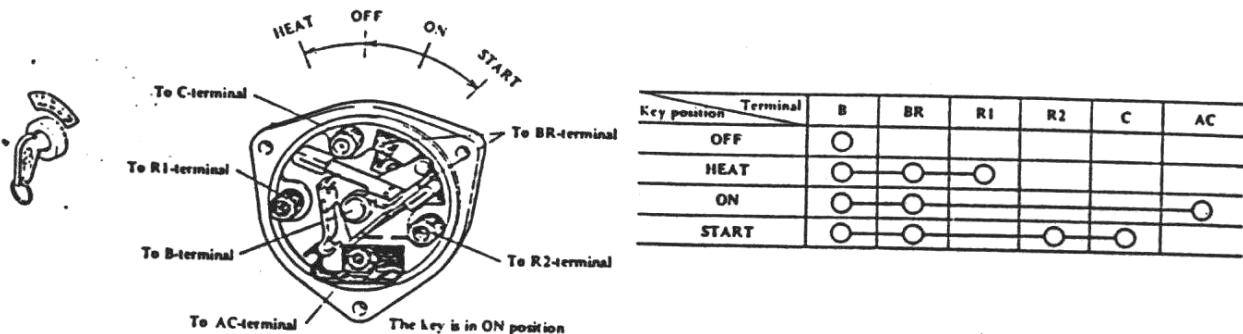
Gbr X - 1. Hubungan Komponen - Komponen Sistem Start.

#### A. STARTING SWITCH.

Fungsi starting switch adalah untuk memutuskan atau menghubungkan komponen - komponen dalam sistem start. Dalam kondisi tertentu, starting switch juga memutuskan atau menghubungkan komponen - komponen sistem lain yang dijelaskan pada bab lainnya dalam buku ini.



Adapun konstruksi dan hubungan masing - masing terminalnya adalah sebagai berikut :



Gbr X - 2. Konstruksi Dan Hubungan terminal Starting Switch.

Pada umumnya hubungan terminal - terminal pada starting switch ini dicantumkan pada sirkuit SISTEM LISTRIK - nya.

## B. BATTERY RELAY SWITCH.

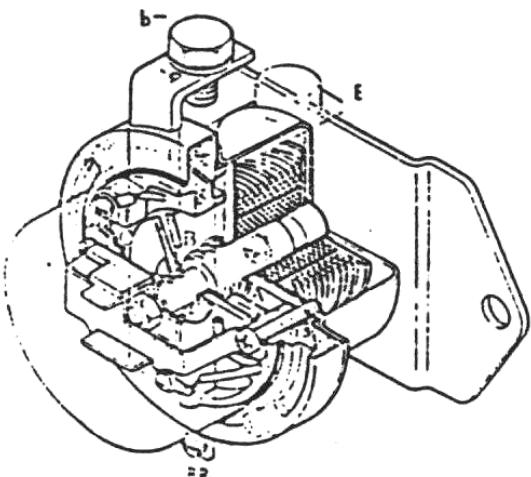
Fungsi battery relay switch adalah untuk memutuskan atau menghubungkan negatif battery dengan body / chassis. Pada unit-unit tertentu, battery relay switch berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan positif battery dengan starting motor.

Terdapat 2 ( dua ) jenis battery relay switch yaitu :

- Battery relay switch 3 terminal.
- Battery relay switch 4 terminal.

### 1. Battery Relay Switch 3 Terminal.

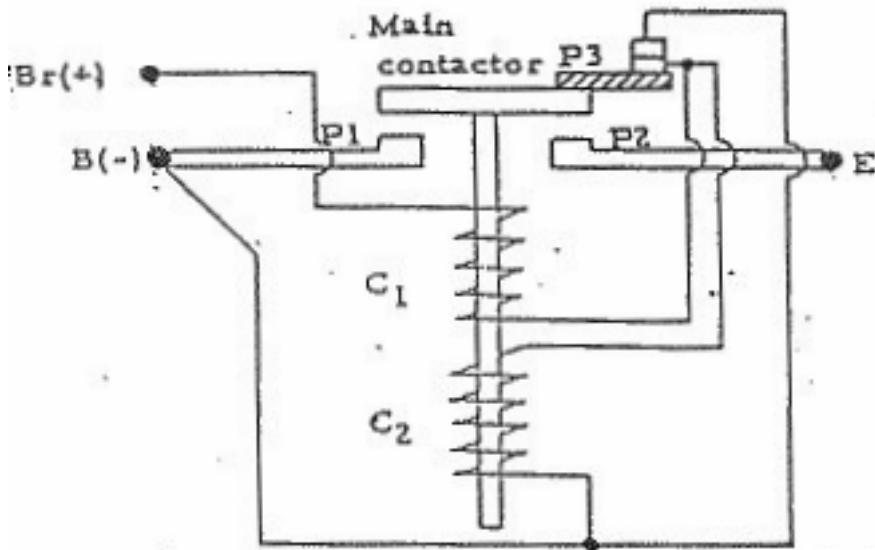
Kontruksi battery relay switch 3 terminal adalah sebagai berikut :



Gbr X - 3. Konstruksi Battery Relay Switch 3 Terminal.



Prinsip kerja battery relay switch 3 terminal adalah sebagai berikut :



Gbr X - 4. Skematik Diagram Battery Relay Switch 3 Terminal.

Pada saat starting switch posisi **ON**, maka jalannya arus adalah :

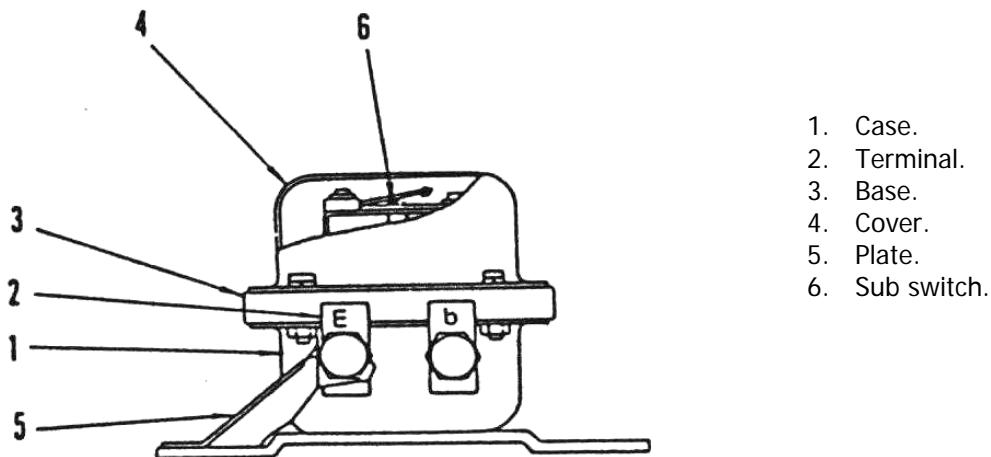
BR - C1 - P3 - b  
↓  
magnet  
↓  
P1 - P2 terhubung, (-b) dan E berhubungan  
↓  
P3 terbuka  
↓  
BR ————— C1 - C2 - (-) b

Arus melewati C1 diperlukan untuk menarik kontraktor P1 - P2, sedangkan arus melewati C1 dan C2 diperlukan untuk menahan kontraktor P1 dan P2.



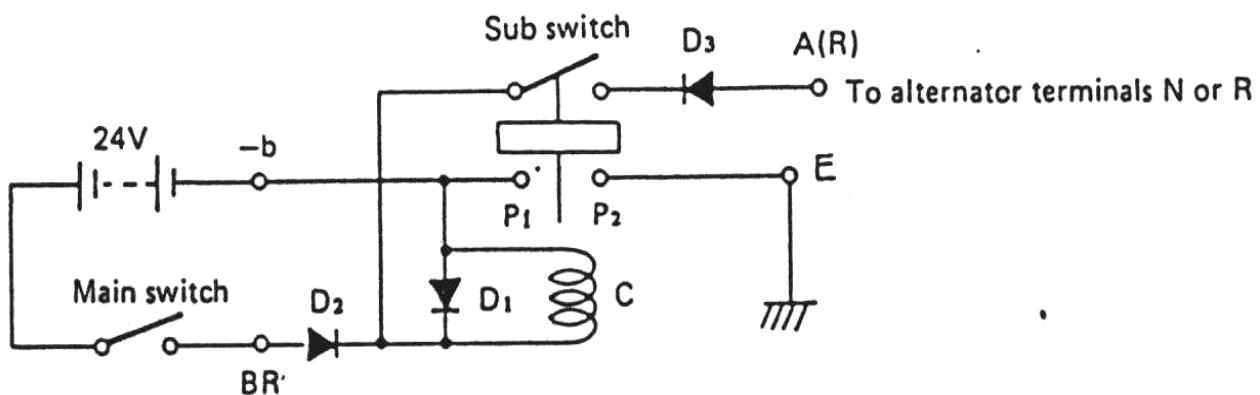
## 2. Battery Relay Switch 4 Terminal.

Konstruksi battery relay switch 4 terminal adalah sebagai berikut :



Gbr X - 5. Konstruksi Battery Relay Switch 4 Terminal.

Prinsip kerja battery relay switch 4 terminal adalah sebagai berikut :



Gbr X - 6. Skematik Diagram Battery Relay Switch 4 Terminal.

Pada saat starting switch posisi ON, maka jalannya arus adalah :

**BR - D2 - C - b**



**magnet**



**Sub switch dan P1 - P2 terhubung, ( - ) b dan E berhubungan**

Bila engine sudah hidup dan tegangan pengisian battery mencapai 28 - 29 volt, arus dari alternator ke :

**R - D3 - Sub switch - C - ( - ) b**



Dengan demikian, jika engine hidup dan starting switch di-OFF-kan, P1 - P2 dan sub switch tidak terbuka secara mengejut hingga tegangan dari alternator turun menjadi 9 volt.

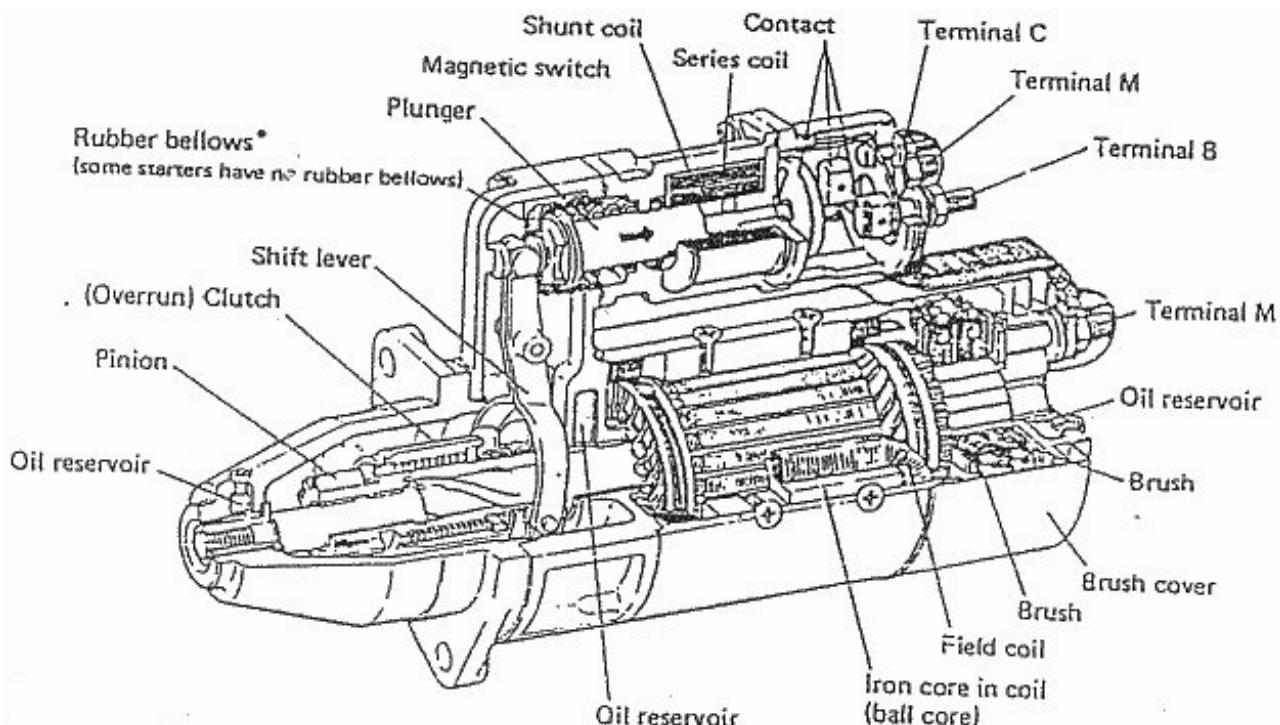
D1 yang dihubungkan parallel dengan coil C adalah flywheel diode yang digunakan untuk mengalirkan tegangan yang timbul pada coil C ketika sirkuit ground terputus.

D2 untuk mencegah terbaliknya polaritas terminal BR dan ( - ) b.

D3 untuk mencegah arus menuju altenator ketika sub switch terhubung.

### C. STARTING MOTOR.

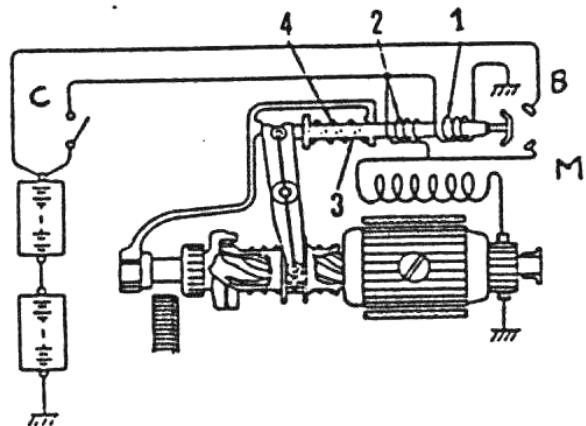
Fungsi starting motor adalah untuk menghidupkan engine dengan prinsip merubah energi listrik menjadi energi mekanis.



Gbr X - 7. Konstruksi Starting Motor.

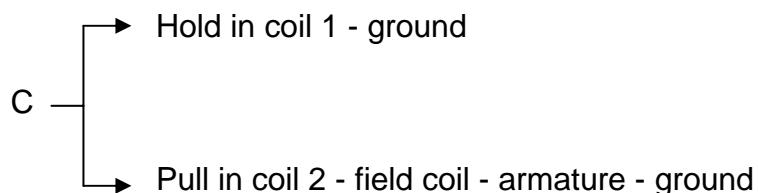


Prinsip kerja motor adalah sebagai berikut :



Gbr X - 8. Skematik Diagram Starting Motor.

Ketika starting switch posisikan **START**, maka jalannya arus adalah :



Kemagnetan yang terjadi mampu melawan spring 4, menarik plunger 3 sehingga terminal B - M berhubungan. Saat terminal B - M berhubungan pull in coil 2 tidak bekerja, sedangkan hold in coil bekerja untuk mempertahankan agar terminal B - M tetap berhubungan.

Dengan adanya mekanisme shift lever, maka saat plunger bergerak pada pinion gear akan bergerak maju. Sedangkan pada field coil timbul medan magnet sehingga saat armature mendapat arus akan di dapat gerakan berputar ( kopel ) untuk memutar engine.

#### D. SAFETY RELAY.

Pada produk Komatsu, alat - alat besar, pada sistem start terdapat komponen safety relay. Adapun fungsi safety relay selain sebagai relay ( penghubung ) antara starting switch dan starting motor, juga berfungsi untuk :

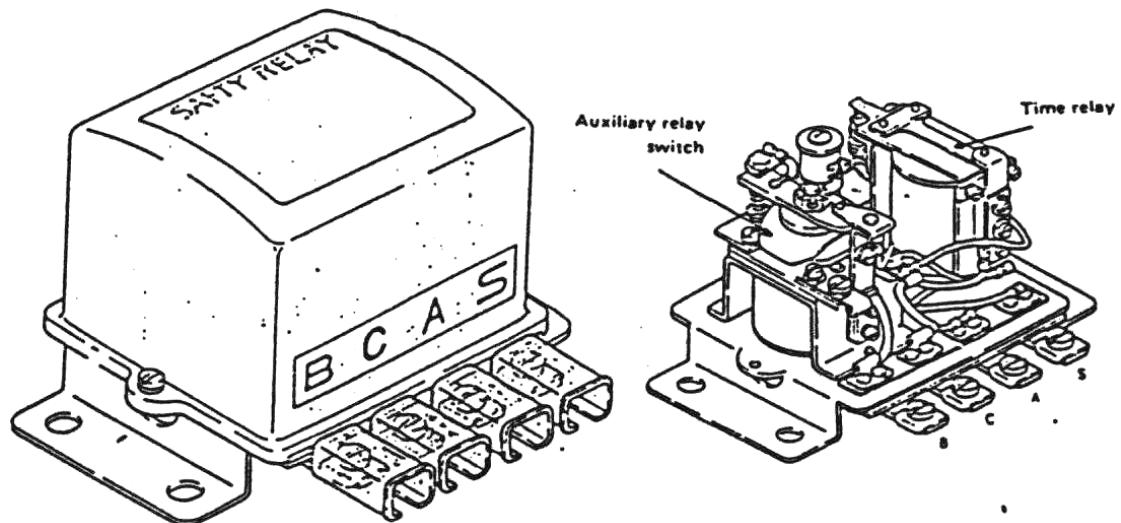
- ~ Mencegah mengalirnya arus ke starting motor jika starting switch diputar ke posisi **START** sementara engine sudah hidup.



- ~ Secara otomatis memutus arus ke starting motor sehingga starting motor lepas ( disengaged ) dari engine flywheel ( setelah engine hidup ) sementara starting switch masih di posisi **START**.
- ~ Mencegah arus mengalir ke starting motor jika starting switch diputar ke posisi start ketika starting motor masih berputar karena gagal menghidupkan engine ( untuk safety relay model lama ).

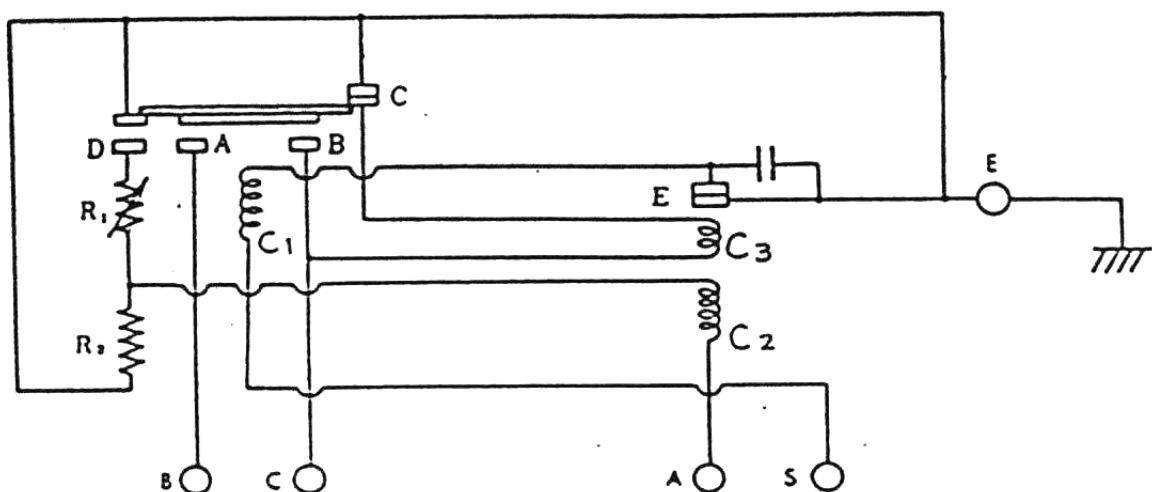
### 1. Safety Relay ( Old Model ).

Konstruksi safety relay ( old model ) adalah sebagai berikut :



Gbr. X - 9. Konstruksi safety relay old model.

Adapun bekerjanya safety relay ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gbr. X - 10. Skematik diagram safety relay old model.



- ▶ Menghidupkan engine :  
Bila starting switch diposisikan START, maka jalannya arus adalah :

S - C1 - F - E



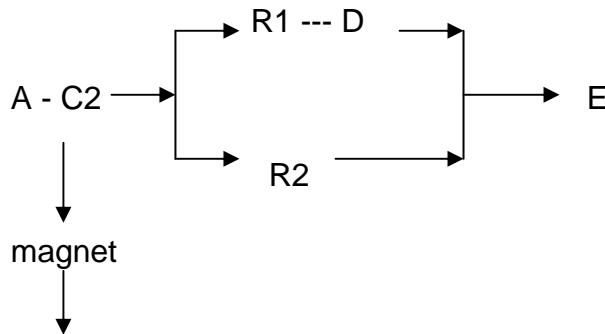
Magnet



Contact point D - A - B terhubung, contact point C terbuka.

- ▶ Setelah engine hidup, starting switch diposisikan START :

Arus dari generator atau alternator masuk ke terminal A dan jalannya arus adalah :



E terbuka sehingga kemagnetan C1 hilang.

Pada kondisi ini, meskipun starting switch diposisikan START, starting motor tidak akan bekerja.

- ▶ Starting motor berputar karena gagal menghidupkan engine :

Starting motor bersifat sebagai generator, arus keluar dari terminal C. Jalannya arus adalah

C - C3 - C4 - E



Magnet



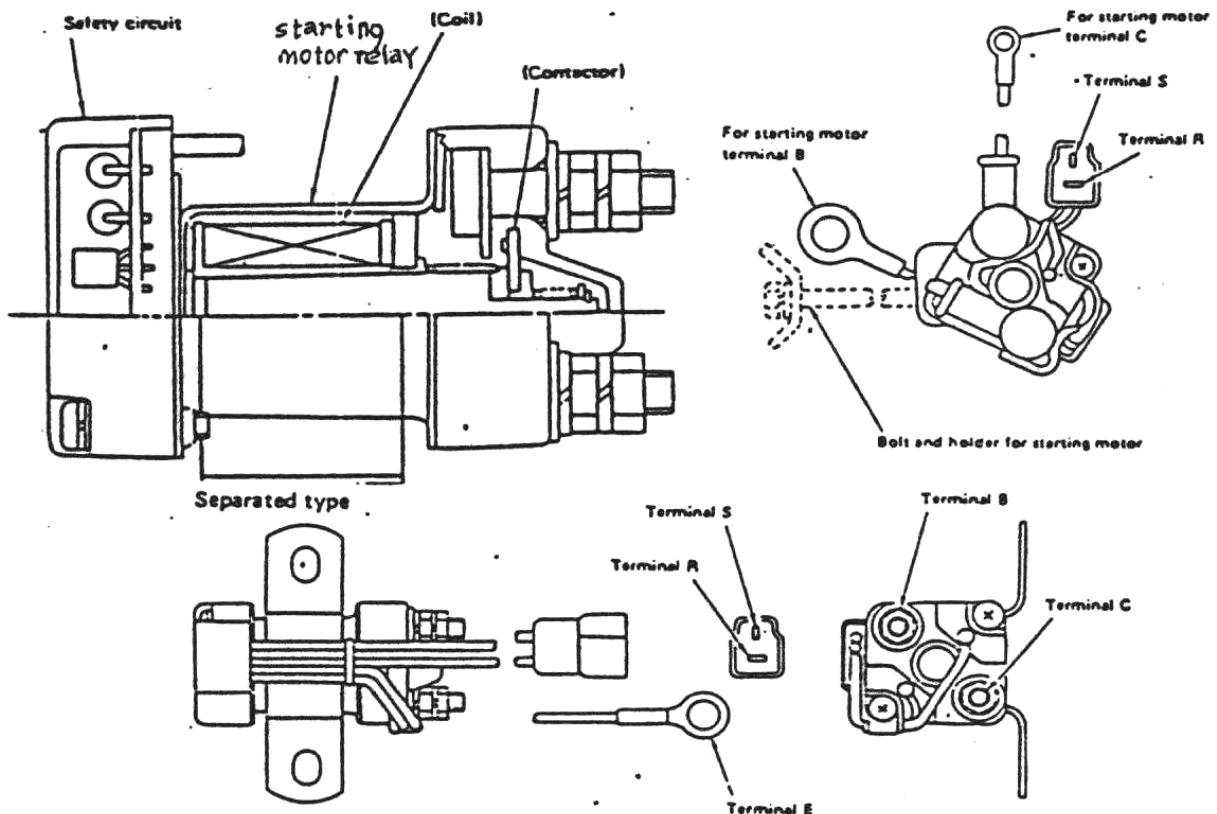
F terbuka

Dengan demikian meskipun starting switch diposisikan START, starting motor tidak bekerja.



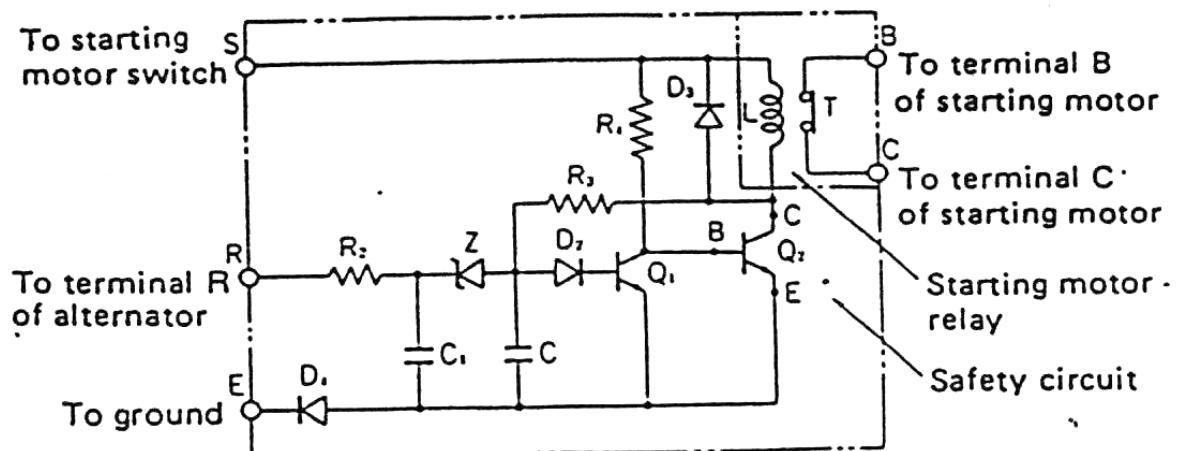
## 2. Semi Conductor Safety Relay ( New Model ).

Konstruksi semi conductor safety relay adalah sebagai berikut :



Gbr X - 11. Konstruksi Safety Relay New Model.

Prinsip kerja safety relay new model ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

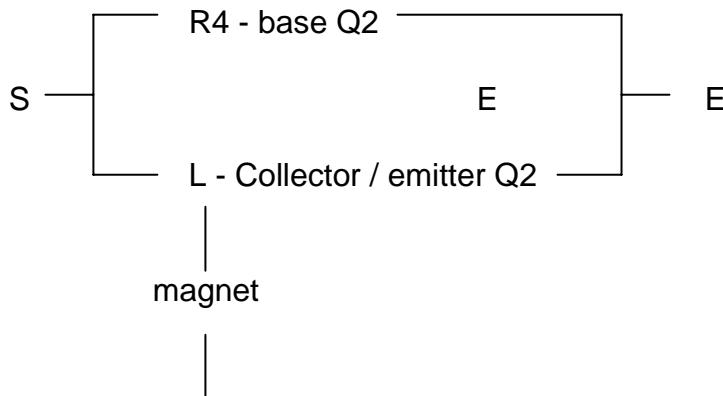


Gbr X - 12. Skematik Diagram Safety Relay New Model.



- Menghidupkan engine :

Saat starting switch diposisikan **START**, maka jalannya arus adalah :



T tertutup, B - C berhubungan dan starting motor bekerja.

- Setelah engine hidup, starting switch diposisikan **START** :

Alternator mengeluarkan arus, dan jalannya arus adalah :

R1 - R2 - Z - D2 - base Q1 - E

S - R4 - Collector / emitter Q1 - E

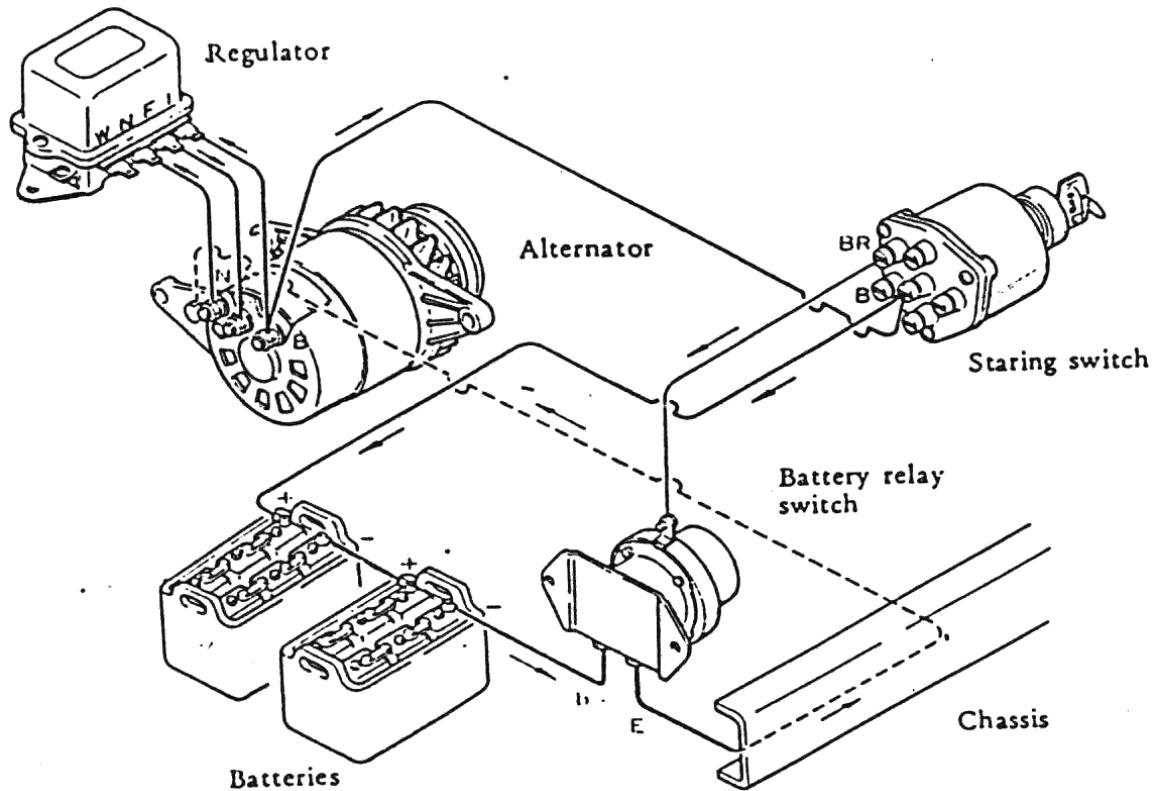
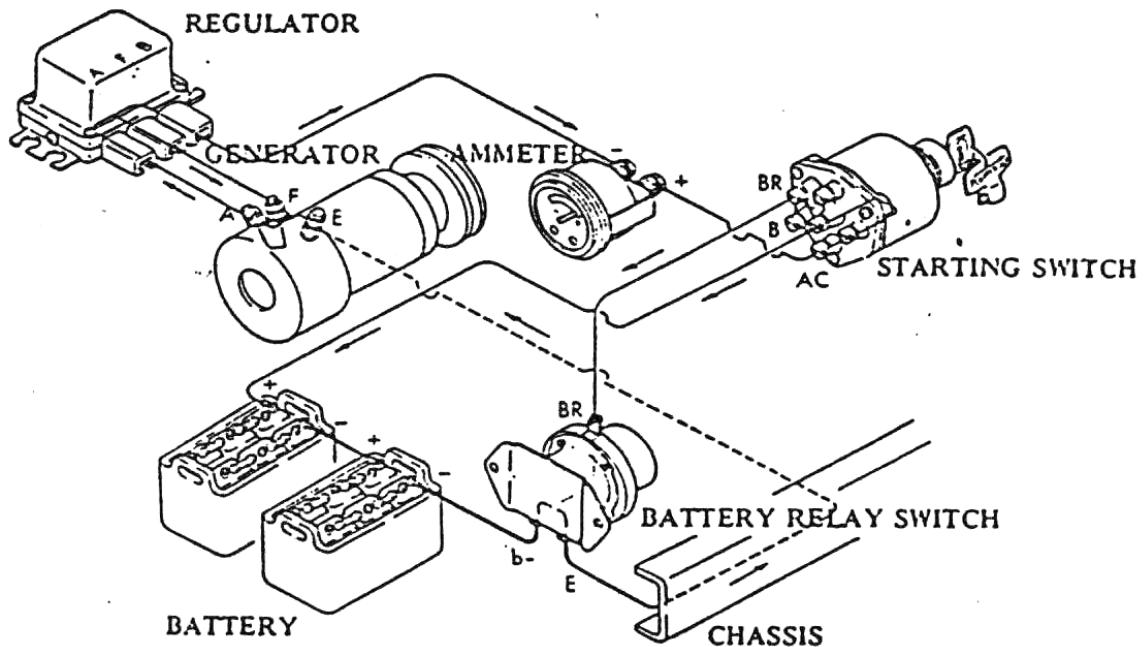
Q1 ON  
Q2 OFF

T tetap terbuka

Karena kontaktor T terbuka, maka starting motor tidak bekerja.

R2 dan C1 digunakan sebagai pengaman agar arus ke starting motor tidak bekerja segera terputus ketika altenator mulai menghasilkan arus / tegangan.

Zener diode Z digunakan untuk mencegah transistor Q1 ON sebelum tegangan yang dihasilkan alternator sesuai spesifikasi yang ditentukan.





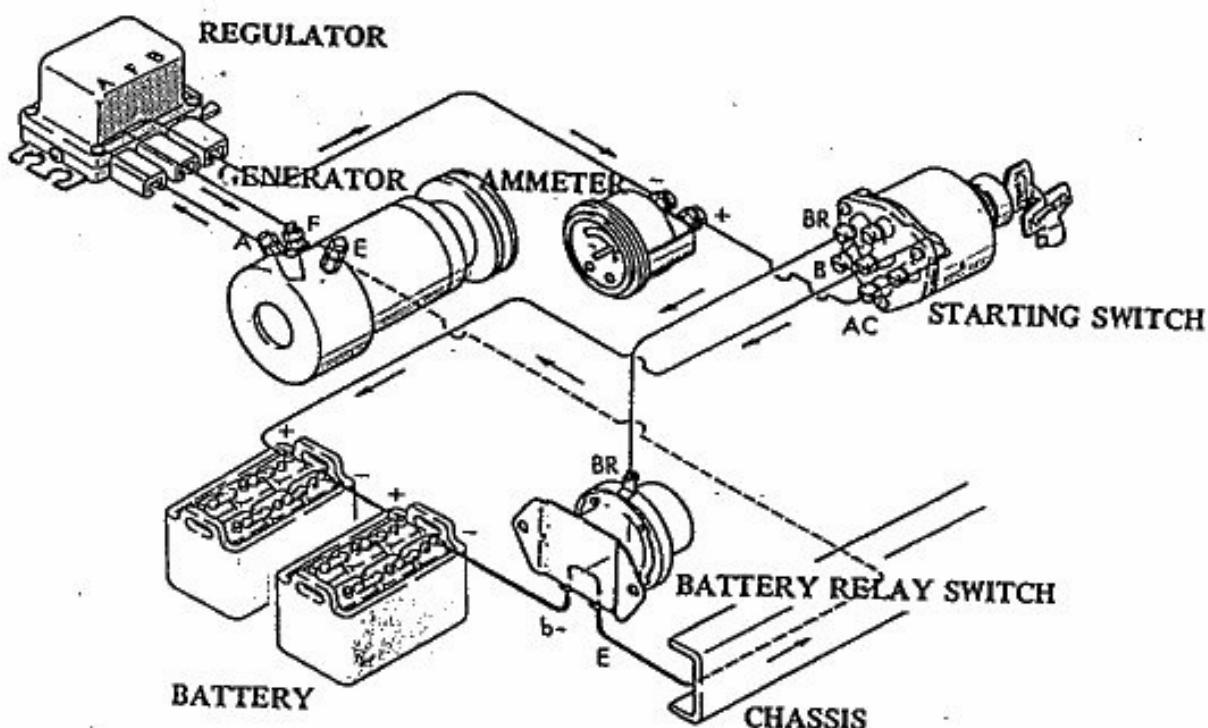
Battery sebagai sumber listrik, kapasitasnya sangat terbatas, sehingga tidak memungkinkan untuk dipakai terus menerus tanpa dilakukan pengisian ( charging ). Untuk hal tersebut dibutuhkan suatu system yang dapat mengembalikan kapasitas battery tersebut sehingga battery diharapkan selalu dalam kondisi " full charge ".

Sistem pengisian ( charging system ) ini, pada produk - produk Komatsu dapat diklasifikasikan menjadi 3 ( tiga ), yaitu :

- Sistem pengisian dengan DC Generator dan Tirril Regulator.
- Sistem pengisian dengan alternator dan Tirril Regulator.
- Sistem pengisian dengan alternator dan Semi Conductor Regulator.

#### A. SISTEM PENGISIAN DENGAN DC GENERATOR DAN TIRRIL REGULATOR.

Hubungan komponen - komponen dalam sistem pengisian ini adalah :



Gbr. XI - 1. Hubungan Komponen - Komponen Sistem Pengisian Dengan DC Generator.

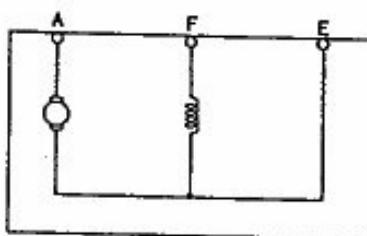
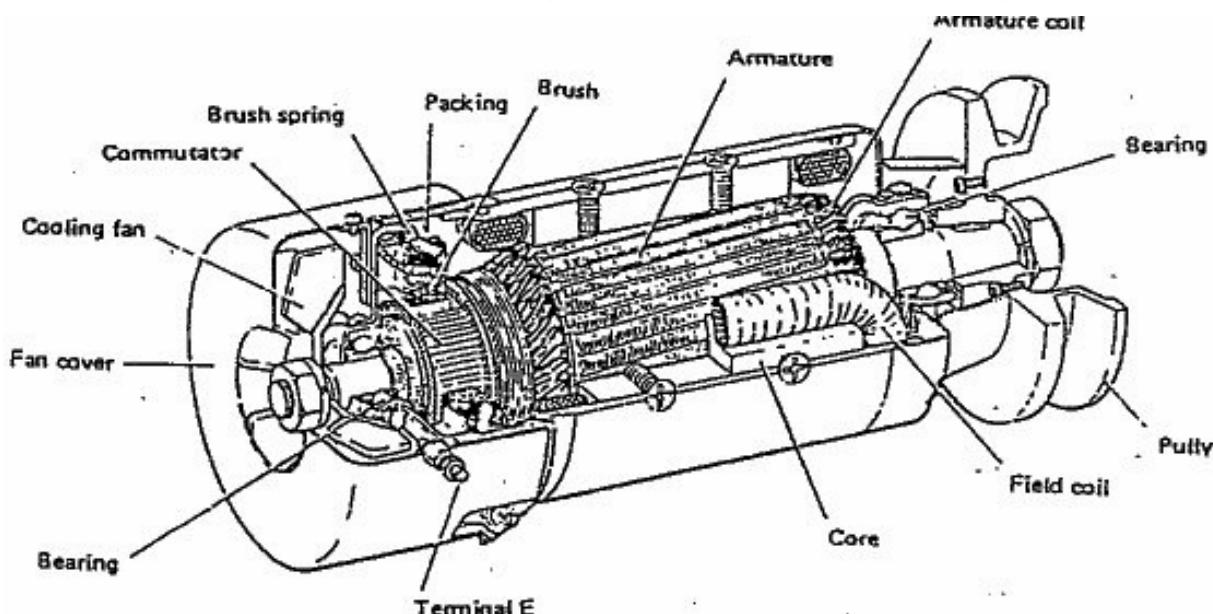
Pada sistem pengisian ini, tegangan dan arus yang keluar dari generator ( sebagai pembangkit listrik ), diatur oleh regulator sehingga sesuai dengan karakteristik sistem kelistrikan pada unitnya.

Adapun arus yang masuk ke battery ( sebagai arus pengisian ) dapat dimonitor lewat A meter atau charging lamp yang dihubungkan serie dengan terminal W regulator dan terminal ACC starting switch.

### 1. DC Generator.

Fungsi DC generator adalah sebagai pembangkit listrik yang akan dipergunakan untuk pengisian battery dengan prinsip merubah energi mekanis menjadi energi listrik.

Konstruksi dan prinsip kerja DC generator dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr. XI - 2. Konstruksi DC Generator.

- ▶ Pada Dc generator, fiel coilnya mempunyai residual magnet.
- ▶ Bila DC generator diputar oleh engine, maka medan magnet akan terpotong oleh armature sehingga timbul arus ( bolak - balik ) dan menjadi searah setelah melewati commutator, brush dan keluar melalui terminal A ke sistem.
- ▶ Pada awalnya, tegangan yang timbul kecil ( arus yang ditimbulkan pun kecil ). Arus yang dibangkitkan tersebut dipergunakan untuk memperkuat medan magnet pada field coul ( melalui terminal F ).

- ▶ Makin kuat medan magnet dan makin tinggi generator diputar, mak output generator pun makin tinggi.

## 2. Tirril Regulator Untuk DC Generator.

Fungsi regulator ini adalah

### a. VOLTAGE REGULATOR.

Berfungsi untuk menjaga agar hasil tegangan yang dihasilkan oleh generator tetap konstan ( 28 - 29 volt ).

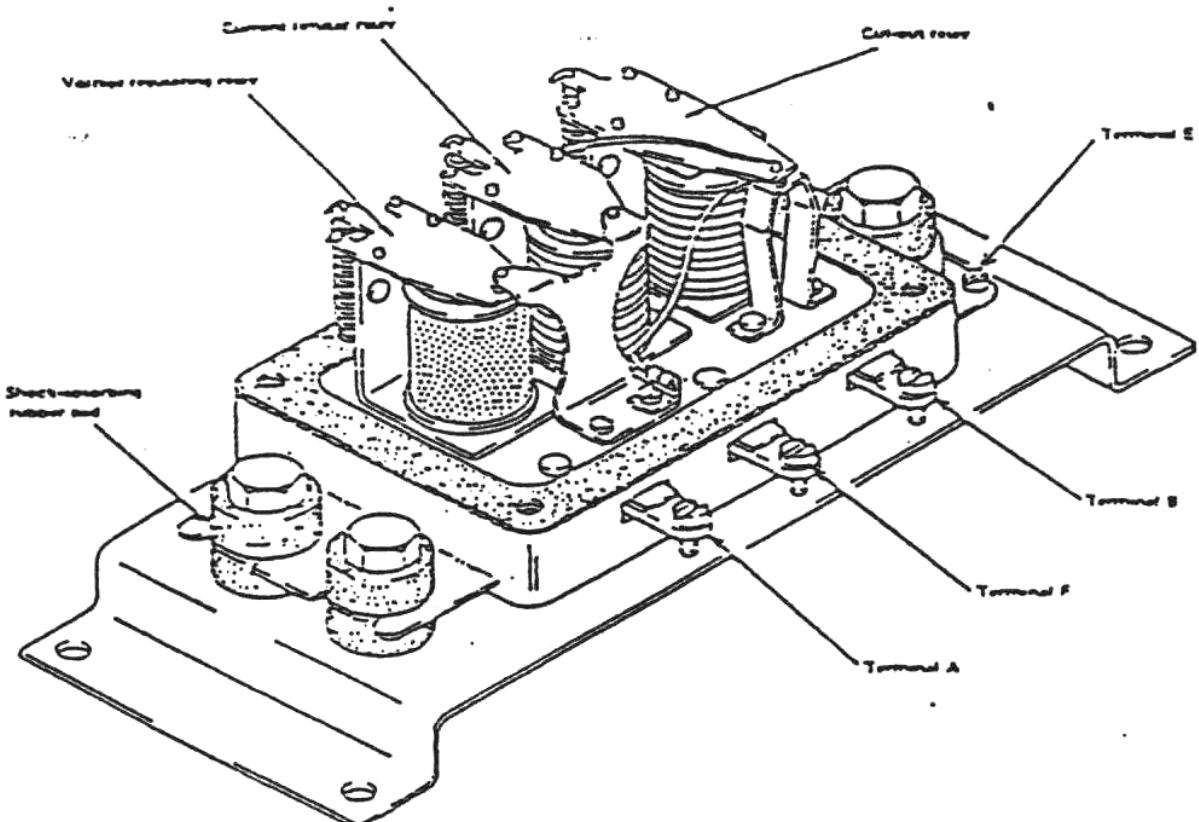
### b. CURRENT REGULATOR.

Berfungsi untuk menjaga arus yang keluar dari generator tidak melebihi 13 ampere.

### c. CUT OUT RELAY.

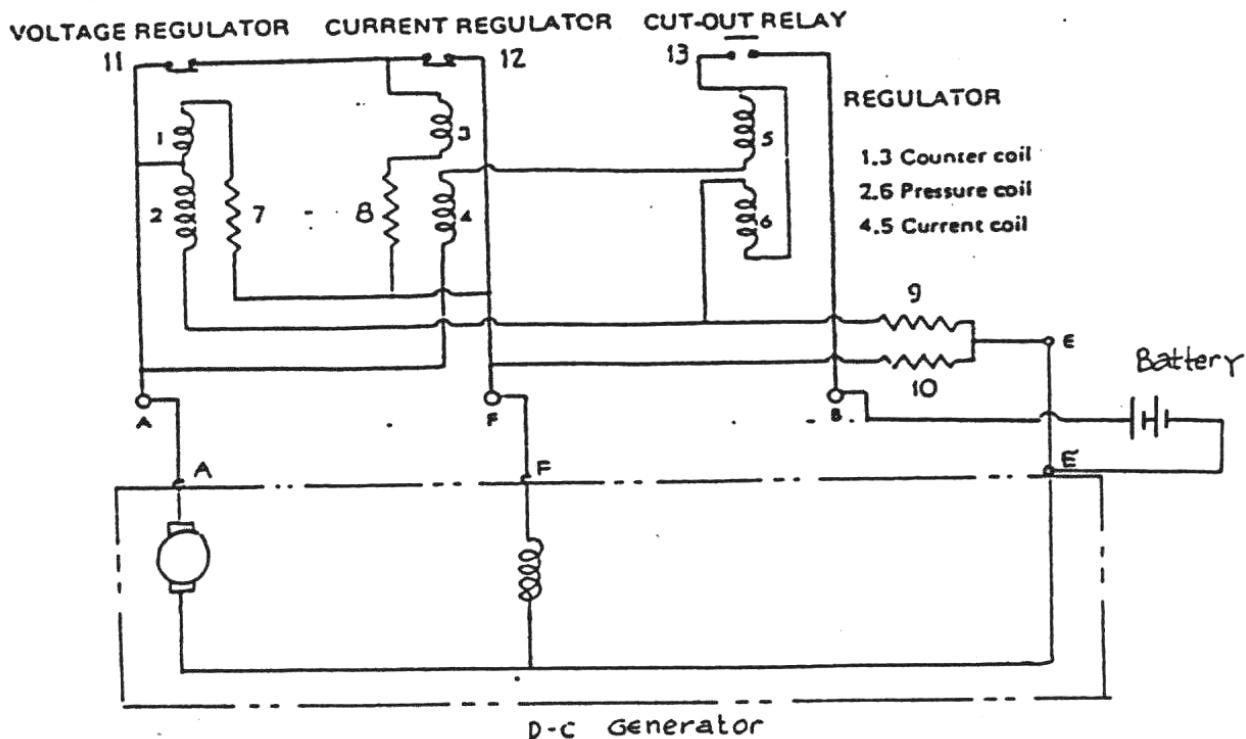
Berfungsi untuk menghubungkan generator dengan battery bila tegangan yang dihasilkan generator lebih tinggi dari battery dan memutuskan bila tegangan battery lebih tinggi dari generator.

Konstruksi dari regulator untuk DC generator ini adalah sebagai berikut :



Gbr. XI - 3. Tirril Regulator untuk DC Generator.

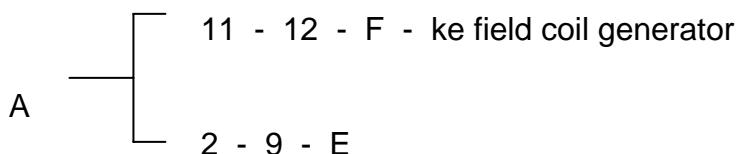
Adapun prinsip kerja tirril regulator adalah sebagai berikut :



Gbr XI - 4. Skematik Diagram Tirril Regulator Untuk DC Generator.

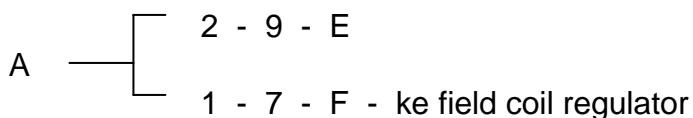
#### a. Voltage Regulator.

- ▶ Pada saat putaran engine masih rendah, arus keluar dari terminal A generator, masuk ke regulator :



Arus masuk ke filed coil regulator menguatkan medan magnet sehingga out put voltage akan naik.

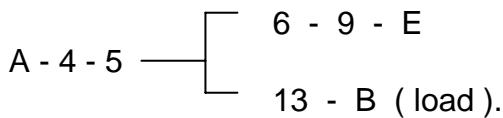
- ▶ Bila out put voltage mencapai 29 volt ( sesuai putaran engine ) maka medan magnet pada coil 2 akan mampu menarik kontak point 11 hingga terbuka, sehingga jalannya arus :





### c. Current Limiter.

- › Lihat Gbr. XI - 4.
- › Arus yang keluar dari generator masuk ke regulator.  
Jalannya arus adalah :



13 tertutup bila out put voltage generator > 26 volt.

- › Bila arus yang ke load mencapai 13 ampere medan magnet yang timbul pada coil 4 kuat menarik kontak point 12 hingga terbuka sehingga jalannya arus penguat ialah :

A - 11 -3 - 8 F - field coil generator

Mengakibatkan out put voltage dari generator turun dan arus yang ke load akan turun menjadi 12 ampere.

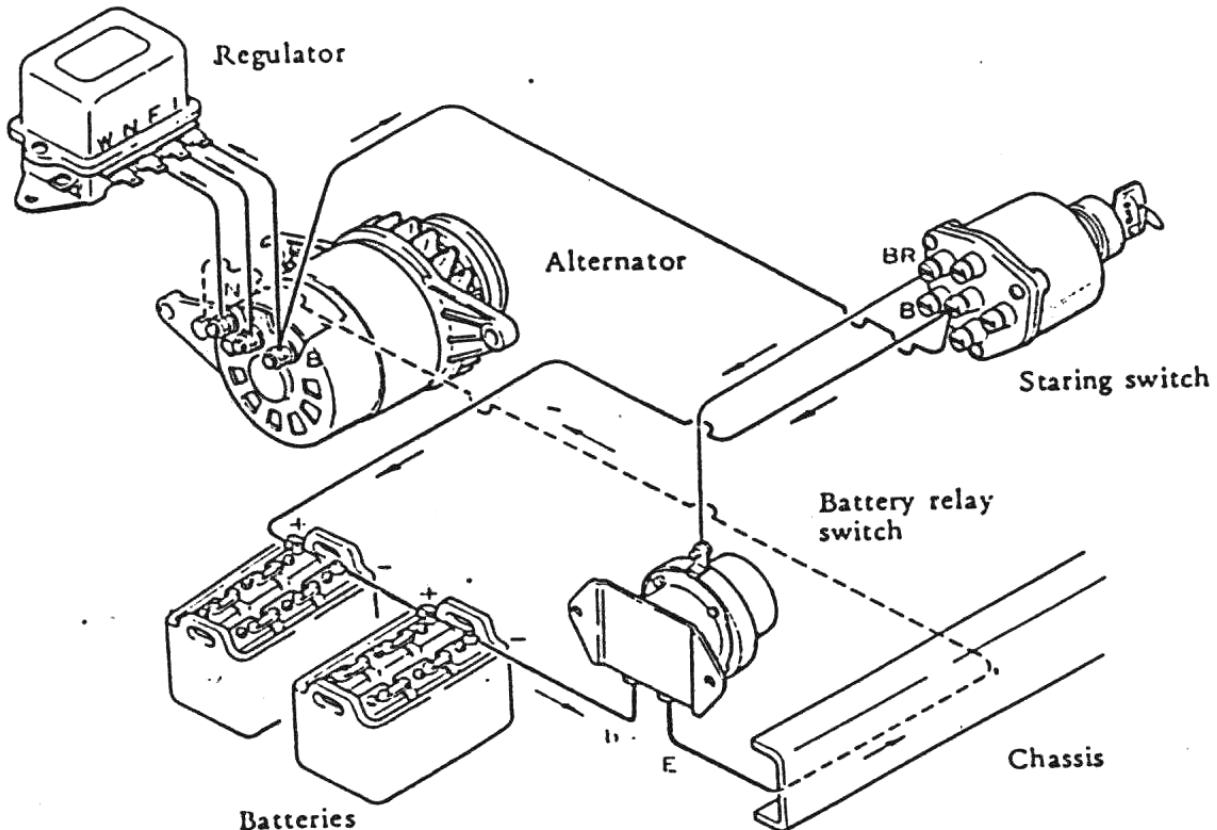
- › Medan magnet yang timbul pada coil 3 akan saling melemahkan dengan medan magnet yang ada pada coil 4 sehingga kontak point 12 tertutup kembali. Out put voltage generator naik karenanya dan arus ke load naik kembali menjadi 13 ampere. Proses tersebut berulang - ulang sehingga regulating current tercapai 12 ampere - 13 ampere.

### d. Cut Out Relay.

- › Lihat Gbr. XI - 4.
- › Saat out put voltage mencapai 26 volt, kontak point 13 tertutup ( karena adanya medan magnet pada coil 5 dan 6 ) dan proses pengisian battery pun terjadi.
- › Bila out put voltage dari generator turun di bawah 26 volt, kontak point 13 akan terbuka kembali sehingga arus dari battery tidak mengalir kembali ke generator. Bila arus datang dari battery maka medan magnet pada coil 5 dan 6 akan saling melemahkan sehingga mempercepat kontak point 13 terbuka.

## B. SISTEM PENGISIAN DENGAN ALTERNATOR DAN TIRRIL REGULATOR.

Hubungan komponen - komponen dalam sistem pengisian ini adalah sebagai berikut :



Gbr.XI - 5. Hubungan Komponen - Komponen Sistem Pengisian  
Dengan alternator Dan Tirril Regulator.

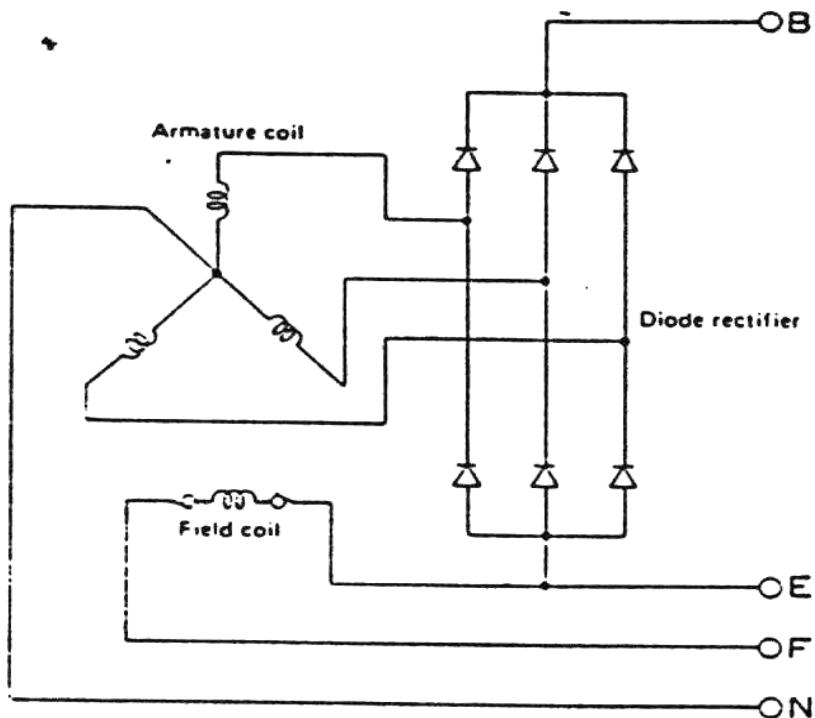
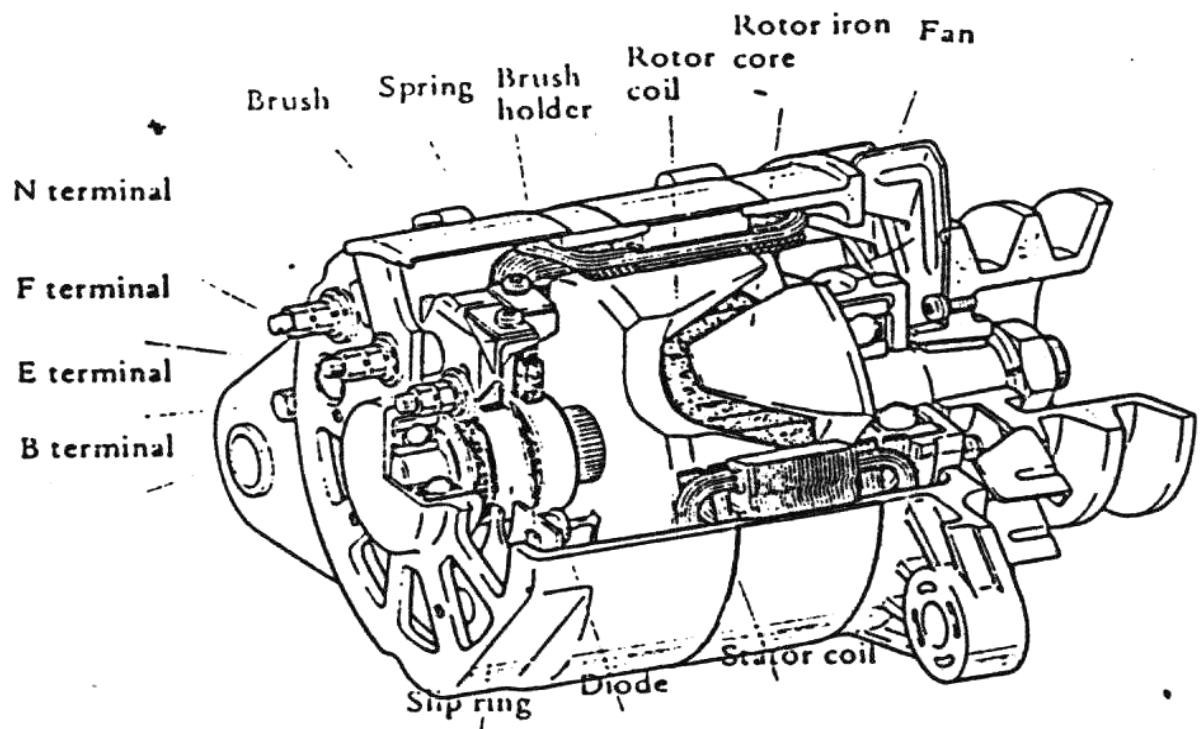
Pada sistem pengisian ini, tegangan yang dihasilkan alternator ( sebagai pembangkit listrik ) diatur oleh regulator sehingga sesuai dengan karakteristik sistem kelistrikan pada unitnya.

Adapun arus yang masuk ke battery ( sebagai arus pengisian ) dapat dimonitor lewat A meter atau charging lamp yang dihubungkan serie dengan terminal W regulator dan terminal ACC starting switch.

### 1. Alternator.

Fungsi alternator adalah sebagai pembangkit listrik yang akan dipergunakan untuk pengisian battery dengan prinsip merubah energi mekanis menjadi energi listrik.

Konstruksi dan prinsip kerja alternator jenis ini dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr.XI - 6. Konstruksi Dan Skematik Diagram alternator.



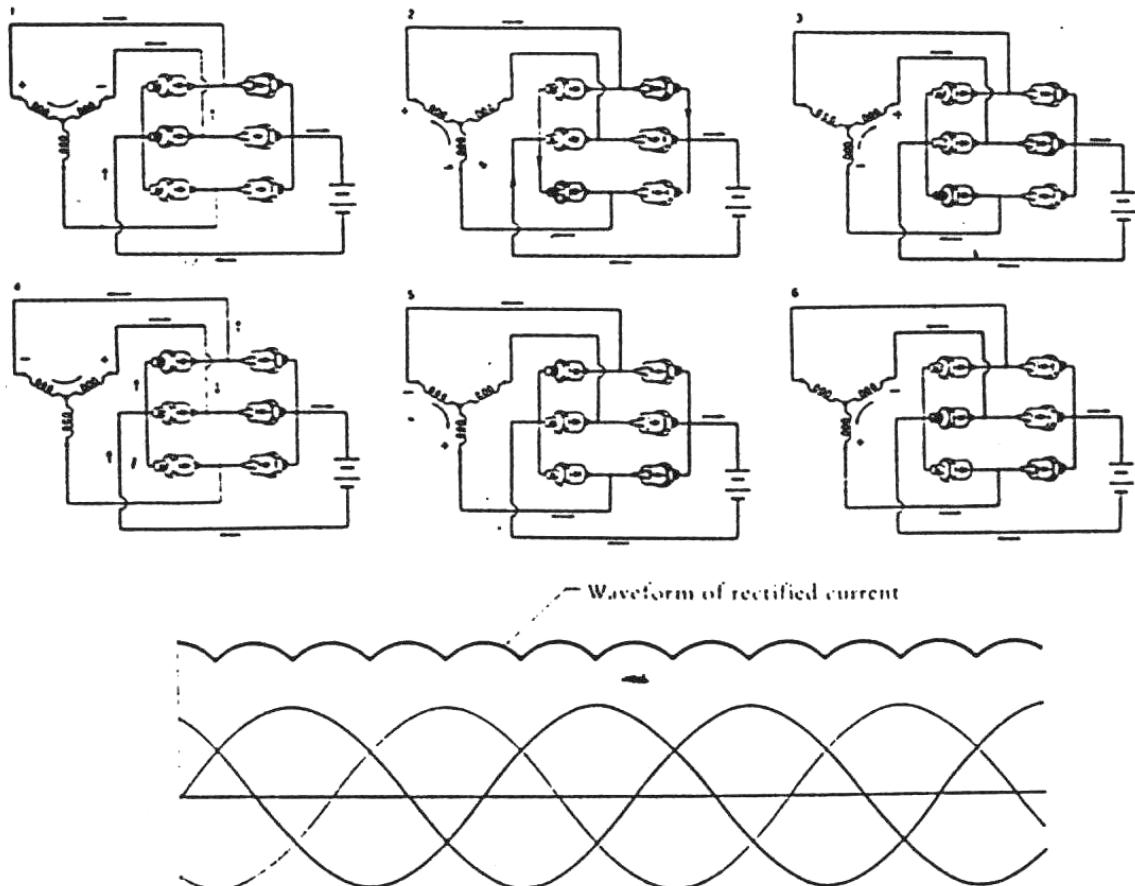
Prinsip kerja alternator adalah sebagai berikut :

- ▶ Pada alternator diperlukan arus penguat ke motor coil. Jalannya arus penguat tersebut adalah :

Battery - F - Field coil - E

Dengan demikian pada rotor coil akan timbul medan magnet.

- ▶ Bila alternator diputar oleh engine, makamedan magnet pada rotor coil akan memotong konduktor ( stator, coil ) sehingga timbul tegangan yang sebanding dengan putaran dan kekuatan medan magnetnya.
- ▶ Pada stator coil ini, tegangan yang timbul adalah tegangan bolak - balik. Untuk menyearahkan digunakan diode rectifier dengan pola sebagai berikut :

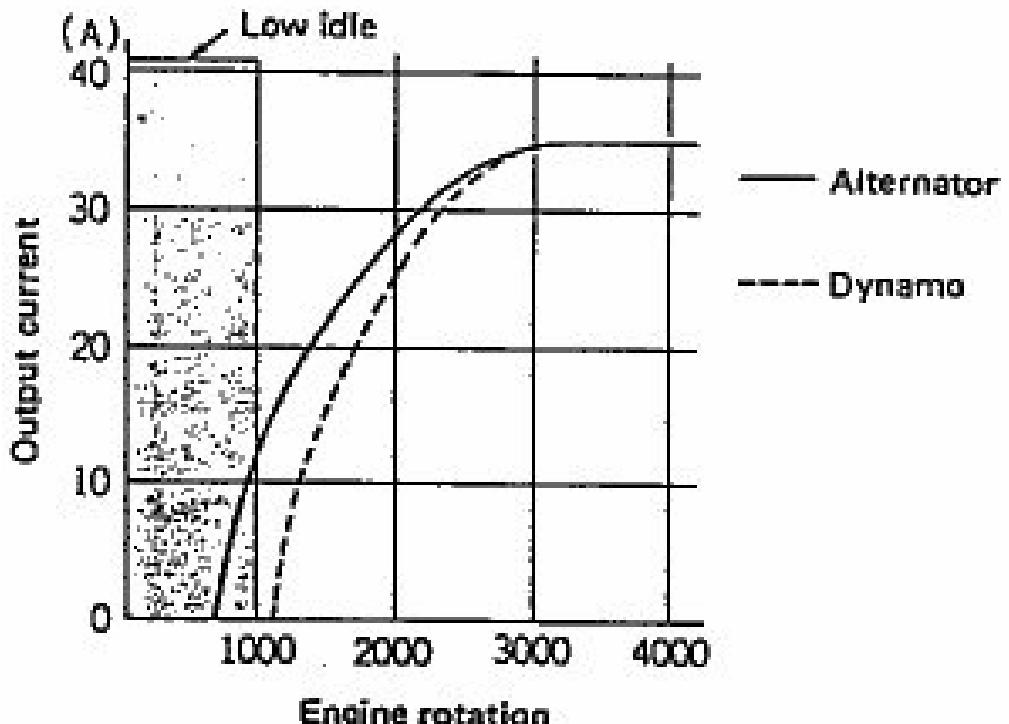


Gbr.XI - 7. Perubahan Tegangan Bolak - Balik  
Ke Tegangan Searah Pada alternator.



Adapun perbedaan antara alternator dan DC generator ( dynamo ) ialah :

- ▶ alternator lebih ringan dan tegangan / arus yang dihasilkan lebih besar.
- ▶ Dapat dilakukan pengisian ( charging ) pada putaran rendah ( low idle ). Hal tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gbr.XI - 8. Grafik Perbandingan Alternator Dan DC Generator ( Dynamo ).

## 2. Tirril Regulator Untuk Alternator.

Fungsi regulator untuk alternator adalah :

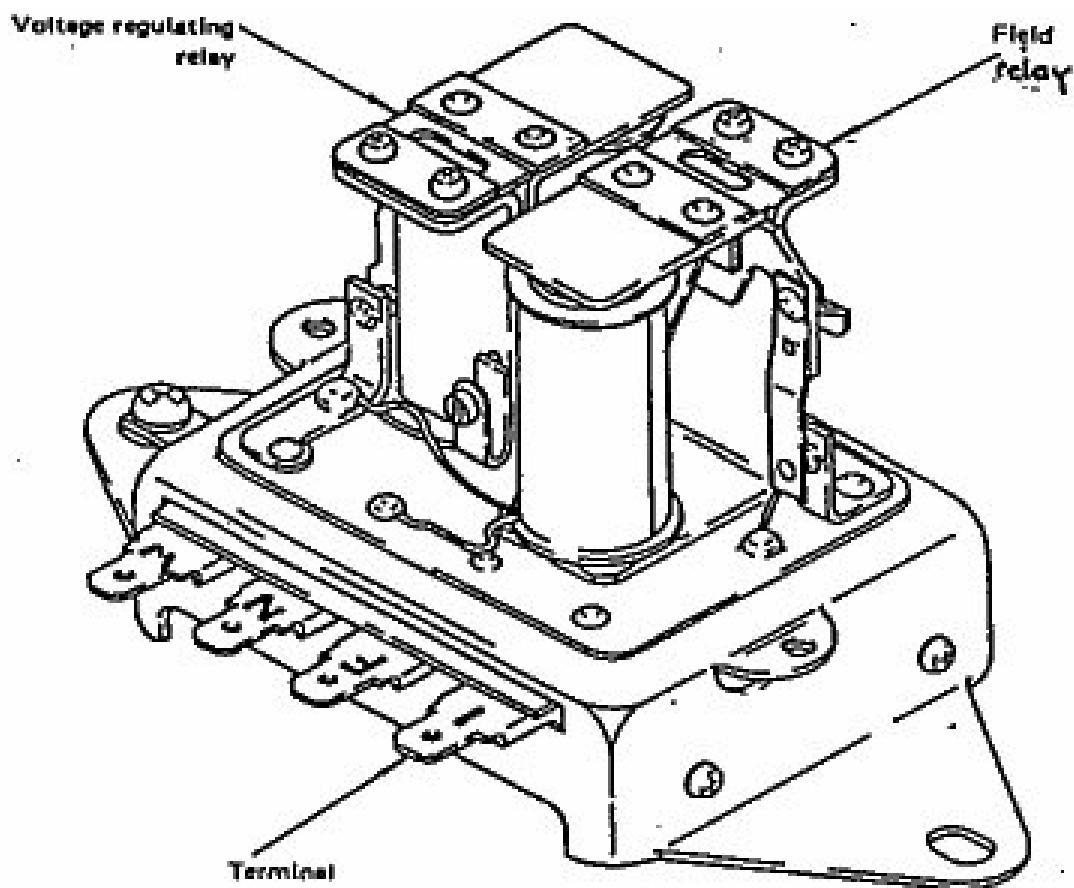
### a. Voltage Regulator.

Berfungsi untuk menjaga agar hasil tegangan yang dihasilkan oleh alternator tetap konstan ( 27,5 - 29,5 ) volt.

### b. Filed Relay.

Berfungsi untuk mengontrol arus penguat ke field coil alternator.

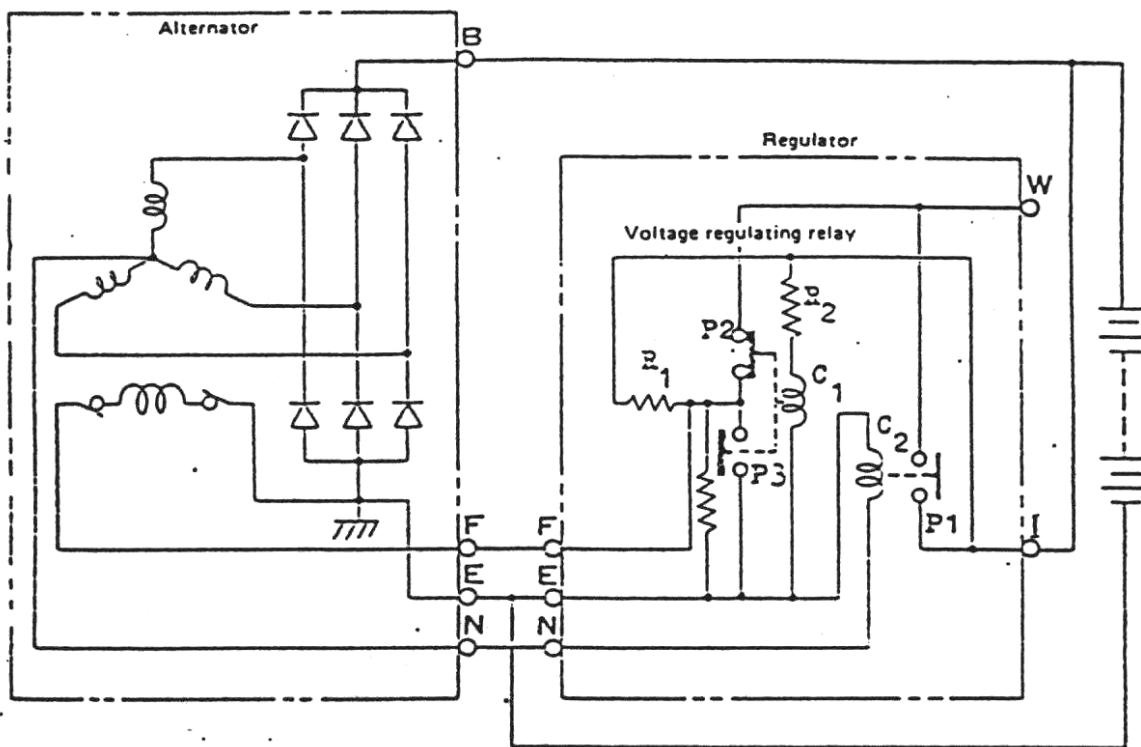
Konstruksi dari tirril regulator untuk alternator ini adalah sebagai berikut :



Gbr.XI - 9. Konstruksi tirril regulator untuk alternator.



Adapun prinsip kerja tirril regulator ini dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr.XI - 10. Skematik Diagram alternator Dengan Tirril Regulator.

- Bila starting switch posisi On, maka akan mengalir arus dari battery lewat regulator ke alternator ( field coil ). Jalannya arus adalah :

Battery - I - R1 - Field coil - Ground

Akibatnya pada field coil timbul medan magnet, sehingga saat alternator berputar akan menghasilkan tegangan lewat terminal B.

- Bila engine mulai hidup dan tegangan terminal N - E mencapai  $\pm$  6 volt, maka P1 akan tertutup.

Jalannya arus adalah sebagai berikut :

N - C2 - E

Medan magnet yang timbul pada C2 akan mampu menarik P1 hingga tertutup.



- c. Setelah P1 tertutup, jalannya arus penguat adalah :

I - P1 - P2 - F - Field coil - Ground

Karena arus penguat tidak melewati R1 maka medan magnet yang timbul pada field coil akan menjadi besar, out put voltage alternator pun naik ( mencapai 29 volt ).

- d. Bila out put voltage mencapai 29 volt ( proses pengisian battery berlangsung ), maka sebagian arus akan lewat :

I - R2 - C1 - E

Akibatnya C1 menjadi magnet dan kontak point P2 terbuka.

- e. Bila P2 terbuka jalannya arus penguat adalah :

I - R1 - F - field coil - Ground

Karena lewat R1 maka arus penguat ke field coil turun sehingga out put voltage turun ( mencapai 28 volt ).

- f. Karena out put voltage turun maka kekuatan magnet C1 menurun akibatnya kontak point P2 tertutup kembali. Out put voltage naik menjadi 29 volt. Demikian proses tersebut diatas berulang - ulang sehingga out put voltage tercapai 28 - 29 volt.

- g. Bila rpm engine tinggi ( out put voltage mencapai 29,5 volt ), maka medan magnet pada C1 cukup kuat menarik kontak point P2 hingga terbuka dan kontak point P3 tertutup.

- h. P3 tertutup, maka arus penguat yang ke field coil ditiadakan. Jalannya arus adalah :

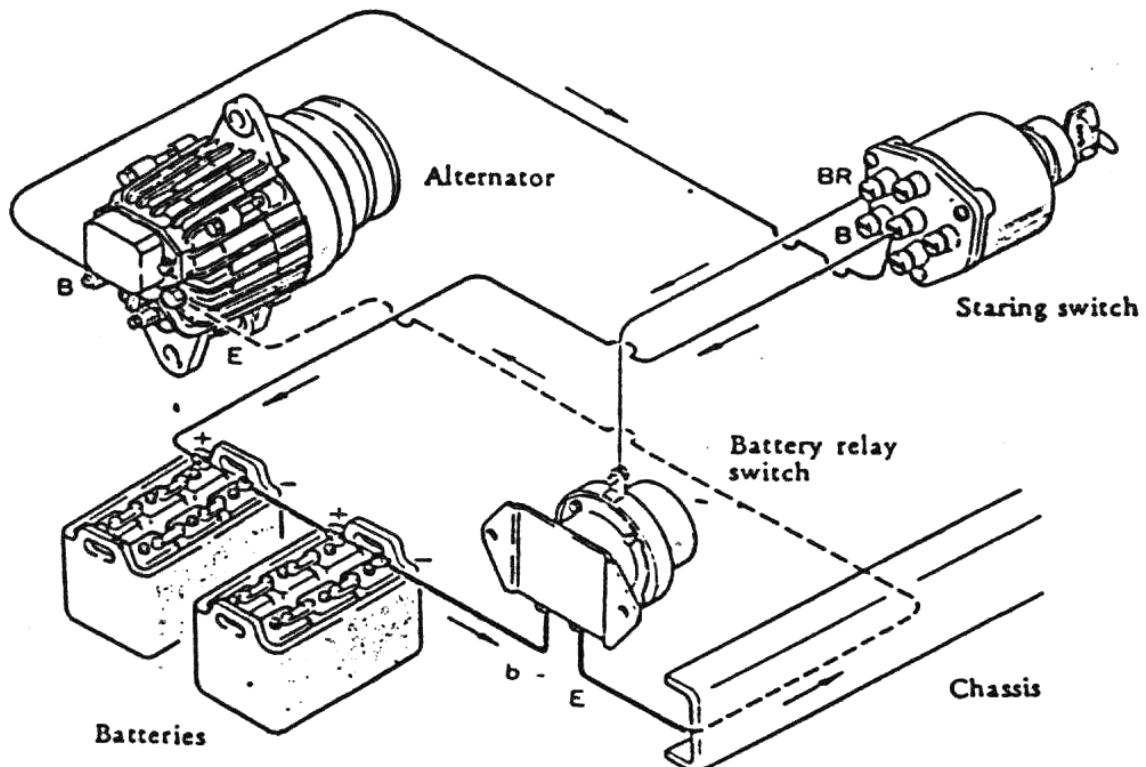
I - R1 - P3 - E.

Akibatnya out put voltage akan turun, sehingga regulating voltage 28 - 29 volt tetap tercapai.



### C. SISTEM PENGISIAN DENGAN ALTERNATOR DAN SEMI CONDUCTOR REGULATOR.

Hubungan komponen - komponen dalam sistem pengisian ini adalah sebagai berikut :



Gbr.XI - 11. Hubungan komponen - komponen sistem pengisian dengan alternator dan semi conductor regulator.

Tegangan yang dihasilkan alternator diatur oleh regulator sehingga sesuai dengan karakteristik sistem kelistrikan pada unitnya.

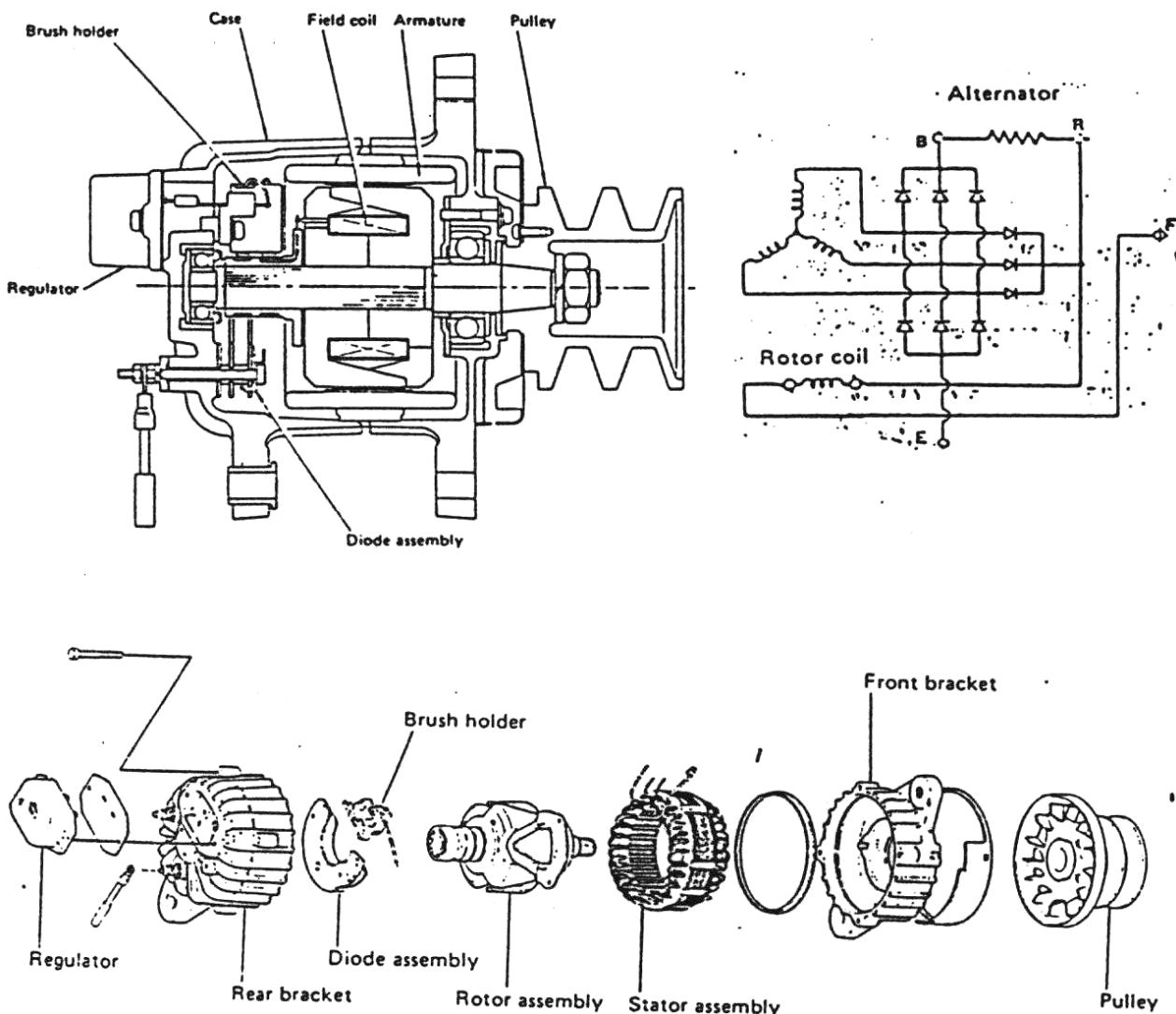
Adapun arus yang masuk ke battery ( sebagai arus pengisian ) dapat dimonitor melalui A meter atau charging lamp yang dihubungkan serie dengan terminal R alternator dan terminal ACC starting switch.

### 1. Alternator ( Untuk Semi Conductor Regulator ).

Pada alternator jenis ini sedikit berbeda dengan alternator untuk tirril regulator. Perbedaannya terletak pada stator coil dan rangkaian diodennya.

Pada saat stator coil, terminal N tidak diambil atau dikeluarkan dan menggunakan 9 buah diode sebagai perubah tegangan AC ke tegangan DC.

Konstruksi dan prinsip kerja alternator jenis ini dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr XI - 12. Konstruksi dan skematik diagram alternator untuk semi conductor regulator.



Prinsip kerja alternator jenis adalah :

- a. Field coil ( rotor coil ) mendapat arus penguat dari :

Battery - B - Resistance - R - Brush - Field Coil - Brush - F -  
Regulator - Ground.

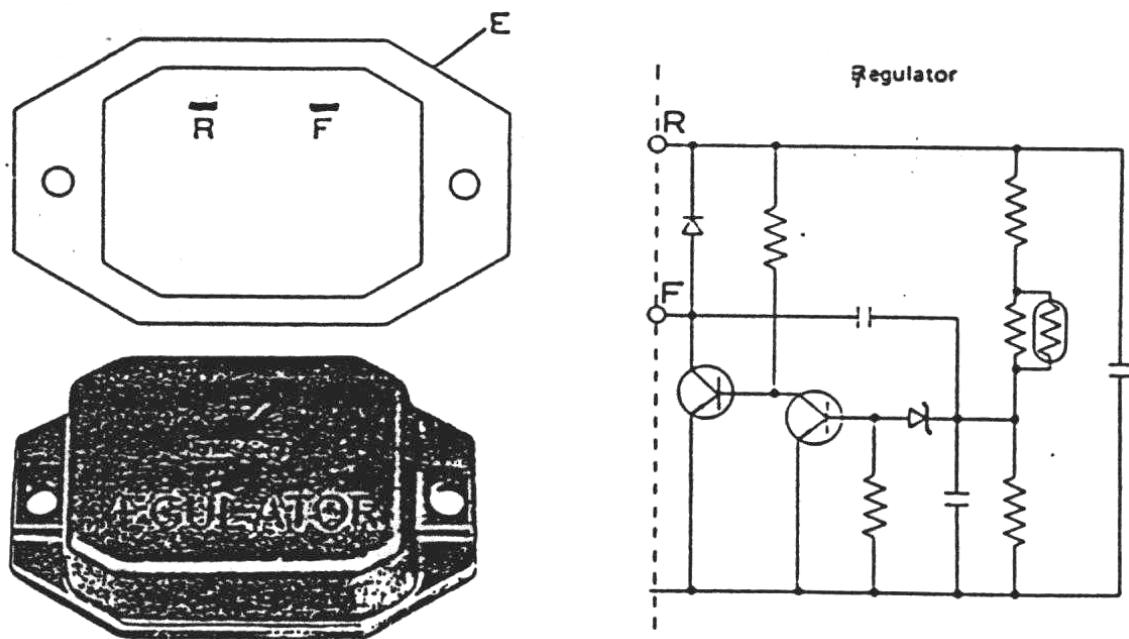
Dengan demikian pada rotor coil akan timbul medan.

- b. Bila alternator diputar oleh engine, maka medan magnet pada rotor coil akan memotong konduktor ( stator, coil ) sehingga timbul tegangan yang sebanding dengan putaran dan kekuatan medan magnetnya.

Pada kondisi demikian, tegangan pada terminal B dan R adalah sama. Tegangan yang ditimbulkan pada akhirnya dipergunakan untuk memperkuat arus penguat ke rotor coil.

## 2. Semi Conductor Regulator.

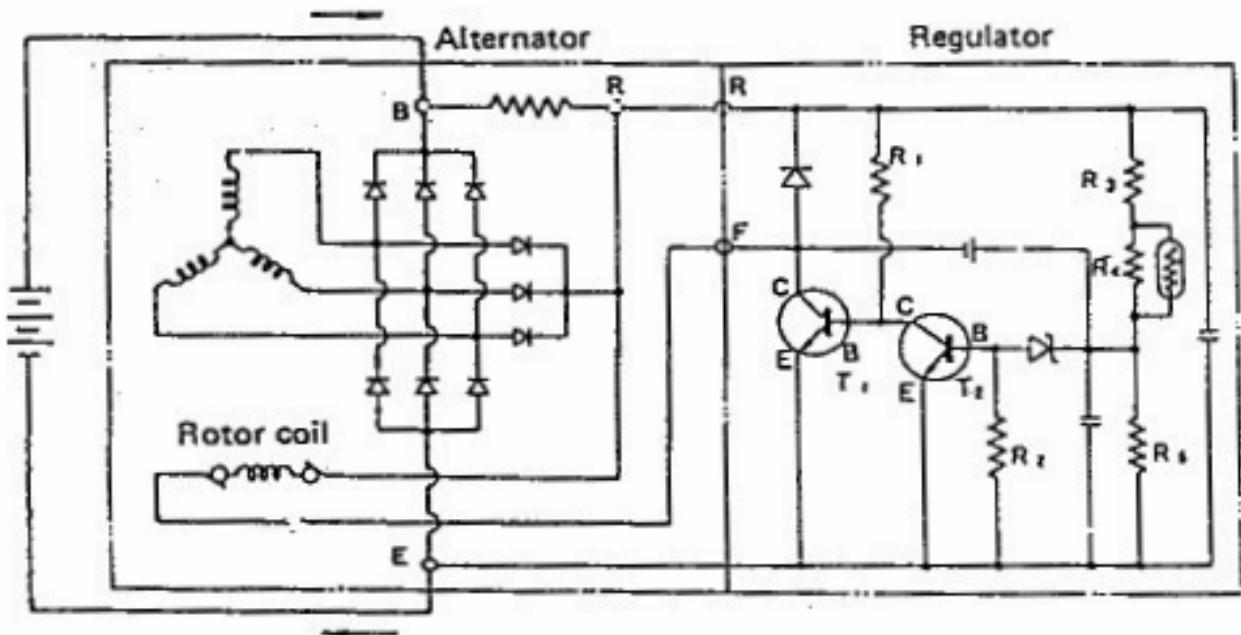
Fungsi semi conductor regulator adalah mengontrol arus penguat ke field coil ( rotor coil ) sehingga didapatkan tegangan yang dihasilkan alternator antara 27,5 - 29,5 volt.



Gbr XI - 13. Konstruksi Dan Skematik Diagram Semi Conductor Regulator.7

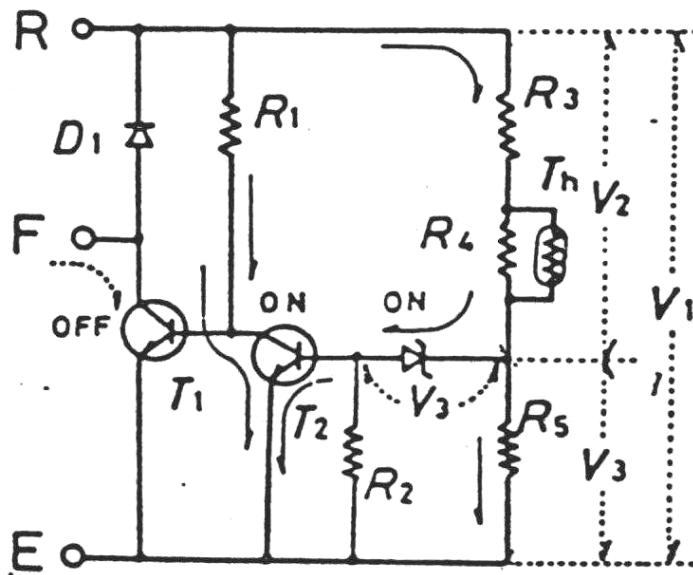


Adapun prinsip kerja semi conductor dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gbr.XI - 14. Skematik Diagram alternator Dan Semi Conductor Regulator.

- Bila starting switch posisi ON, maka arus dari battery akan mengalir ke rotor coil. Jalannya arus penguat adalah :  
Battery - B - R - rotor coil - F - T1 - E.
- Setelah rotor coil menjadi magnet dan alternator diputar oleh engine, maka dari alternator akan menghasilkan tegangan.
- Bila out put voltage dari alternator masih kecil maka arus yang keluar dari alternator akan memperkuat medan magnet pada rotor coil, sehingga out put voltage dari alternator naik. Out put voltage dari alternator adalah sebanding dengan putaran dan kekuatan medan magnetnya.
- Saat tegangan mencapai 29,5 volt maka voltage drop di V3 akan menyebabkan zener diode mendapat reverse - voltage sehingga T2 akan ON dan T1 akan OFF. Dengan demikian arus penguat ke rotor coil tidak mendapat ground dan kemagnetan akan berkurang sehingga tegangan yang dihasilkan alternator akan turun.



Gbr.XI - 15. Reverse voltage pada zener diode  
( semi conductor regulator ).

- e. Bila output voltage turun mencapai 27,5 volt, maka T<sub>2</sub> akan OFF dan T<sub>1</sub> kembali ON ( bekerja ) dan field coil mendapat arus penguat kembali dan output voltage alternator naik kembali.
- f. Kejadian tersebut diatas berulang - ulang sehingga regulating voltage 27,5 volt - 29,5 volt.



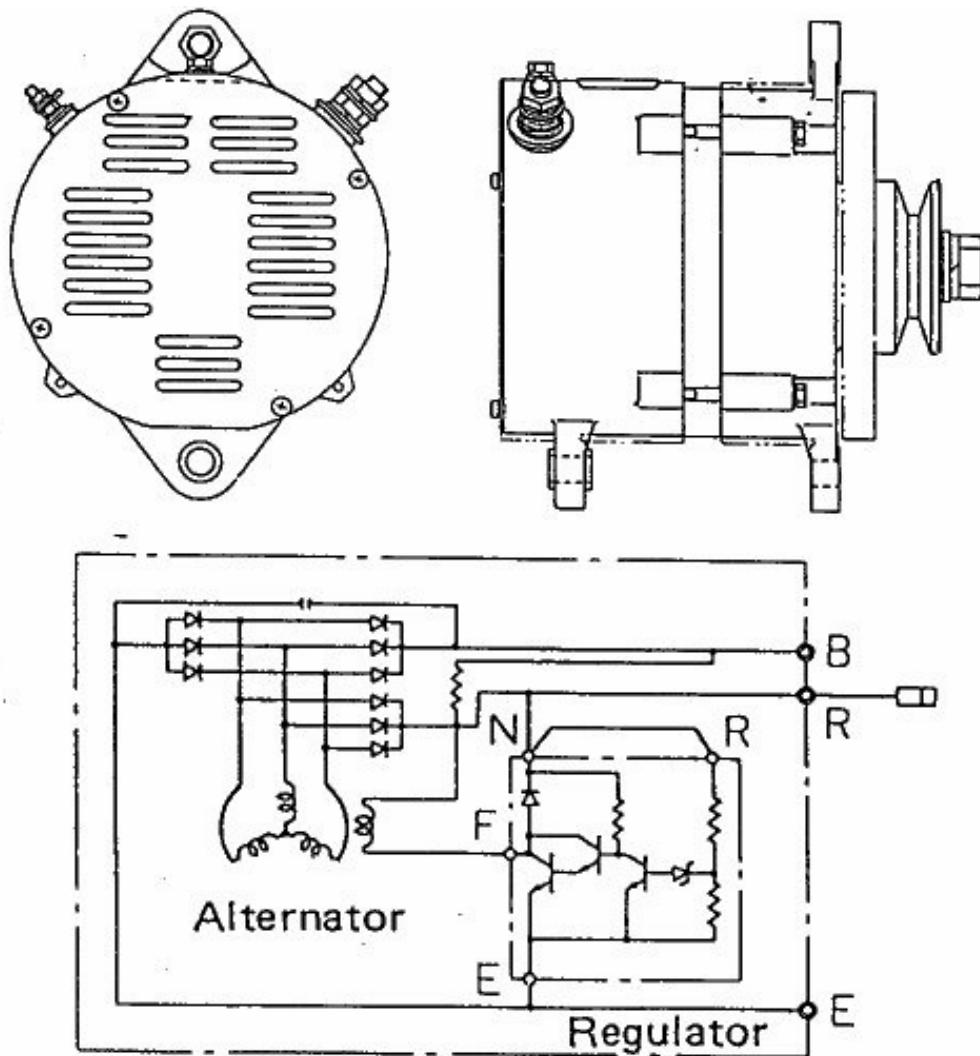
#### D. SISTEM PENGISIAN DENGAN BRUSHLESS ALTERNATOR DAN SEMI CONDUCTOR REGULATOR.

Pada prinsipnya, sistem pengisian jenis ini sama dengan pengisian yang menggunakan alternator dan semi conductor regulator.

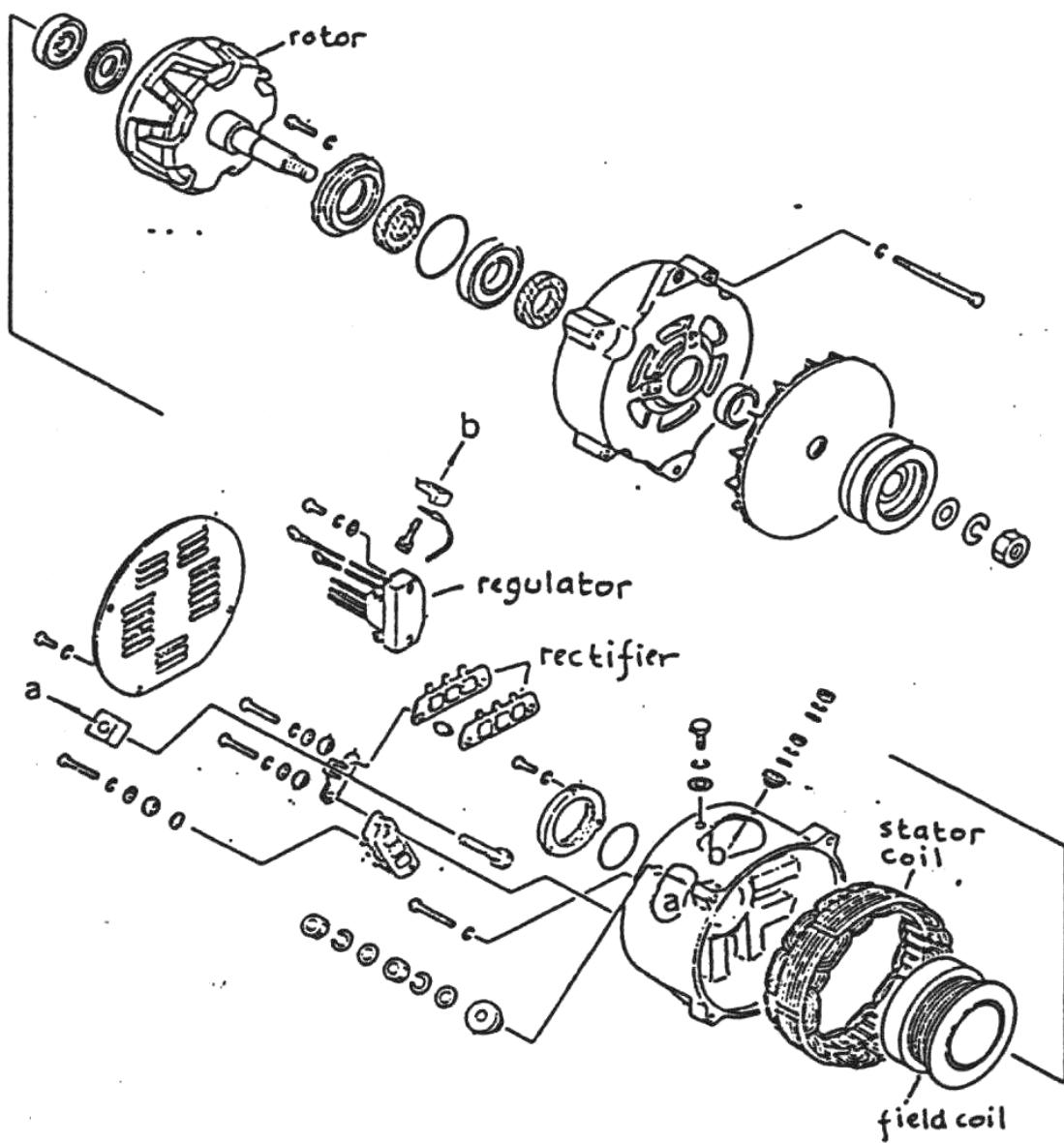
Perbedaannya terletak pada konstruksinya yaitu :

1. Alternator : Tanpa menggunakan brush, sehingga disebut brushless alternator.
2. Regulator : Bentuknya lebih kecil dan terletak di dalam brushless alternatornya.

Konstruksinya dari brushless alternator dan semi conductor regulator tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.

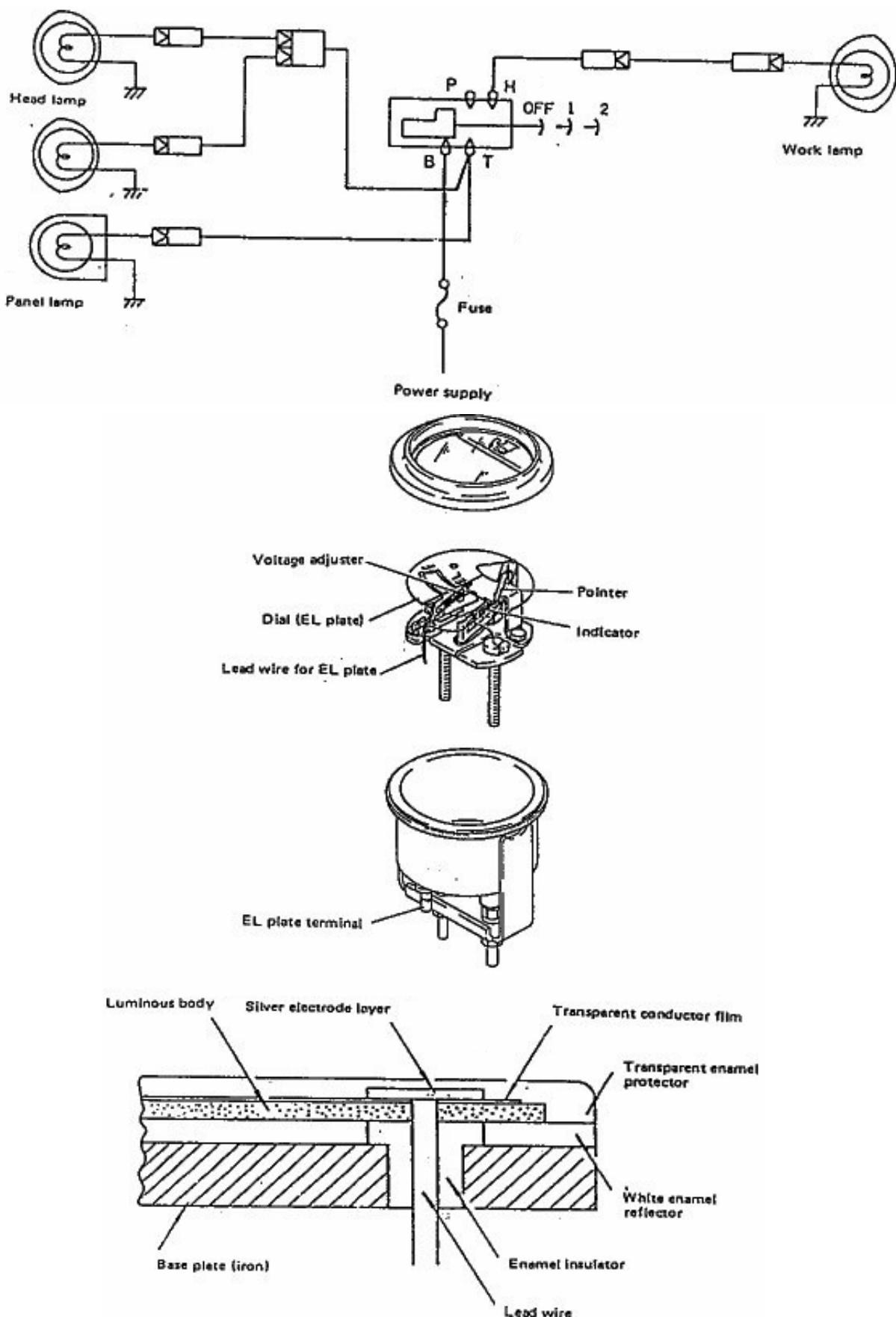


Gbr.XI - 16. Konstruksi Dan Skematik Diagram Brushless Alternator dan Semi Conductor Regulator.



Gbr XI - 17. Komponen Brushless alternator.

Prinsip kerja brushless alternator dengan semi conductor regulator adalah sama dengan alternator ( biasa ) dengan semi conductor. Perbedaan regulator ini adalah menggunakan komponen semi conductor yang disebut Darlington.



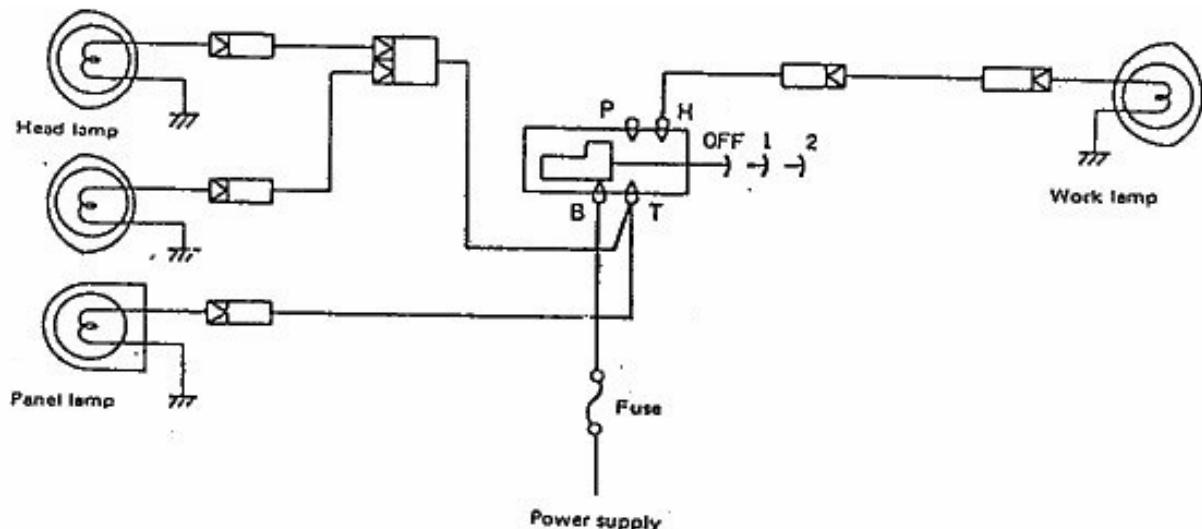
## A. SISTEM PENERANGAN ( LIGHTING SYSTEM ).

Sistem penerangan dapat dibagi menjadi 6 jenis sirkuit yaitu :

- ▶ Head lamp circuit.
- ▶ Turn signal circuit.
- ▶ Back-up lamp circuit.
- ▶ Stop lamp circuit.
- ▶ Parking lamp circuit.
- ▶ Electric luminescence ( EL ) circuit.

### 1. Sirkuit Head Lamp.

Sirkuit untuk head lamp circuit ini dapat digambarkan sebagai berikut :



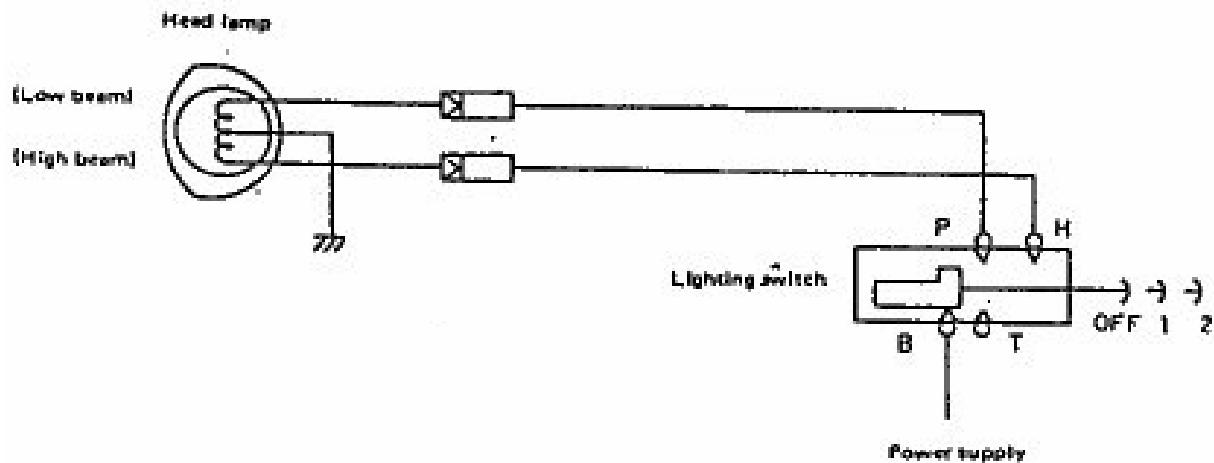
Gbr. XII - 1. Sirkuit head lamp.

Dari gambar diatas, bila switch posisi 1, maka head lamp dan panel lamp akan menyala,. Sedangkan bila switch posisi 2, maka selain head lamp dan panel lamp, maak work lama akan menyala.

Jalannya arus adalah :

Battery - Fuse - Switch - Lampu-lampu - Ground.

Pada unit-unit tertentu untuk head lamp dilengkapi dengan low dan high beam ( lampu dekat dan lampu jauh ) dengan sirkuit sebagai berikut :

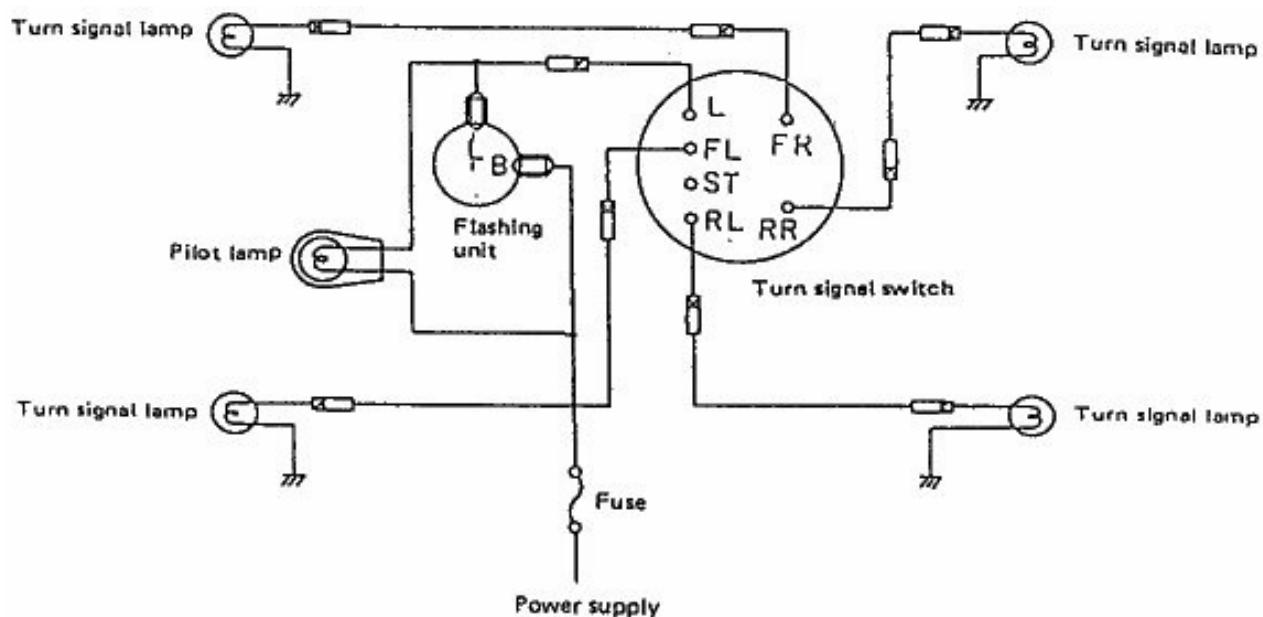


Gbr. XII - 2. Sirkuit low beam dan high beam.

Dengan memposisikan lighting switch ke posisi 1 atau 2 maka akan di dapat low atau high beam yang menyala.

## 2. Sirkuit Turn Signal.

Turn signal circuit terdiri dari turn signal lamp, pilot lamp, turn signal switch dan flashing unit yang dapat dilihat pada sirkuit diagram berikut ini :



Gbr. XII - 3. Sirkuit turn signal.

Jalannya arus adalah :

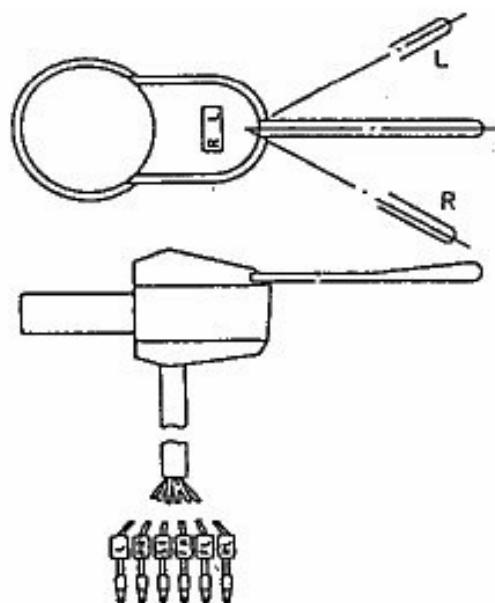
Battery - Fuse - Flashing - Turn signal -----  
Unit                      Switch

Turn signal - Ground  
lamp  
Pilot lamp - Ground

□ **Turn signal switch.**

Turn signal berfungsi untuk menghubungkan power supply ke turnsignal lamp kiri atau kanan. Hubungan terminal - terminal turn signal switch tersebut adalah sebagai berikut :

Lever position	Terminal					
	L	FR	RR	ST	FL	RL
R	○	○	○	○	○	○
Neutral	.		○	○	○	○
L	○			○	○	○

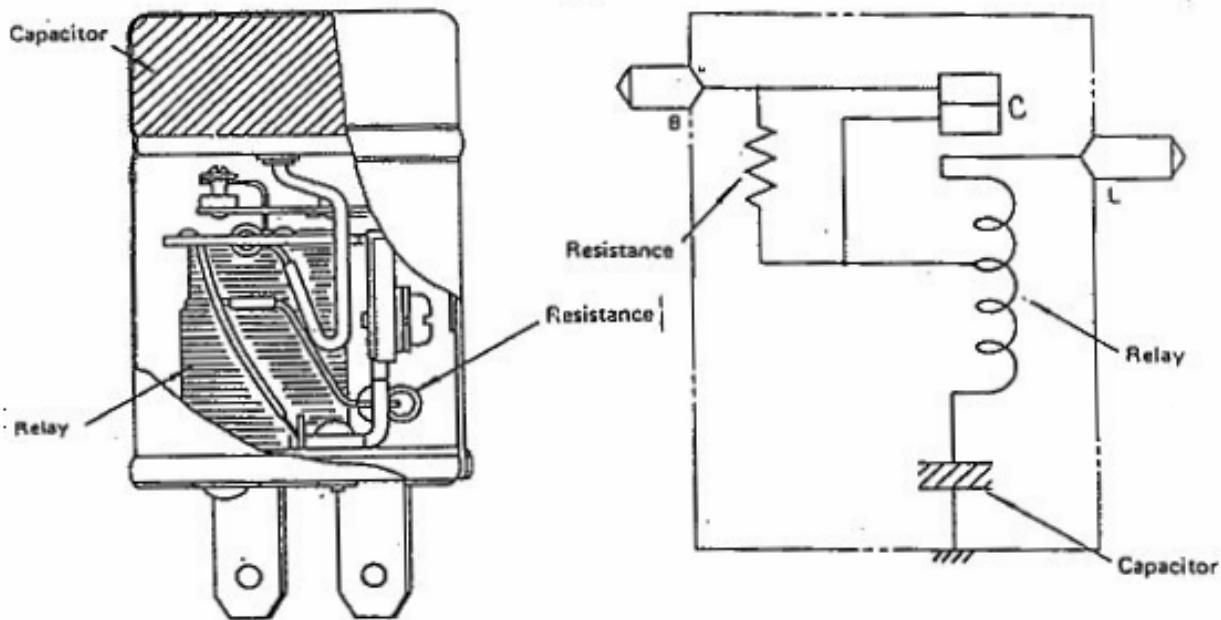


Gbr. XII - 4. Turn signal switch dan hubungan terminalnya.

□ **Flashing Unit.**

Fungsi flasing unit adalah untuk membuat hidup ( ON ) dan mati ( OFF ) pada turn signal lamp ketika turn signal switch diposisikan ON.

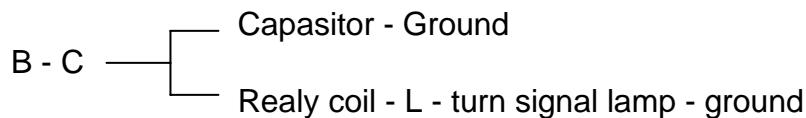
Konstruksi dan skematik diagram flashing unit adalah sebagai berikut :



Gbr. XII - 5. Konstruksi dan skematik diagram flashing unit.

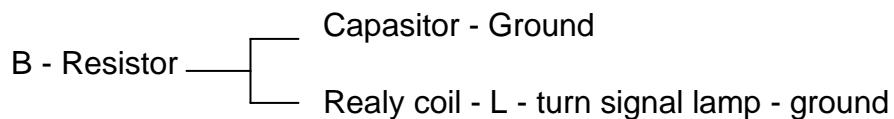
Pada prinsip flashing unit tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

- ~ Pada saat trun signal switch diposisikan ke R atau L maka jalannya arus adalah :



Dengan demikian trun signal lamp akan mulai berkedip.

- ~ Bila arus yang ke kapasitor dan coil sudah mencukupi, kemagnetan yang timbul akan mampu menarik C hingga terbuka. Jalannya arus adalah :



Akibatnya, arus ke turn signal lamp berkurang dan lampu mati.

- ~ Dengan berkurangnya arus C, akan tertutup kembali dan lampu kembali menyala.

Dengan pengulangan tersebut diatas, maka akan didapat turn signal lamp berkedip.

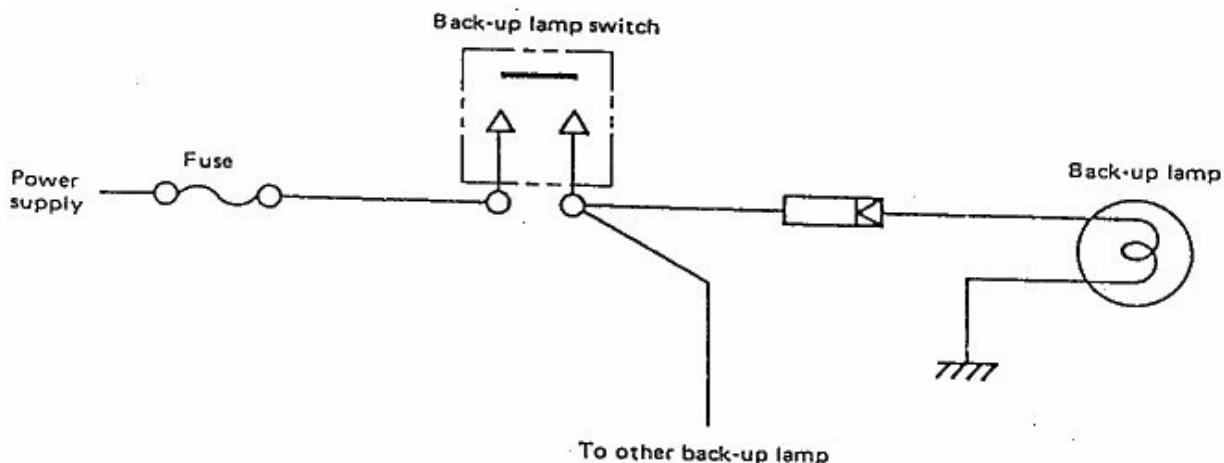
Selanjutnya apabila turn signal lamp putus dan lampunya diganti tetapi tidak sesuai standard akan berakibat :

- ~ Bila power rating diperbesar maka kecepatan berkedip akan bertambah.
- ~ Bila power rating diperkecil maka kecepatan berkedip akan berkurang.

### 3. Sirkuit Back - Up Lamp.

Fungsi circuit ini adalah untuk menyalakan lampu ( bagian belakang ) ketika travelling control lever diposisikan reverse ( mundur ).

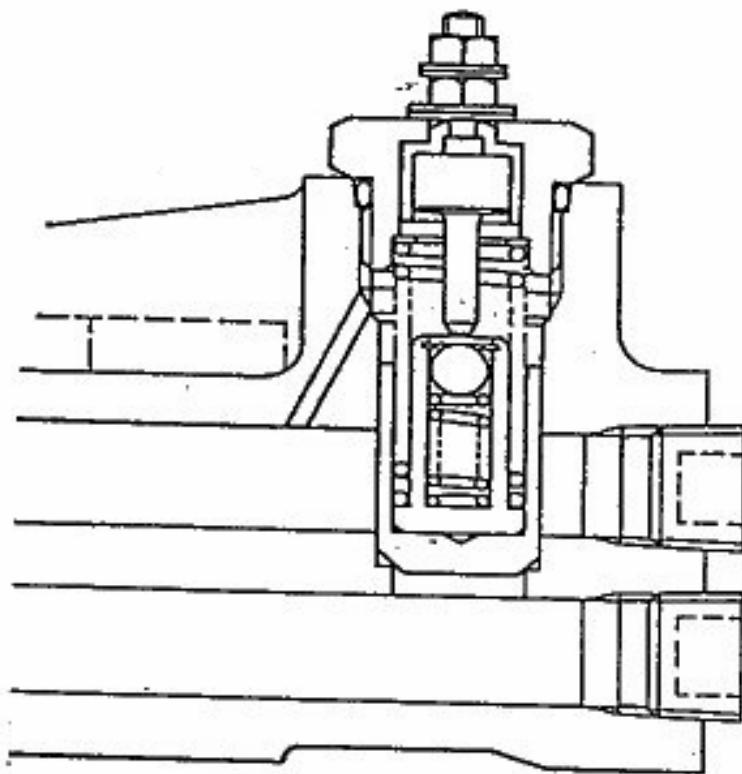
Sirkuit diagram back - up lamp adalah sebagai berikut :



Gbr. XII - 6. Sirkuit back - up lamp.

Apabila travelling control lever diposisikan reverse ( mundur ), maka back - up lamp switch akan ON dan back - up lamp akan menyala.

Adapun konstruksi back - up lamp switch dapat dilihat pada gambar berikut ini :

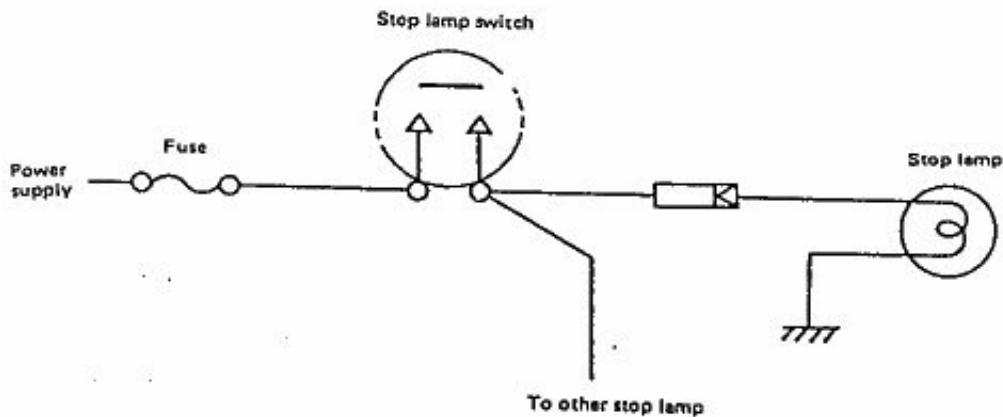


Gbr. XII - 7. Konstruksi back - up lamp switch.

#### 4. Sirkuit Stop Lamp.

Fungsi sirkuit ini adalah untuk menyalakan lampu stop ketika brake pedal ditekan.

Sirkuit diagram stop lamp adalah sebagai berikut :



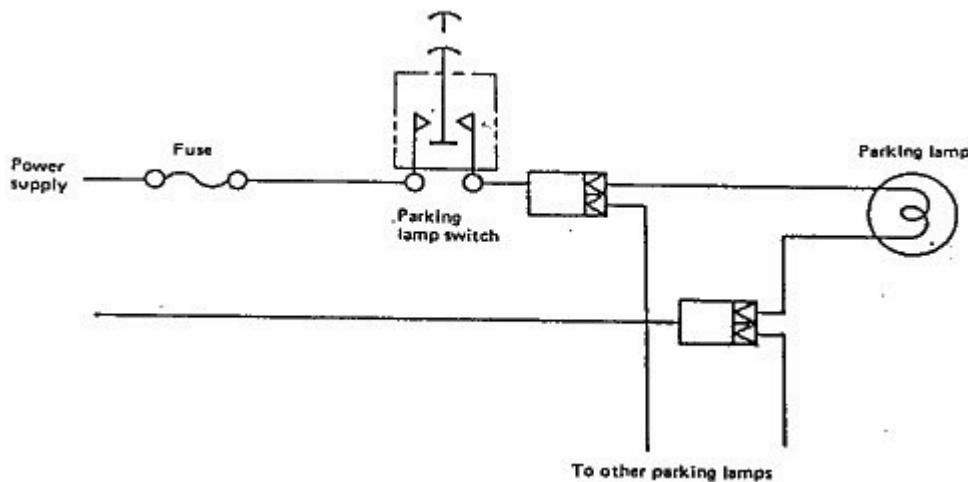
Gbr. XII - 8. Sirkuit stop lamp.

Ketika brake pedal ditekan, maka stop lamp switch akan ON dan stop lamp akan menyala.

## 5. Sirkuit Parking Lamp.

Fungsi parking lamp adalah sebagai petunjuk bagi operator bahwa bila parking lamp menyala, brake sedang bekerja.

Sirkuit diagram parking lamp adalah sebagai berikut :

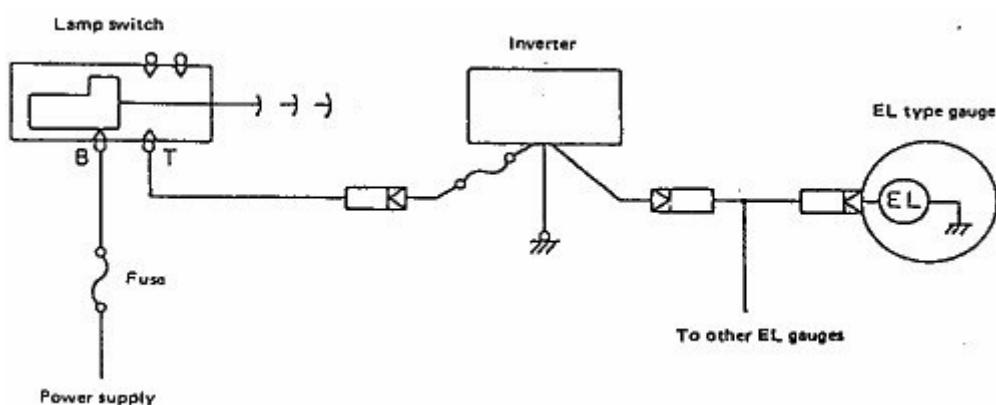


Gbr. XII - 9. Sirkuit parking lamp.

Bila parking lamp switch bekerja ( ON ) maka parking lampa akan menyala.

## 6. Sirkuit Electric Luminescence ( EL ).

Sistem EL terdiri dari inverter, EL gauges dan lamp switch dengan sirkuit diagram sebagai berikut :



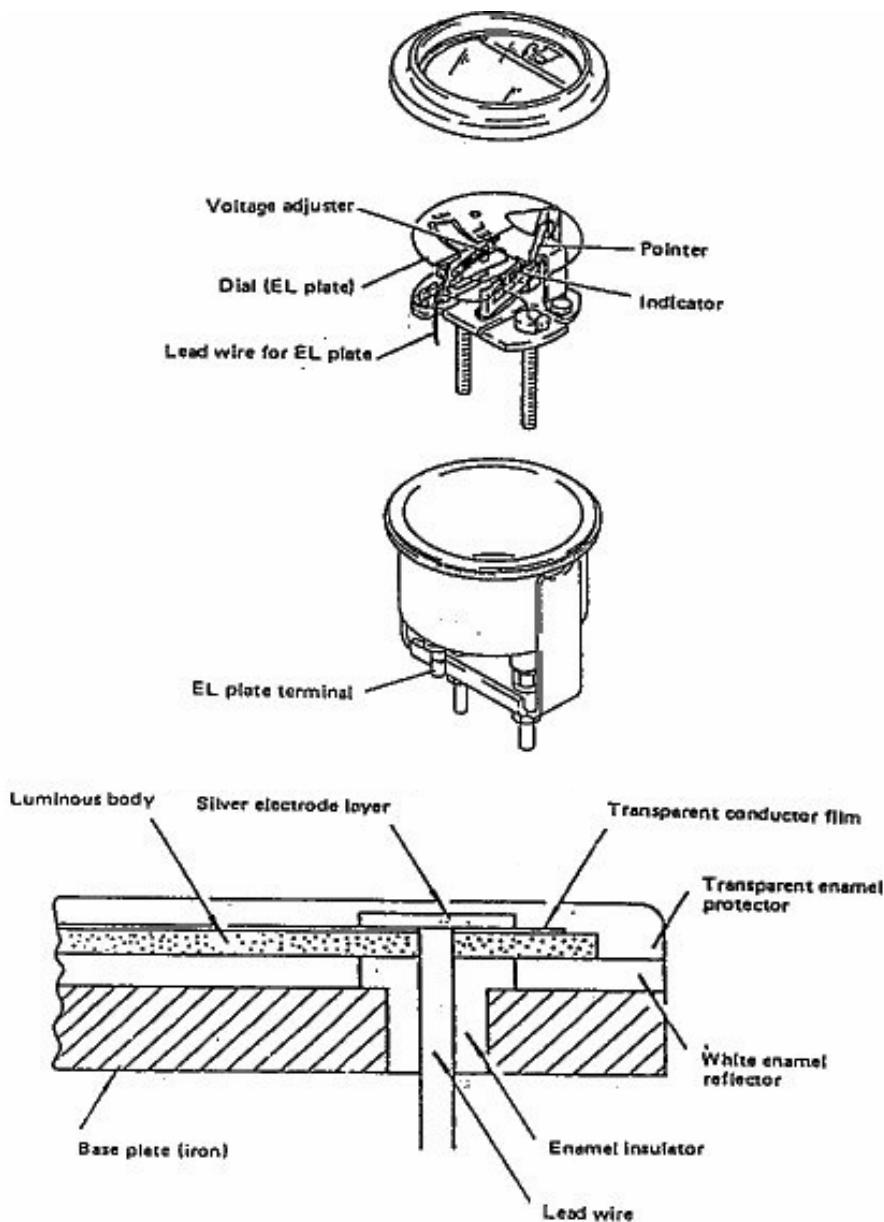
Gbr. XII - 10. Sirkuit electric luminescence.

Bila lamp switch diposisikan ON ( B dan T berhubungan ) maka EL gauge akan menyala :

**EL gauge.**

EL gauge adalah sebuah plate electric luminescence yang digunakan sebagai pengganti lampu - lampu panel.

Plate EL ini dibuat dengan meyisipkan luminous body sejajar dengan electrode seperti gambar berikut ini :



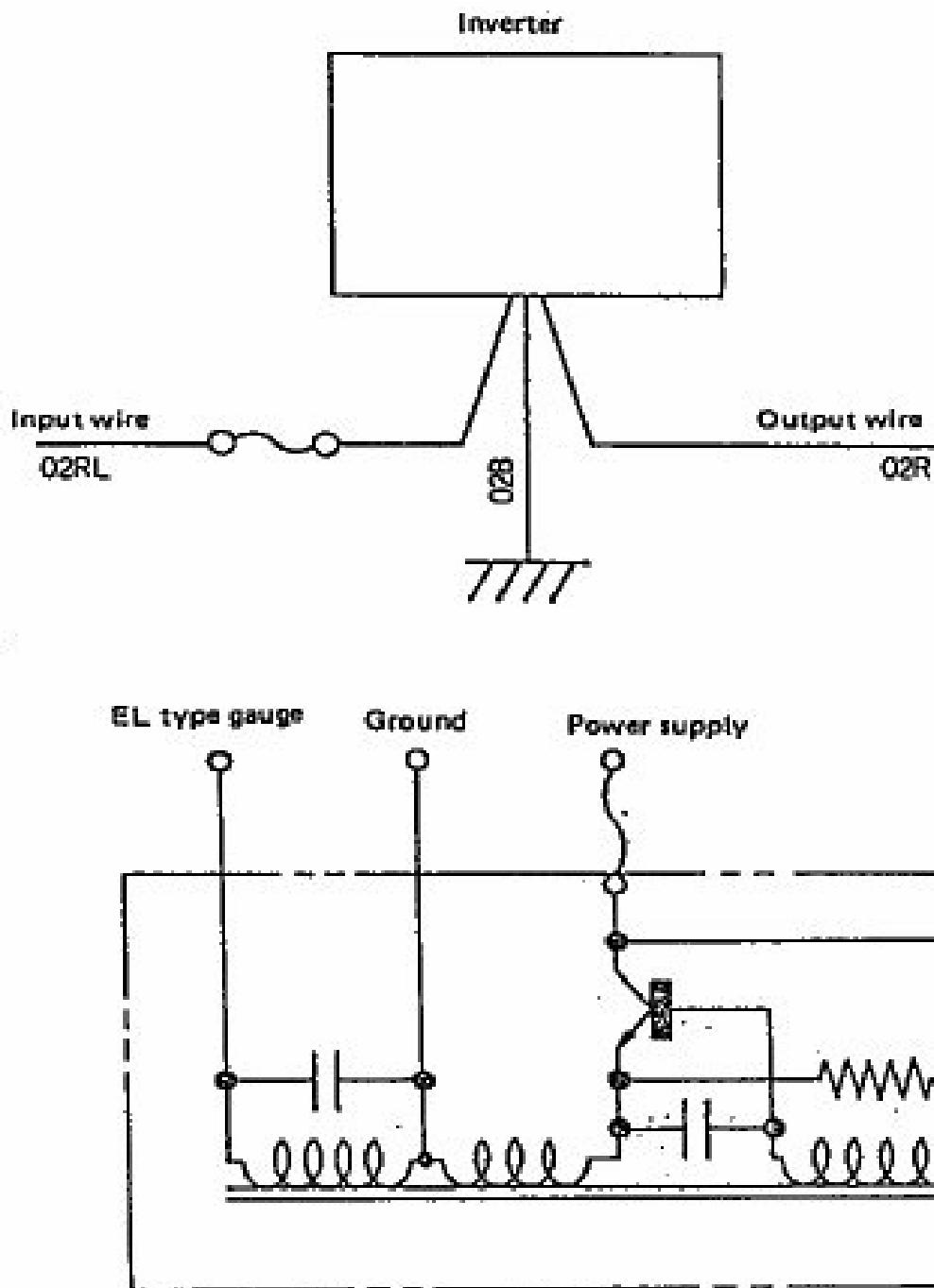
Gbr. XII - 11. Konstruksi EL gauge.

Plate EL ini akan menyala jika pada elektroda diberikan tegangan AC 200 Hz. Untuk mendapatkan tegangan AC dengan 200 Hz digunakan komponen Inverter.

**□ Inverter.**

Fungsi inverter adalah merubah tegangan DC menjadi tegangan AC, untuk menyalakan EL gauge.

Skematik diagram dari inverter ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gbr. XII - 12. Skematik diagram inverter.

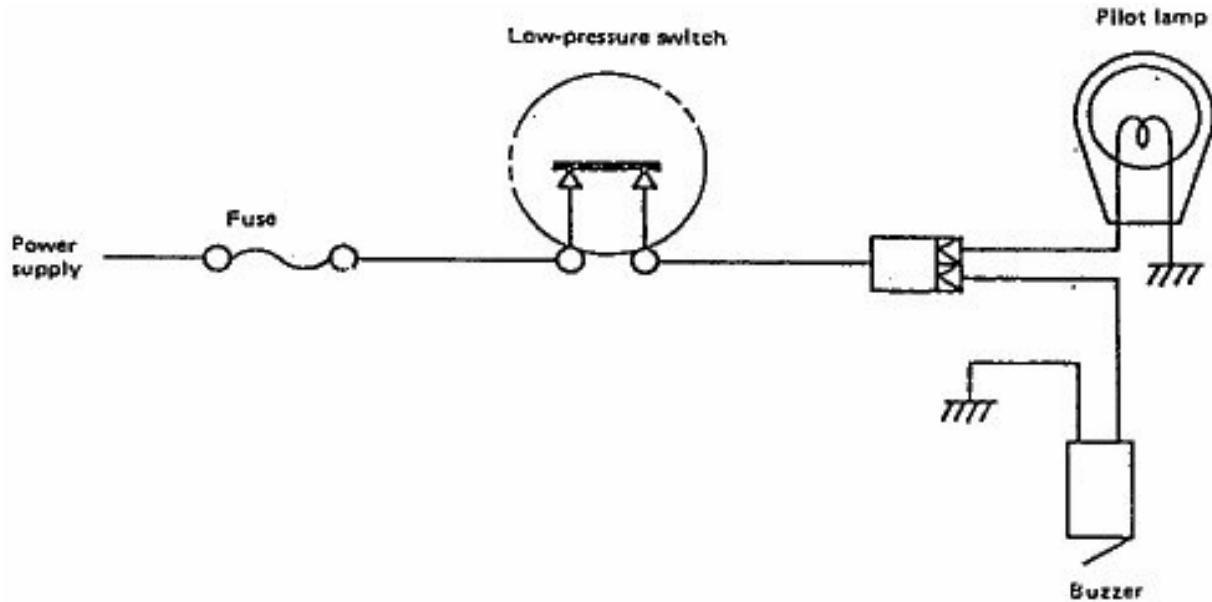
## B. SISTEM LAMPU PERINGATAN ( CAUTION LAMP SYSTEM ).

Sistem lampu peringatan dapat dibagi menjadi 3 jenis sirkuit :

- ▶ Sirkuit lampu peringatan tangki udara bertekanan rendah.
- ▶ Sirkuit lampu peringatan filter oli engine.
- ▶ Sirkuit lampu peringatan tekanan oli engine rendah.

### 1. Sirkuit Lampu Peringatan Tangki Udara Bertekanan Rendah.

Fungsi sirkuit ini adalah untuk memberikan peringatan kepada operator pada tangki udara tekanannya mencukupi atau tidak ( kurang ). Selain menggunakan lampu juga digunakan buzzer seperti terlihat pada sirkuit dibawah ini :

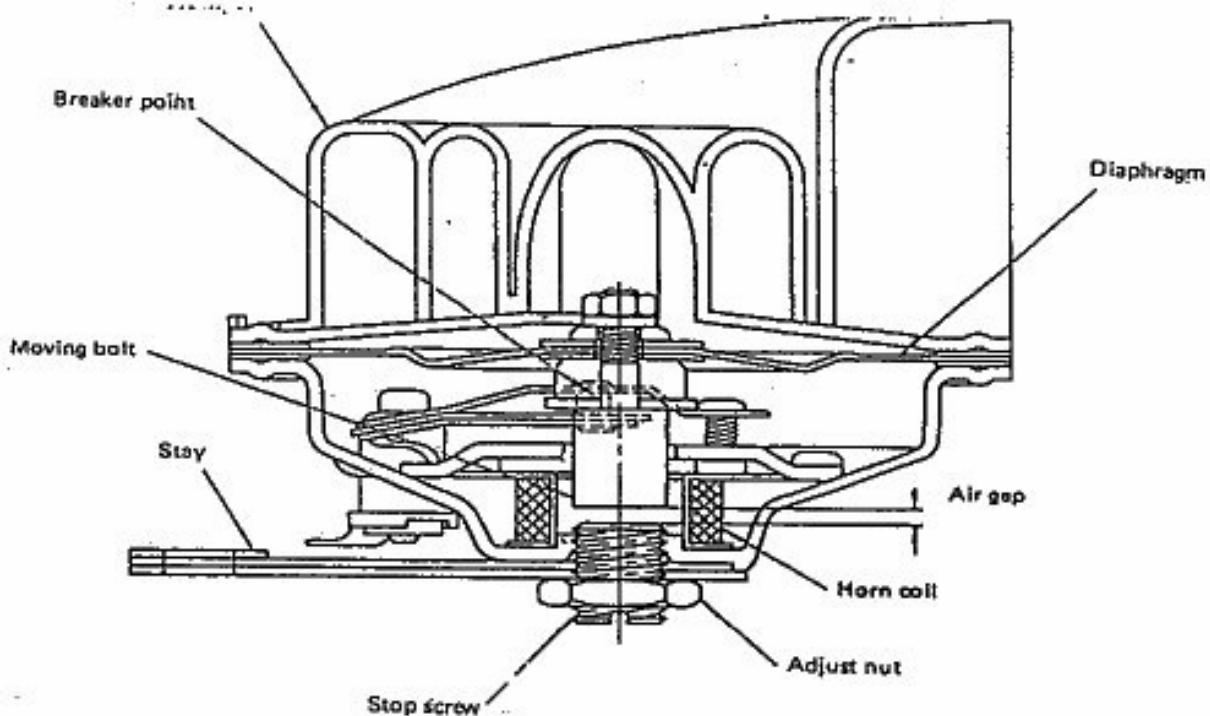


Gbr. XII - 13. Sirkuit lampu peringatan tangki udara bertekanan rendah.

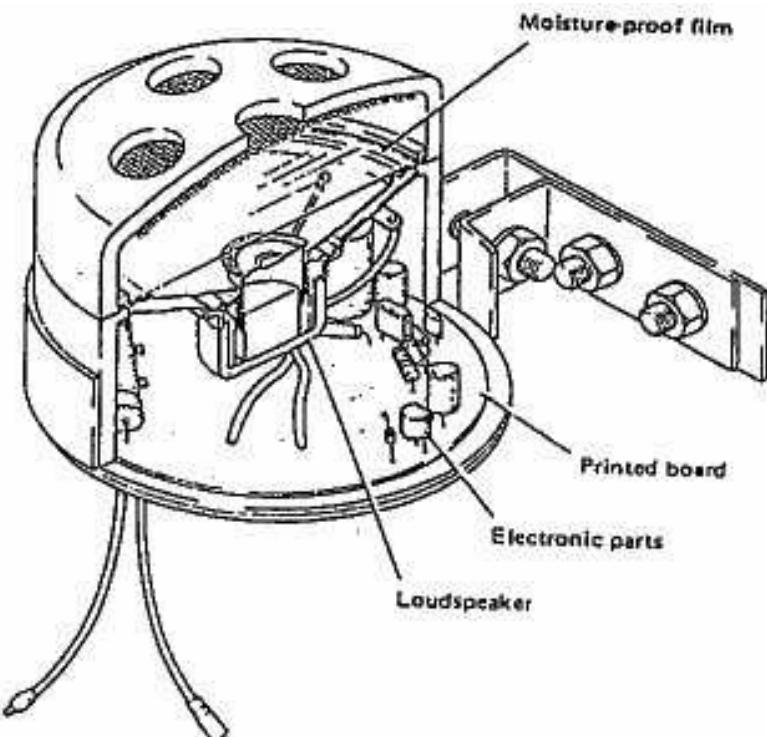
Apabila tekanan pada tangki udara rendah, maka low pressure switch akan ON, pilot lamp akan menyala dan buzzer akan berbunyi.

**❑ B u z z e r.**

Terdapat 2 ( dua ) macam buzzer yaitu magnetic buzzer dan electronic buzzer yang konstruksinya dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gbr. XII - 14. Konstruksi magnetic buzzer.

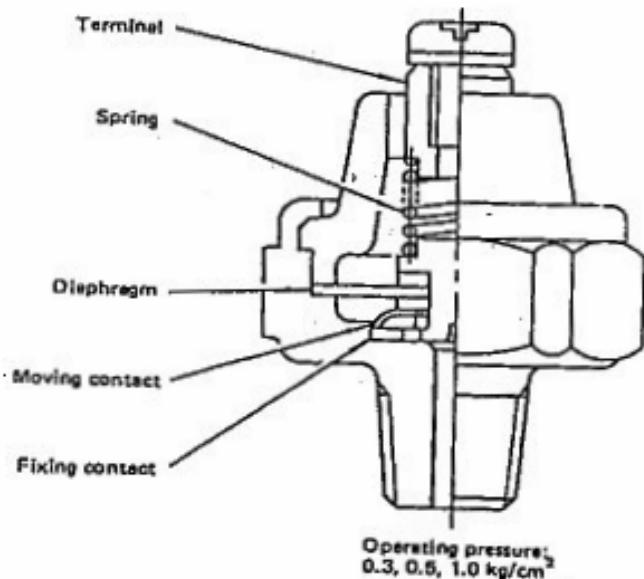


Gbr. XII - 15. Konstruksi electronic buzzer.

**□ Low - pressure switch.**

Low pressure switch mempunyai dua terminal ( positif dan negatif ). Apabila tekanan pada tangki udara mencukupi, low - pressure switch akan OFF dan apabila tekanan pada tangki udara tidak mencukupi, low pressure switch akan ON.

Konstruksi low pressure switch dapat dilihat pada gambar berikut ini :

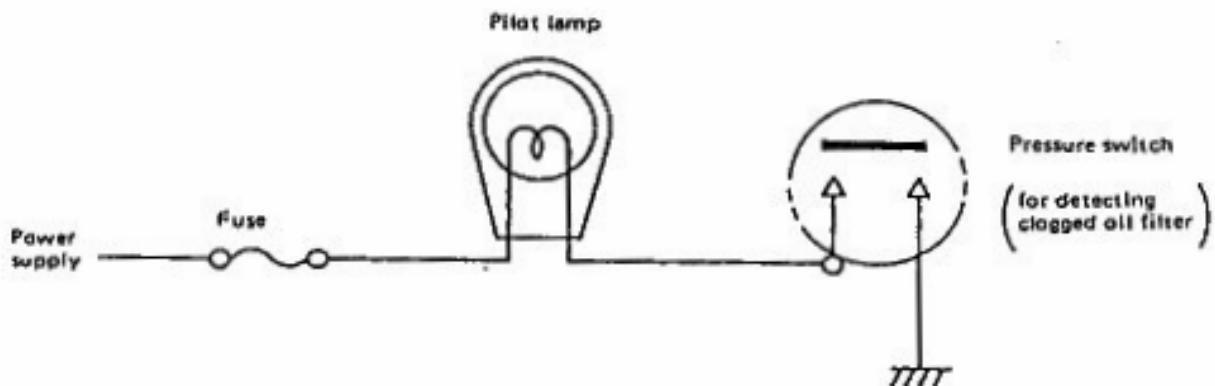


Gbr. XII - 16. Konstruksi low pressure switch.

## 2. Sirkuit Lampu Peringatan Engine Oil Filter.

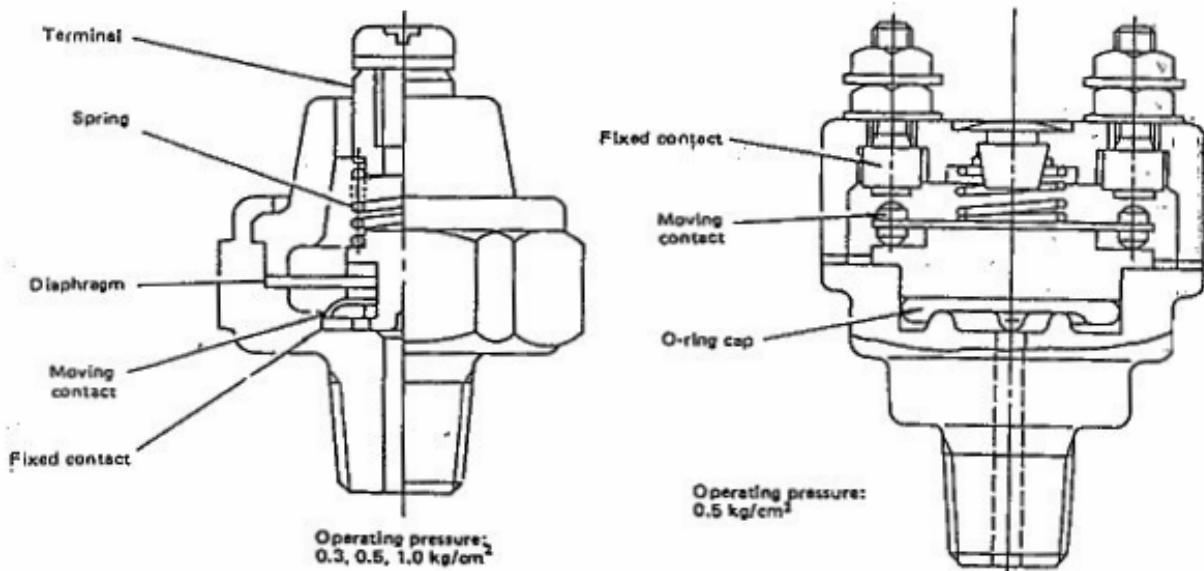
Fungsi sirkuit ini adalah untuk memberikan peringatan kepada operator bahwa engine oil filter buntu.

Berikut ini adalah sirkuit lampu peringatan engine oil filter.



Gbr. XII - 17. Sirkuit lampu peringatan engine oil filter.

Selanjutnya konstruksi pressure switch yang digunakan pada sirkuit lampu peringatan engine oil filter dapat dilihat pada gambar berikut ini :

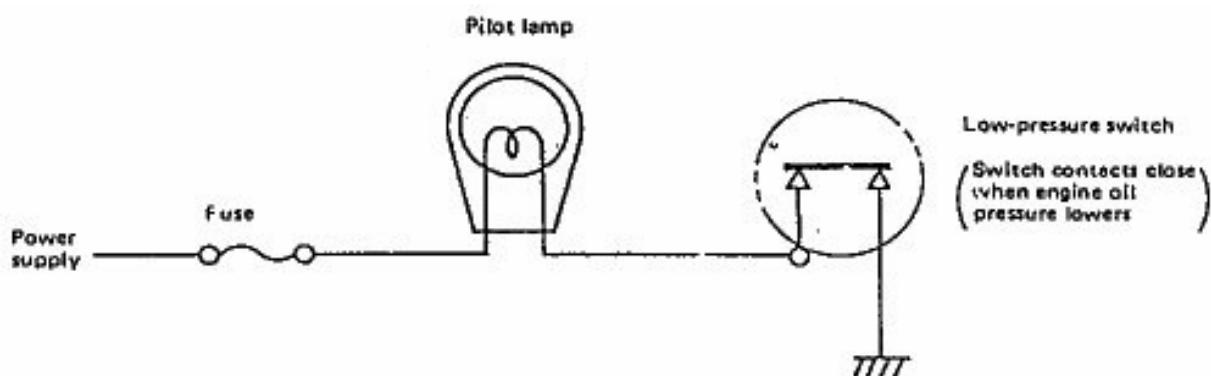


Gbr. XII - 18. Konstruksi pressure switch.

### 3. Sirkuit Lampu Peringatan Tekanan Oli Engine Rendah.

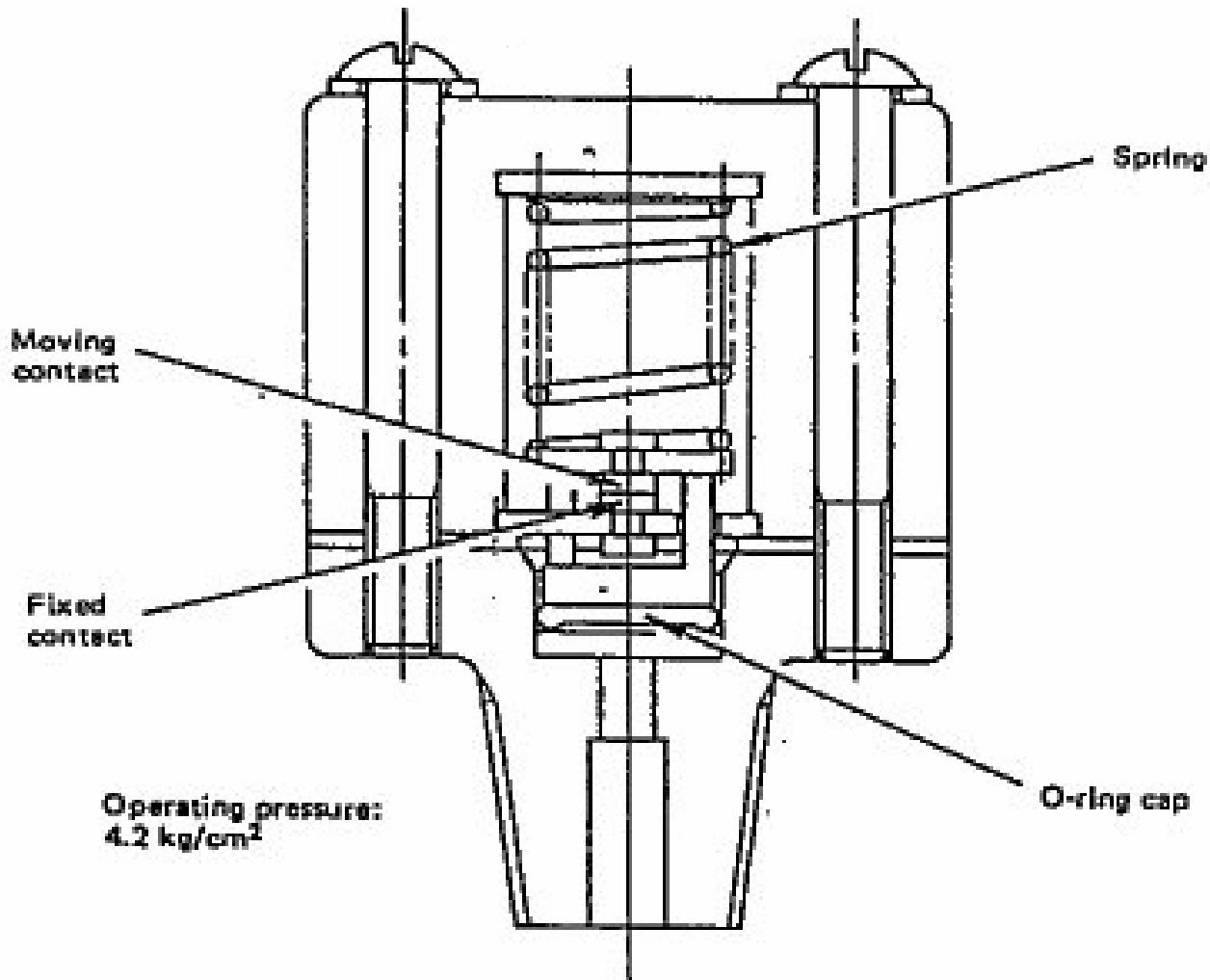
Fungsi sirkuit ini adalah untuk memberikan peringatan kepada operator bahwa oli engine rendah.

Berikut ini adalah sirkuit lampu peringatan tekanan oli engine rendah :



Gbr. XII - 19. Sirkuit lampu peringatan oli engine rendah.

Selanjutnya konstruksi dari pressure switch yang digunakan pada sirkuit lampu peringatan tekanan oli engine rendah dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gbr. XII - 20. Konstruksi pressure switch.

### C. GAUGE SYSTEM.

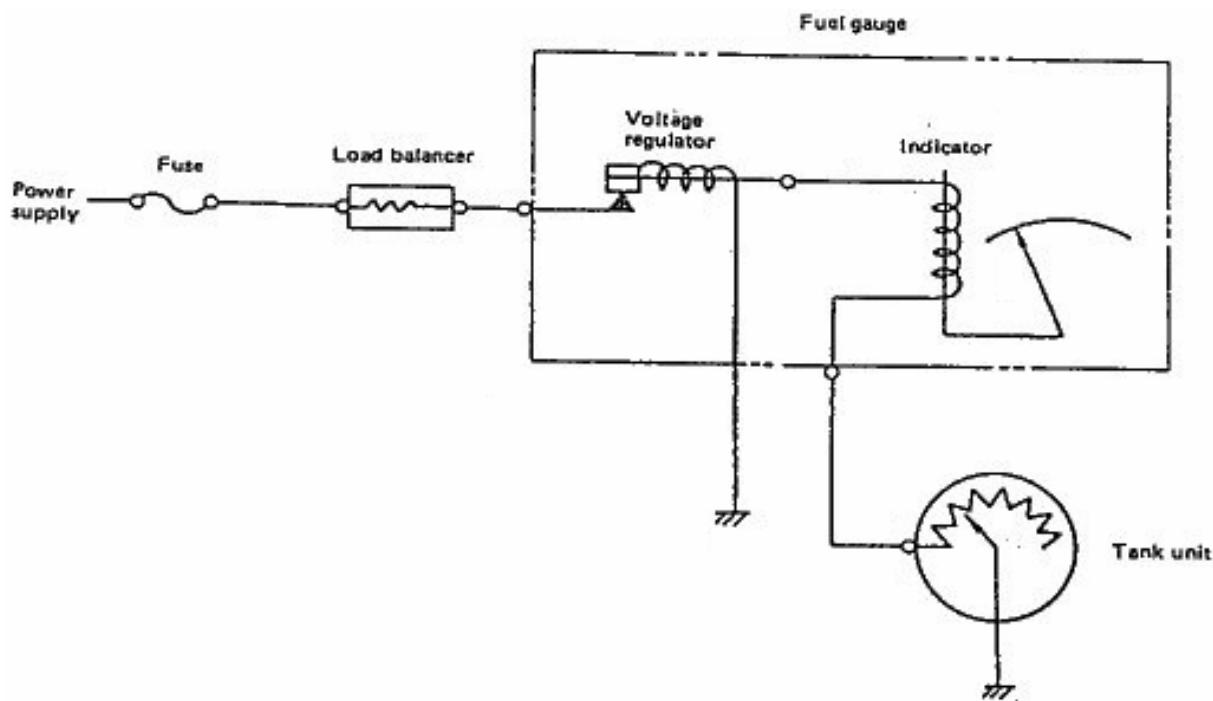
Gauge system dapat dibagi menjadi 3 jenis sirkuit yaitu :

- Sirkuit fuel gauge.
- Sirkuit temperature gauge ( temperatur air pendingin dan temperatur oli torque converter ).

#### 1. Sirkuit Fuel Gauge.

Fungsi sirjkuit ini adalah untuk memberikan petunjuk kepada operator tentang banyaknya fuel ( bahan bakar ) di fuel tank.

Sirkuit untuk fuel gauge ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gbr. XII - 21. Sirkuit fuel gauge.

Dari gambar diatas, banyaknya bahan bakar akan dideteksi oleh tank unit ( variable resistor ) dan akan ditunjukkan oleh fuel gauge.

Adapun sebagai fungsi masing - masing komponen pada sirkuit fuel gauge adalah sebagai berikut :

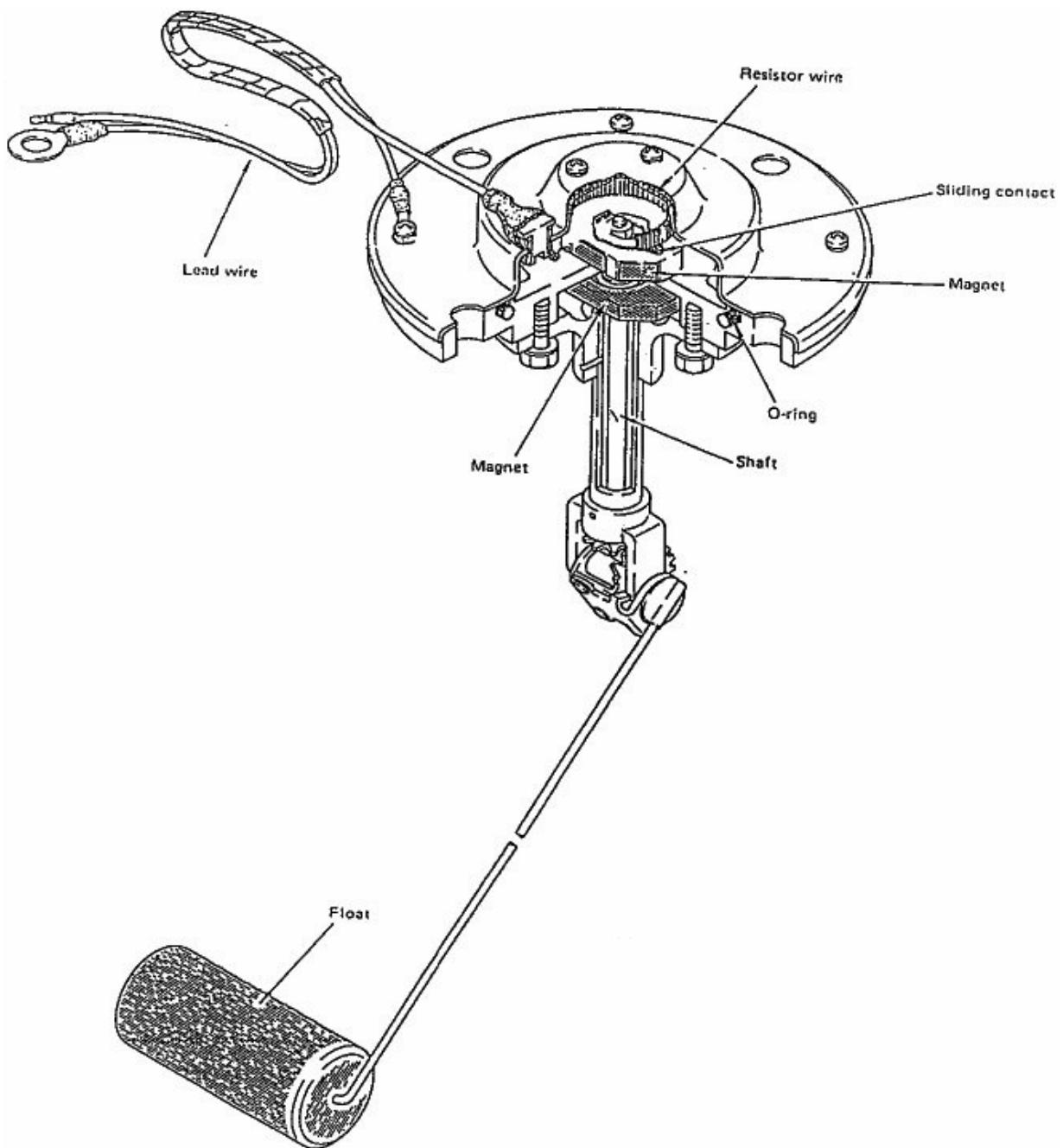
**□ Load Balancer.**

Fungsi load balancer adalah untuk menurunkan tegangan dari 24 volt menjadi 12 v. Load balancer ini diperlukan karena fuel gauge bekerja pada tegangan 12 v.

**□ Tank unit.**

Fungsi tank unit adalah untuk mendeteksi jumlah bahan bakar yang ada di fuel tank dan merubahnya ke harga resistance ( Ohm ).

Konstruksi tank unit dapat dilihat pada gambar berikut ini :

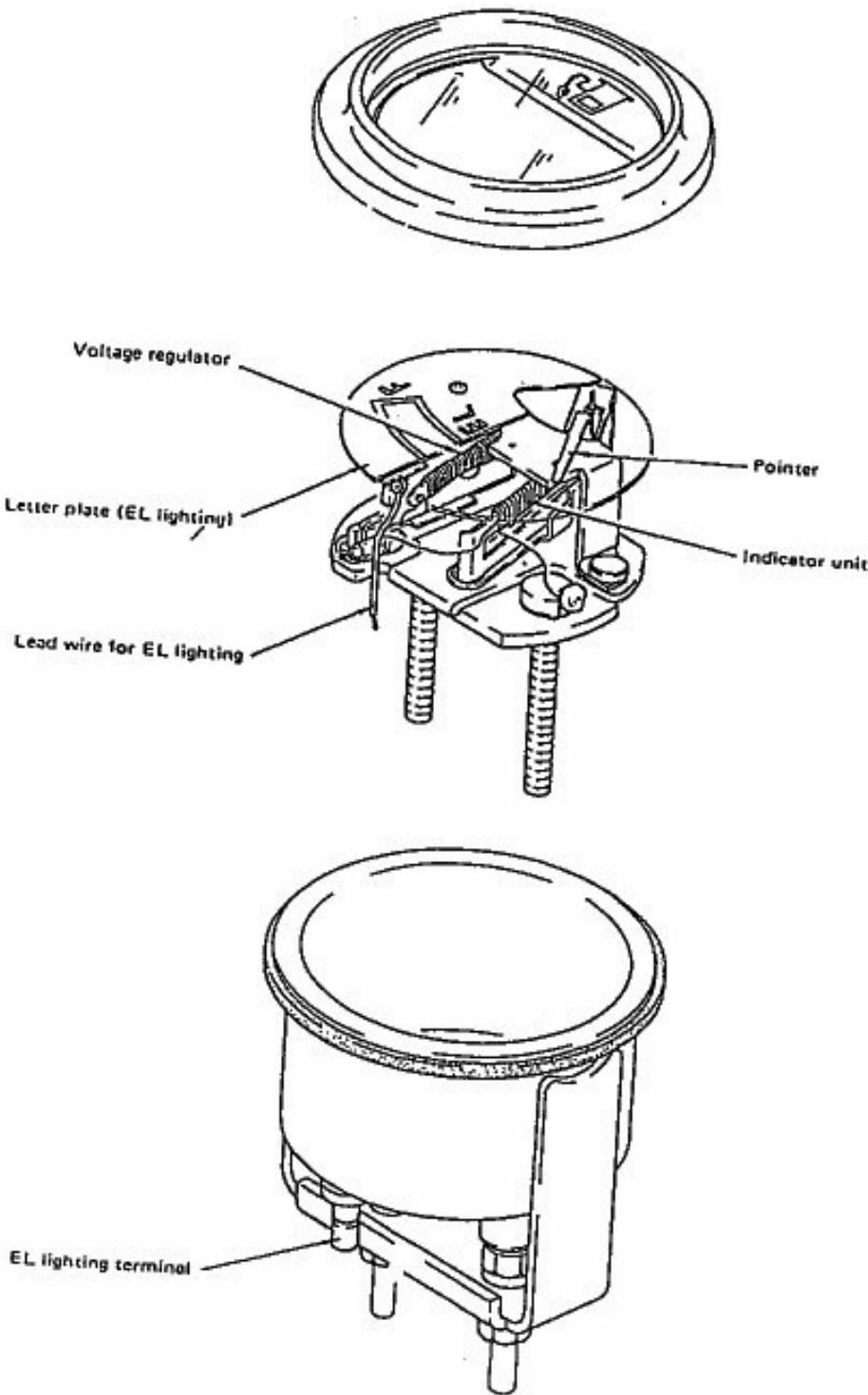


Gbr. XII - 22. Konstruksi tank unit.

**□ Fuel gauge.**

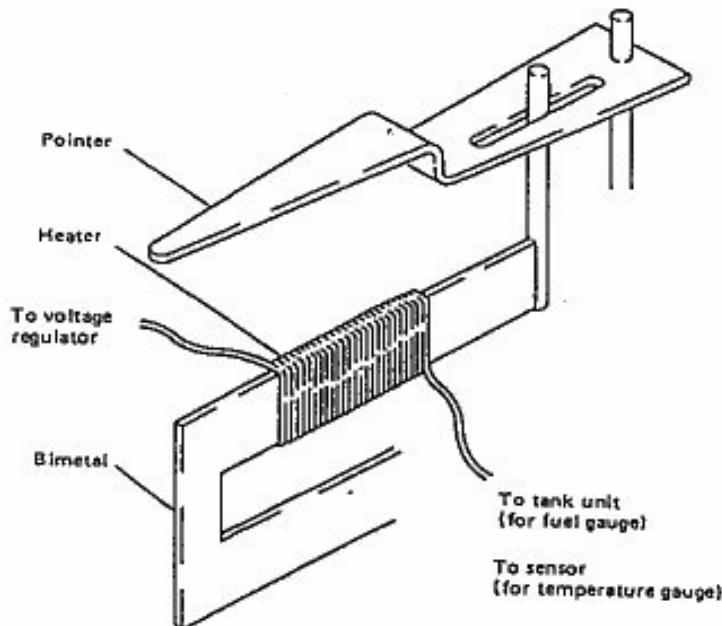
Fungsi fuel gauge adalah sebagai indikator banyaknya fuel pada fuel tank.

Konstruksi fuel gauge dapat dilihat pada gambar berikut ini :

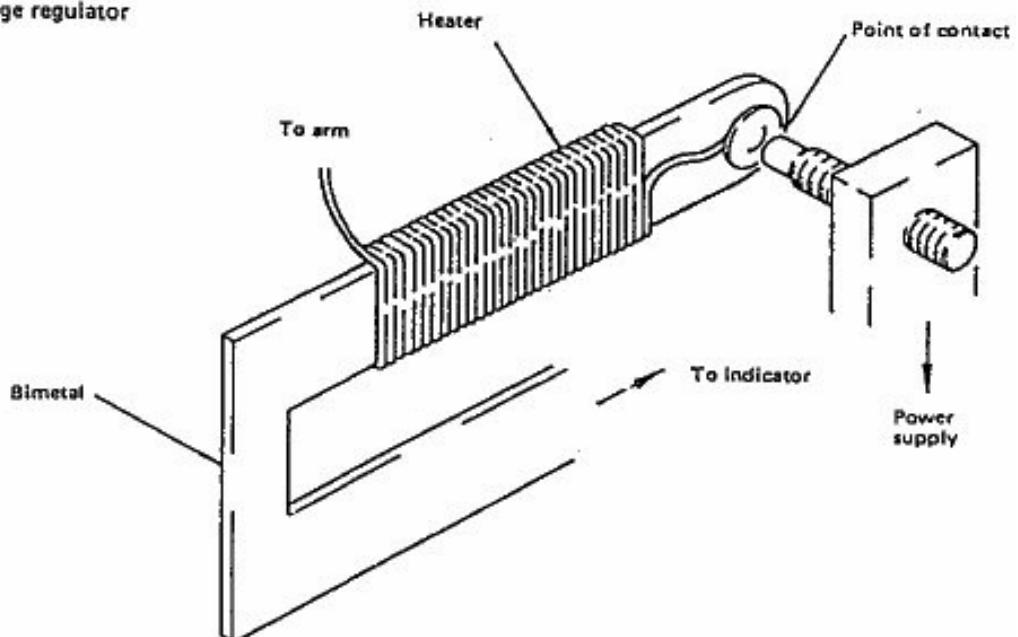


Gbr. XII - 23. Konstruksi fuel gauge.

## Indicator

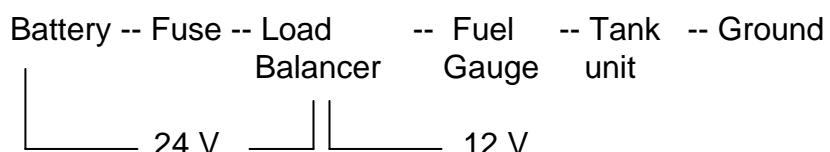


## Voltage regulator



Gbr. XII - 24. Konstruksi indikator dan voltage regulator pada fuel gauge.

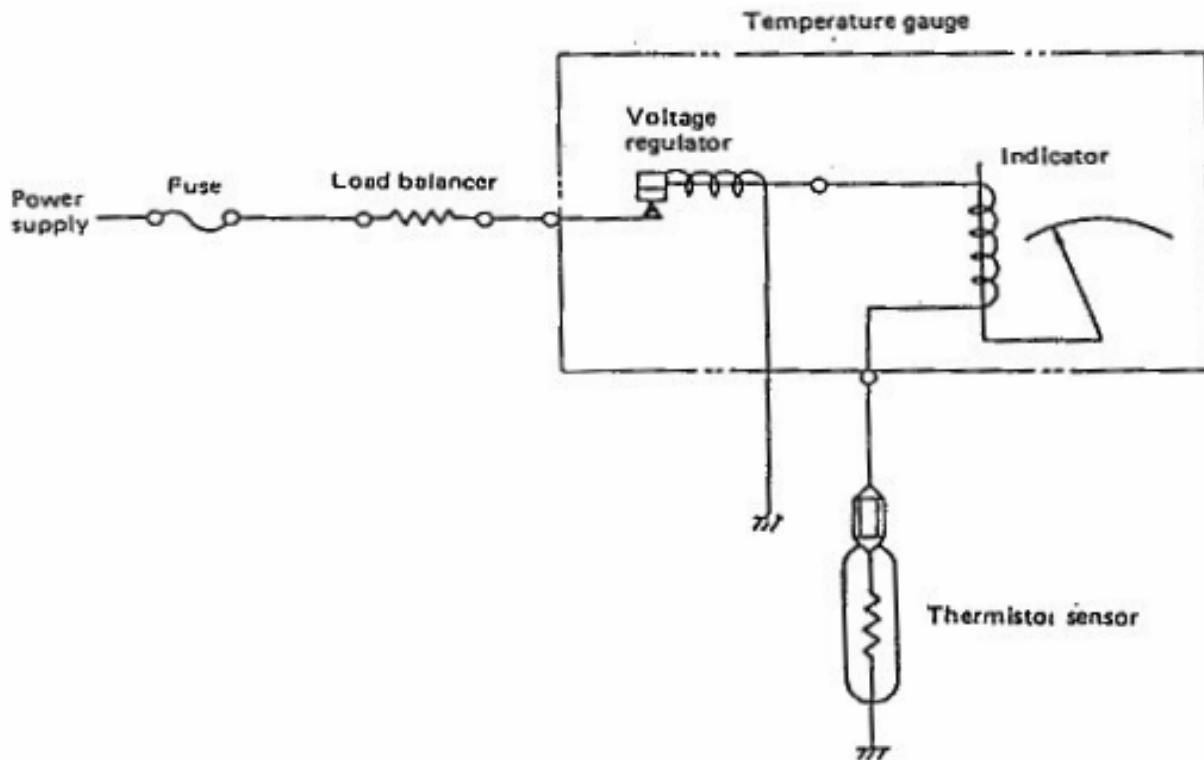
Dari penjelasan komponen diatas, maka jalannya arus pada sirkuit fuel gauge adalah sebagai berikut :



## 2. Sirkuit Temperature Gauge.

Fungsi sirjkuit ini adalah untuk memberikan petunjuk kepada operator tentang temperatur yang terjadi pada sistem.

Yang menggunakan sirkuit ini contohnya adalah pada air pendingin engine dan oli torque converter seperti berikut ini :



Gbr. XII - 25. Sirkuit temperatur gauge.

Dari gambar diatas, temperatur yang terjadi dideteksi oleh thermistor sensor dan akan ditunjukkan oleh temperatur gauge.

Adapun fungsii masing - masing komponen pada sirkuit temperatur gauge adalah sebagai berikut :

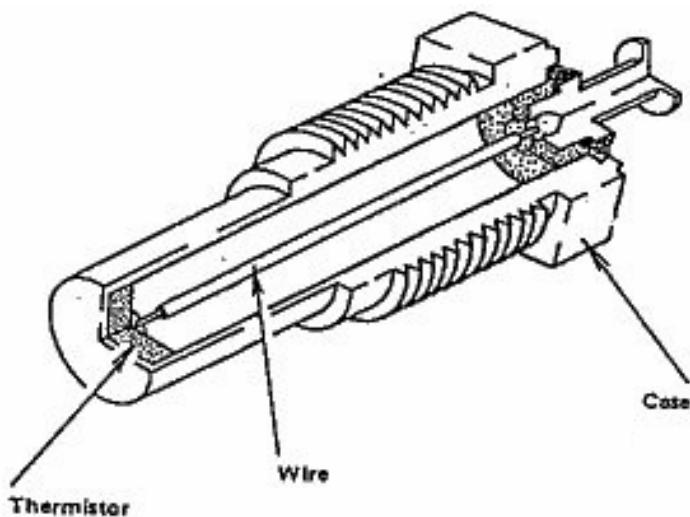
### □ Load balancer.

Fungsi load balancer adalah untuk menurunkan tegangan dari 24 volt menjadi 12 volt. Load balancer ini diperlukan karena fuel gauge bekerja pada tegangan 12 volt.

### □ Thermistor sensor.

Harga resistansi thermistor ini adaah bervariasi sesuai dengan temperatur yang dideteksi. Adapun thermistor yang digunakan adalah jenis NTC. Penjelasan lebih dalam dilihat pada bab - bab sebelumnya .

Konstruksi thermistor ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :

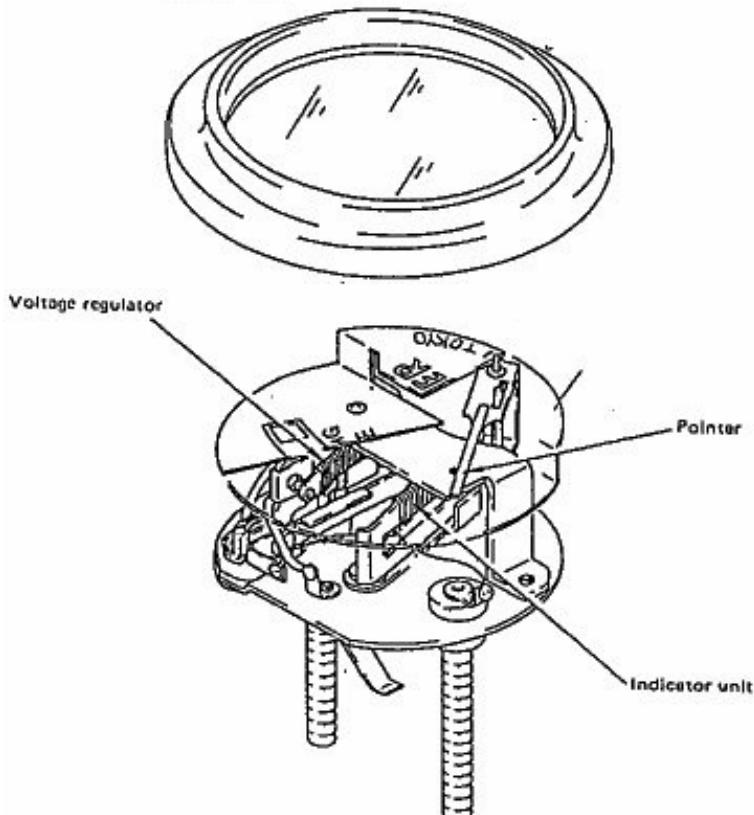


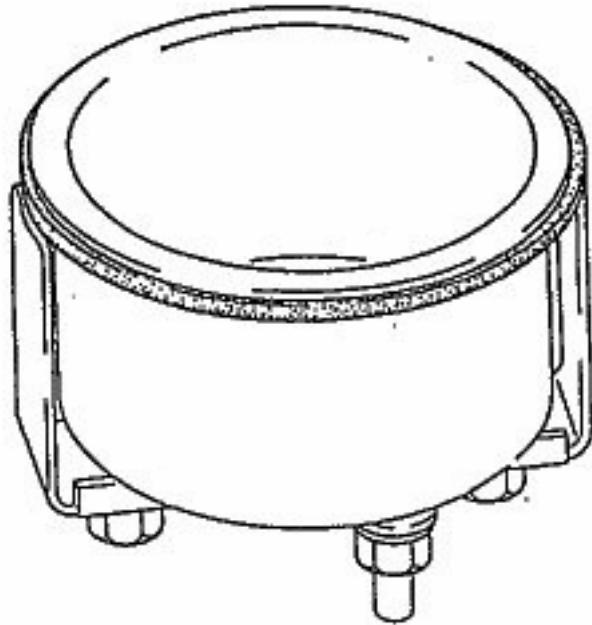
Gbr. XII - 26. Konstruksi thermistor.

#### □ Temperatur gauge.

Fungsi temperatur gauge adalah sebagai indikator temperatur yang terjadi pada sistem ( air pendigin engine dan torque converter ).

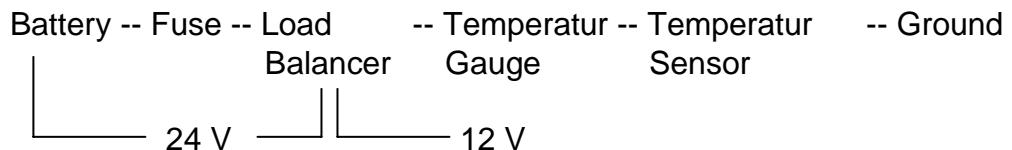
Konstruksi temperatur gauge dapat dilihat pada gambar berikut ini :





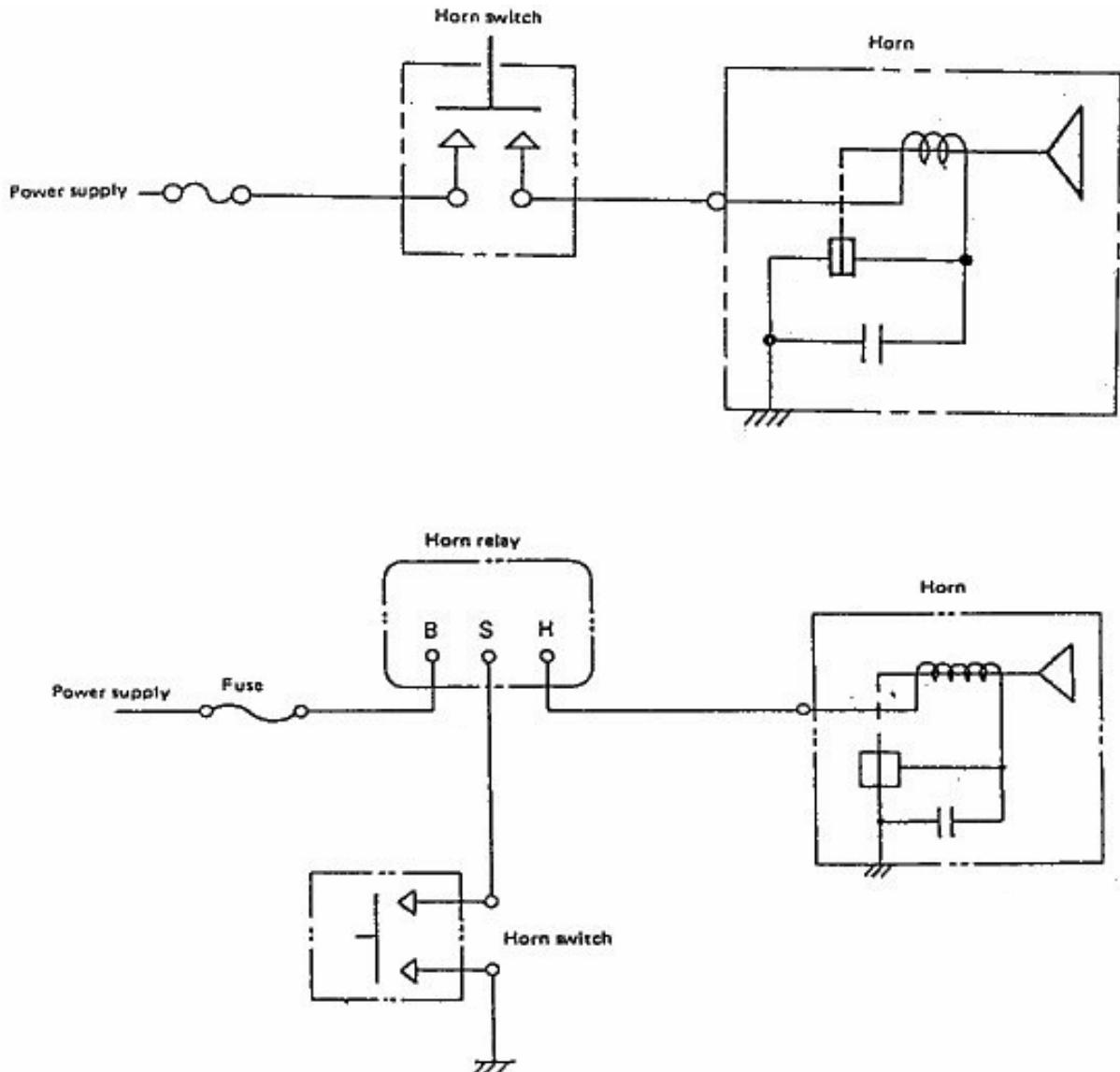
Gbr. XII - 27. Konstruksi temperatur gauge.

Dari penjelasan komponen diatas, maka jalannya arus pada sirkuit temperatur gauge adaalh sebagai berikut :



#### D. ALARM HORN SYSTEM.

Alarm horn system ada 2 macam yaitu alarm horn system tanpa horn relay dan alarm horn system dengan horn relay seperti berikut ini :

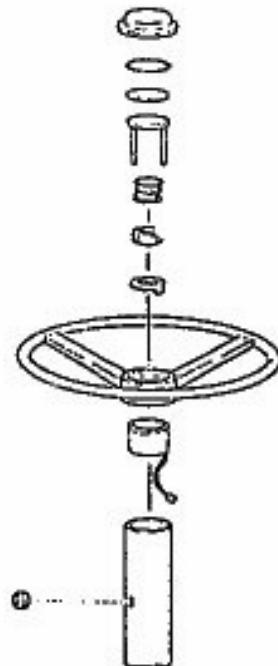


Gbr. XII - 28. Alarm horn system.

## 1. Horn Switch.

Horn Switch dapat terletak ditengah - tengah steering wheel atau bisa dipisah yang letaknya tergantung model unitnya.

Berikut ini adalah horn switch yang terletak di tengah - tengah steering wheel.

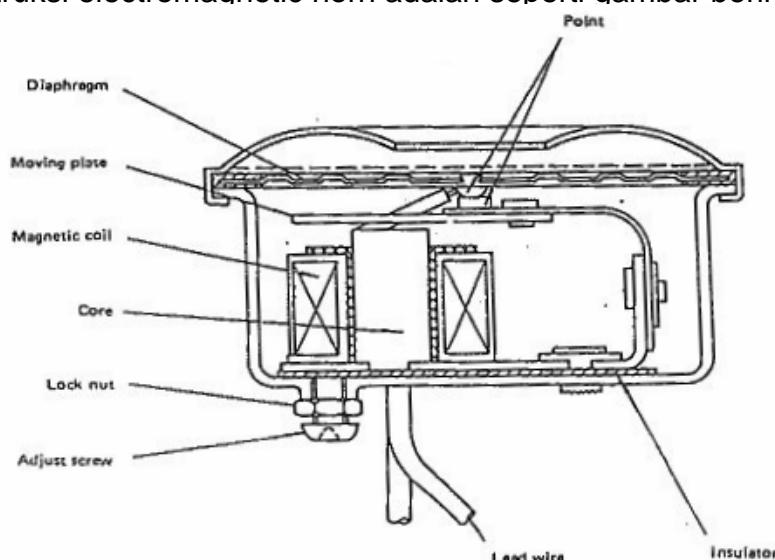


Gbr. XII - 29. Horn switch.

## 2. Horn.

### □ Electromagnetic horn.

Konstruksi electromagnetic horn adalah seperti gambar berikut ini :



Gbr. XII - 30. Konstruksi electromagnetic horn.

Prinsip kerja electromagnetic horn :

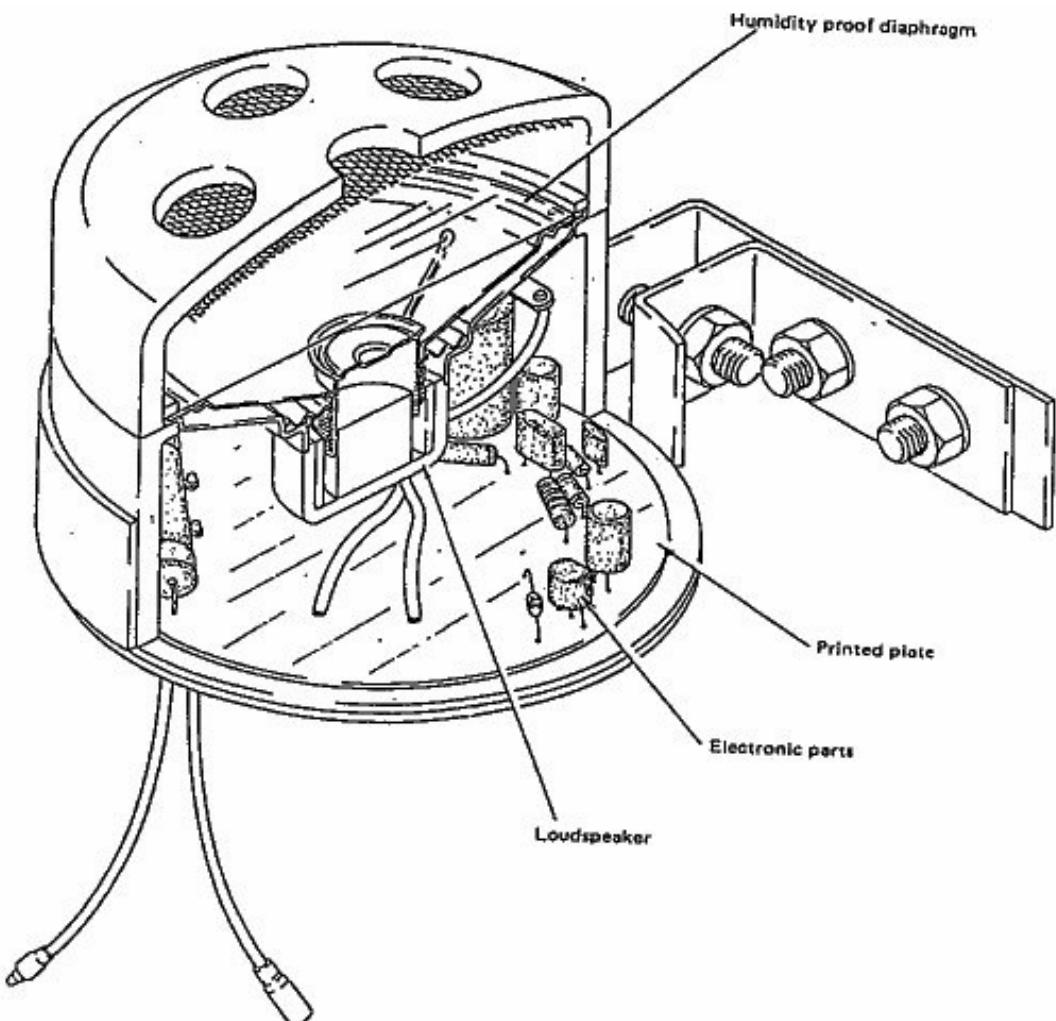
- ~ Jika arus listrik masuk ke magnetic coil, maka kemagnetan yang terjadi akan menarik moving plate. Pada saat yang sama kontak point terbuka sehingga arus listrik ke magnetic coil terputus.
- ~ Akibatnya kemagnetan hilang dan moving plate akan kembali ke posisinya. Apabila hal ini terjadi, proses 1) akan terulang lagi.

Dengan berulang - ulangnya proses 1) dan 2) maka kontak point, akan menggetarkan diaphragma sehingga timbul bunyi.

Pada umumnya untuk menghindari rusaknya kontak point, dipasang kapasitor yang dipasang parallel dengan kontak point.

#### □ Electro buzzer.

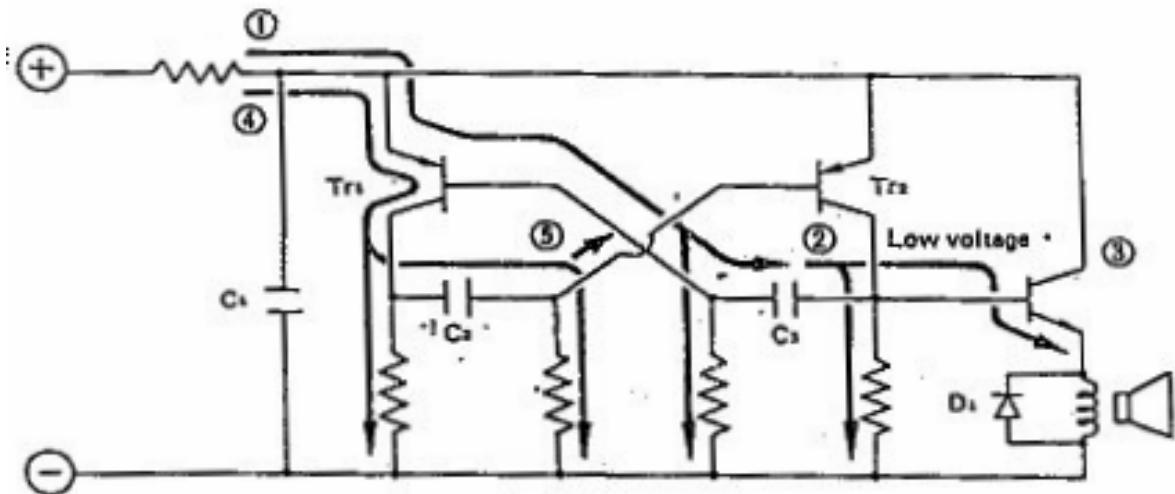
Konstruksi electro buzzer adalah seperti berikut ini :



Gbr. XII - 31. Konstruksi electro buzzer.

Prinsip kerja electro buzzer :

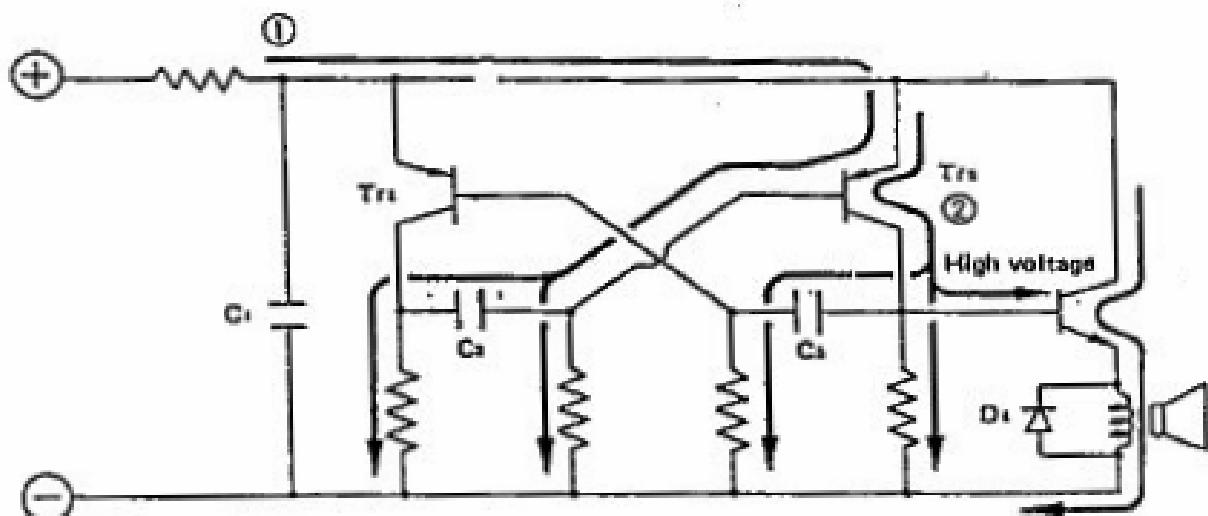
- ~ Ketika horn switch di-on-kan maka arus listrik akan mengalir dengan urutan seperti gambar berikut ini :



Gbr. XII - 32. Prinsip kerja buzzer.

Pada saat tersebut diatas, C2 dan C3 akan diberi charge dan Tr1 akan ON. Dengan demikian arus mengalir ke buzzer coil ( low voltage ).

- ~ Ketika C3 full charge Tr1 akan OFF. Pada saat yang sama Tr2 akan ON ( C2 discharge ). Dengan demikian arus akan mengalir ke buzzer coil ( high voltage ). Seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini :

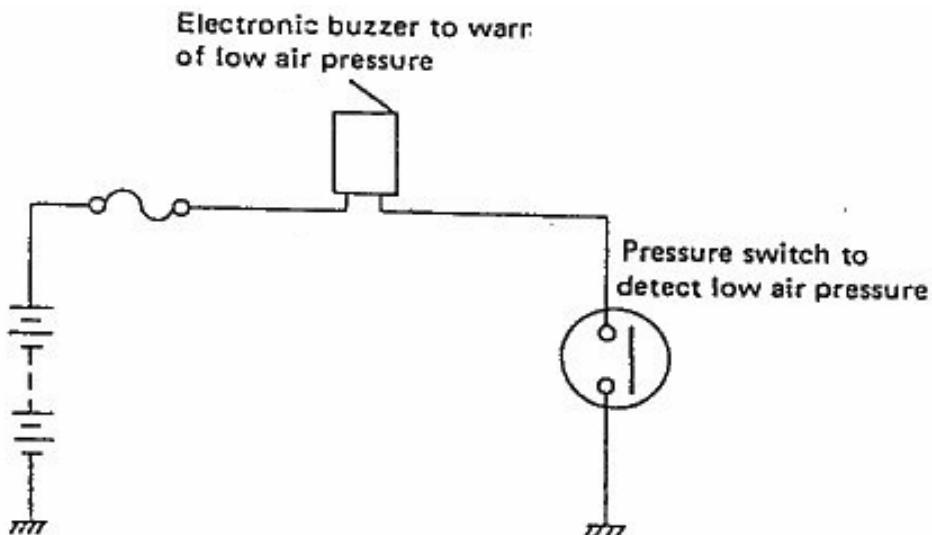


Gbr. XII - 33. Prinsip kerja buzzer.

- ~ Ketika C2 full charge, Tr2 akan OFF. Untuk selanjutnya prinsip kerja buzzer berulang ke 1, 2 dan 3 berulang - ulang.  
Dengan demikian buzzer akan berbunyi kapasitor C1 dan flywheel diode D1 berfungsi untuk menyerap tegangan kejut pada sirkuit.

Electro buzzer dalam penggunaannya dapat dihubungkan dengan tekanan udara, dihubungkan dengan handle untuk transimisi mundur.

Berikut ini adalah contoh sirkuit untuk electro buzzer yang dihubungkan dengan tekanan udara.



Gbr. XII - 34. Sirkuit buzzer untuk tekanan udara.

Adapun salah satu jenis buzzer mempunyai karakteristik sebagai berikut ini :

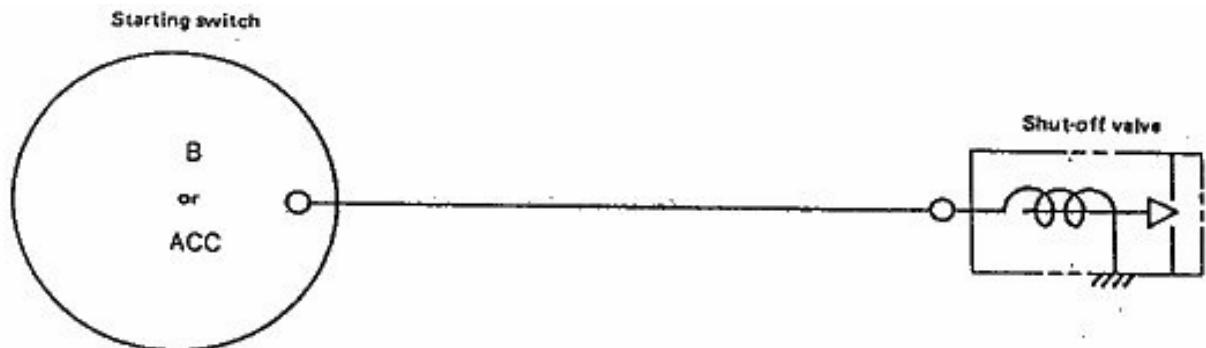
Voltage ( V )	24
Sound pressure ( phon )	Exceeding 90 at distance of 1 m
Frequency ( Hz )	800

Gbr. XII - 35. Spesifikasi buzzer.

## E. SHUT - OFF VALVE SYSTEM.

Shut valve digunakan pada fuel system Cummins Engine untuk menghubungkan atau memutuskan aliran bahan bakar ke engine.

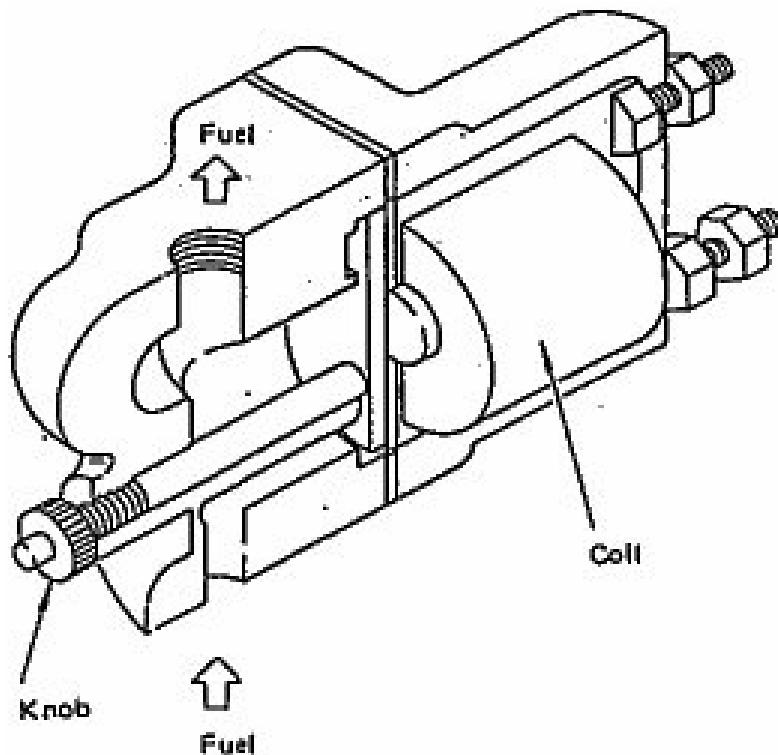
Sirkuit shut - off valve dapat digambarkan sebagai berikut ini :



Gbr. XII - 36. Sirkuit Shut - off valve.

Bila starting switch diposisikan ON, coil pada shut off valve akan menjadi magnet akan membuka saluran fuel system.

Adapun cut - away dari shut off valve dapat dilihat pada gambar berikut ini :



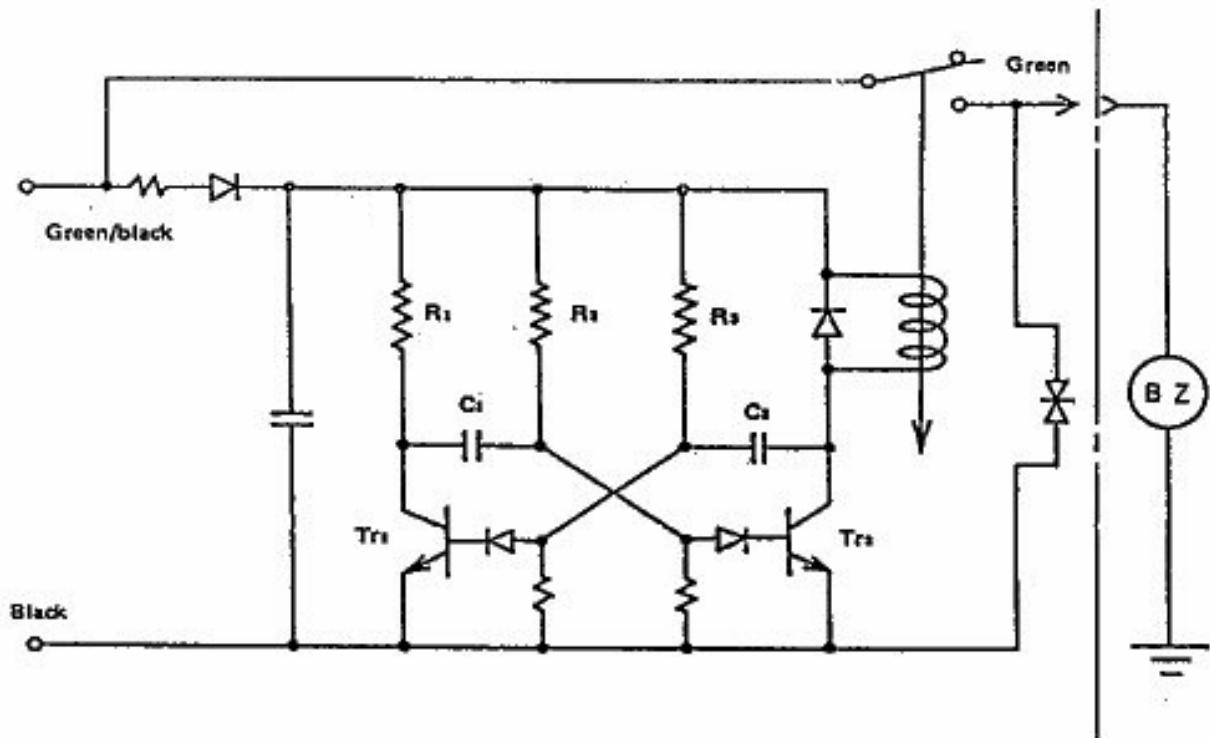
Gbr. XII - 37. Shut - off valve cut away.



## F. FLICKER SYSTEM.

Dump truck - dump truck ukuran besar dilengkapi dengan " Flicker System " dimana menghasilkan signal untuk menghidupkan back-up horn, pada saat truck berjalan mundur.

Sirkuit flicker digambarkan sebagai berikut :



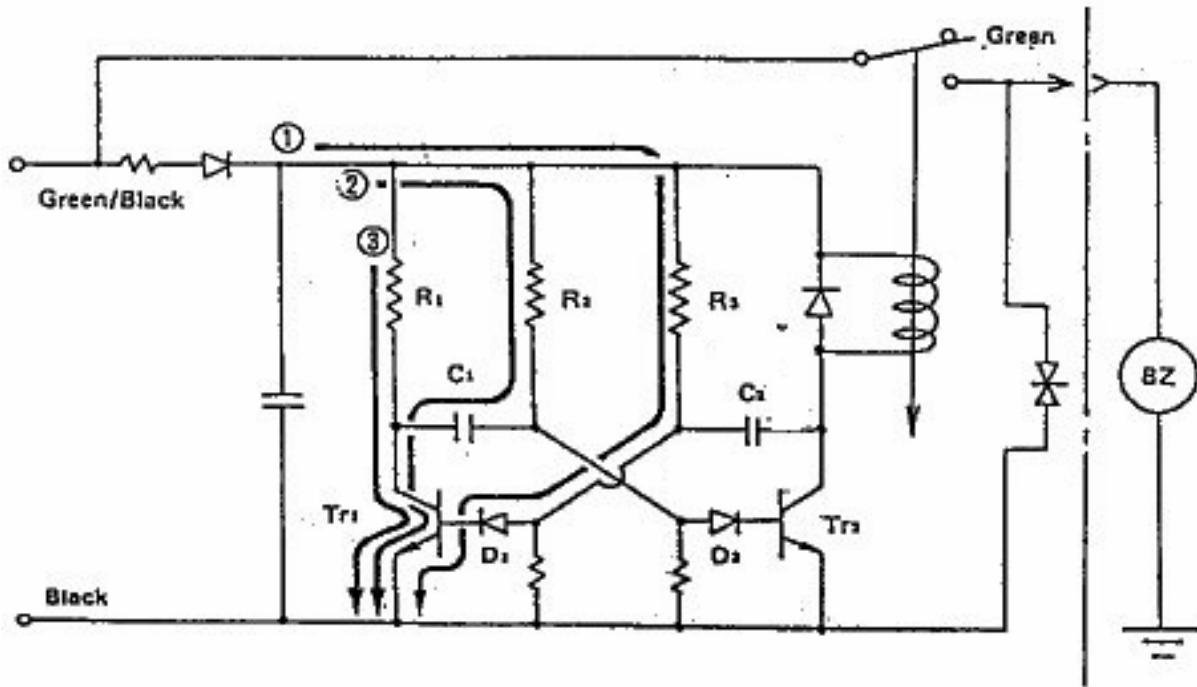
Gbr. XII - 38. Sirkuit Flicker

Aliran arus didalam sirkuit fliker adalah sebagai berikut :

Starting ---> Fuse ---> Back up ----> Flicker ----> Back ----> Chassis  
Switch    Switch                                      Buzzer        ( Grounding )

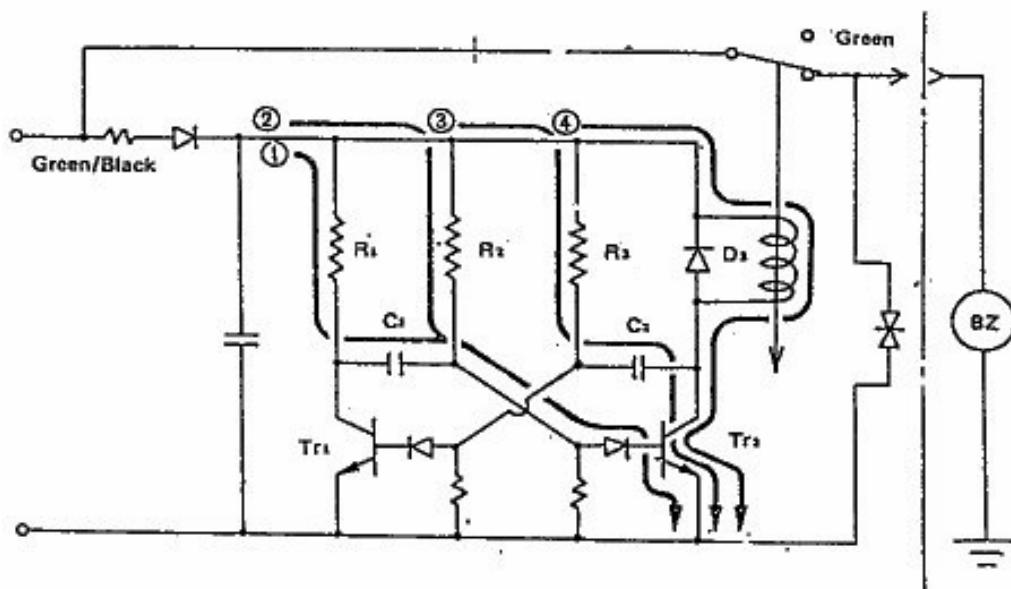
Prinsip kerja flicker :

- ~ Ketika flicker back - up switch di-on-kan, maka arus listrik akan mengalir dengan urutan seperti gambar berikut ini :



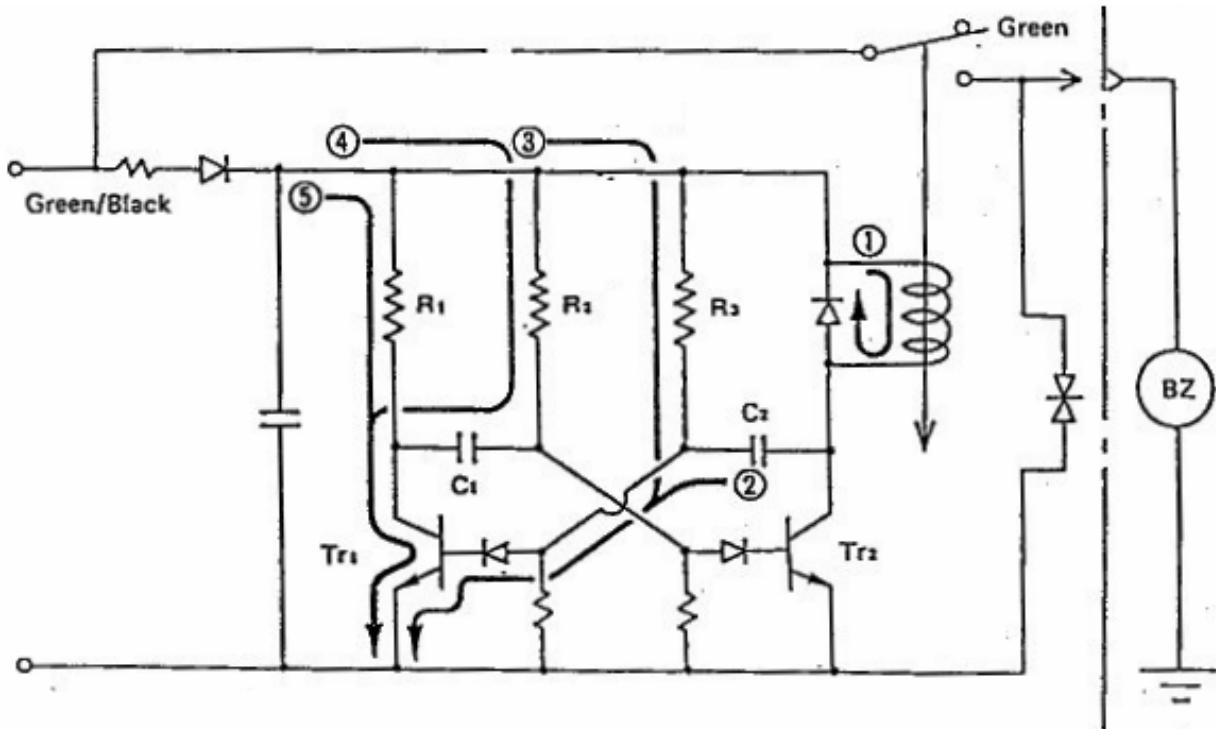
Gbr. XII - 39. Tahap pertama prinsip kerja flicker.

Pada saat ini arus mengalir melalui R3 dan D1 untuk membuat Tr1 on. Dengan demikian arus mengalir melalui R1, R2 dan C1 menuju ke ground lewat Tr1. Kapasitor C1 diisi ( charge ). Setelah C1 diisi penuh maka Tr1 akan off. Seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gbr. XII - 40. Tahap kedua prinsip kerja flicker.

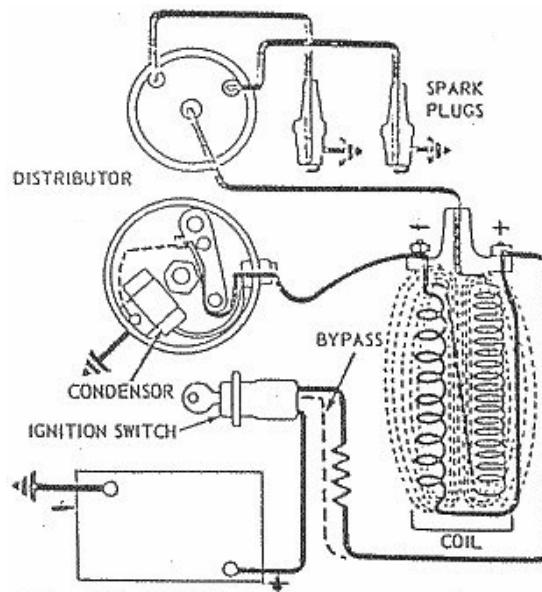
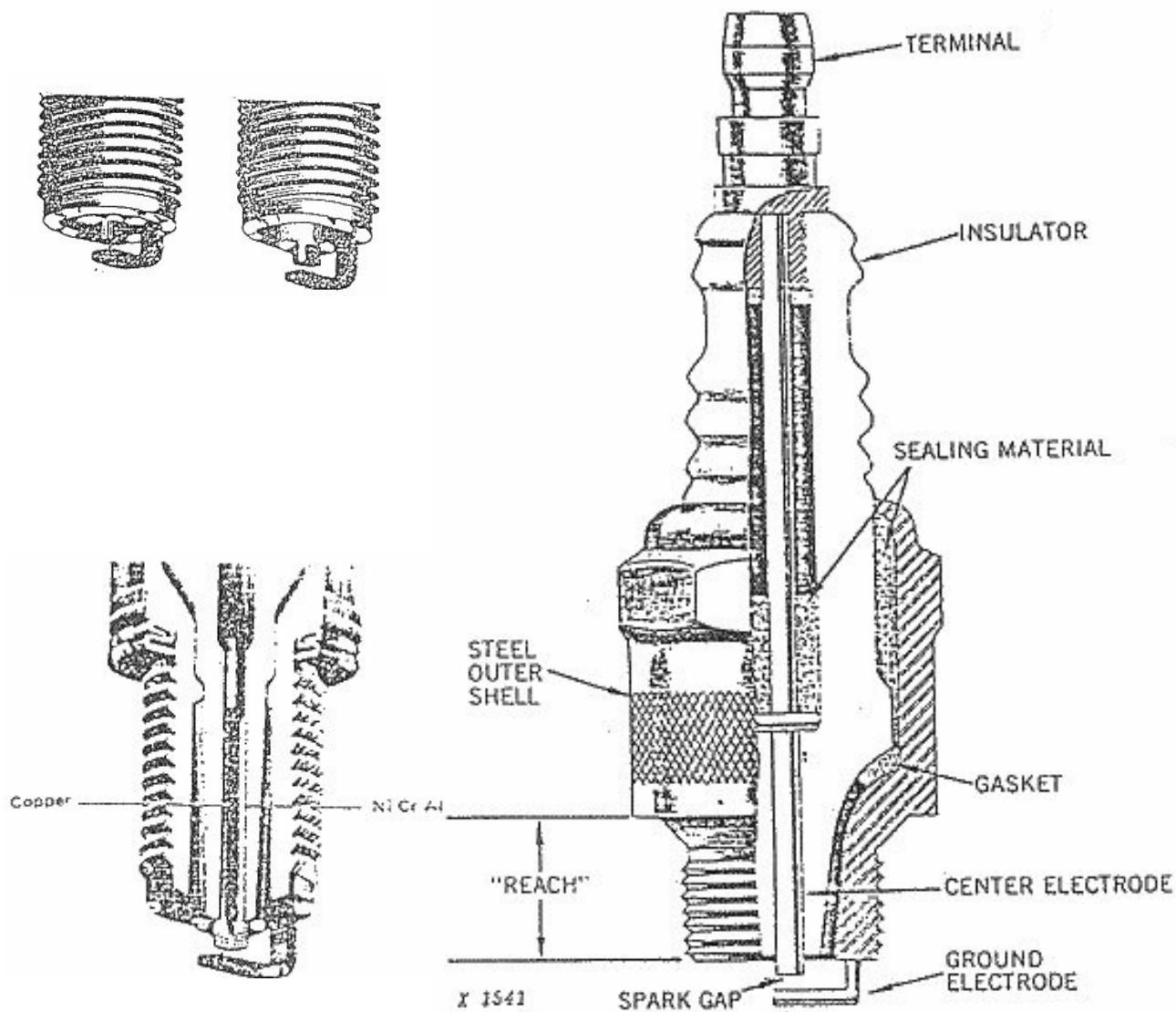
- ~ Ketika Tr1 off tegangan yang melalui R2 ditambah dari discharge C1. Arus dari D2 masuk melalui basis Tr2 dan mengalir menuju ground dan Tr2 akan on. Arus yang lewat R3 dan C2 mengalir ke luar ke ground. Pada saat itu arus besar mengalir ke buzzer relay coil menuju ke ground lewat Tr2 sehingga buzzer akan berbunyi.
- ~ Setelah C2 discharge Tr2 akan off dan memutuskan buzzer relay coil. Sehingga buzzer berhenti berbunyi. Dan arus sisa didalam buzzer relay coil lewat melalui flywheel diode dan berputar terus sampai berhenti ( lemah ). Lihat gambar berikut ini :



Gbr. XII - 41. Tahap ketiga prinsip kerja flicker.

- ~ Kemudian arus discharge dari C2 dan arus yang lewat R3 akan membuka Tr1 ( Tr1 on ) dan akan terulang lagi proses mulai dari langkah 1.

Dengan demikian fungsi kerja flicker ini akan membuat buzzer berbunyi dan mati secara periodik.

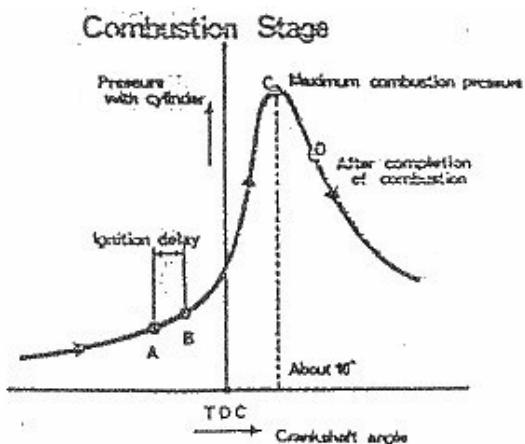


## A. PENDAHULUAN.

Pada motor bensin, kerja yang dihasilkan untuk menggerakkan unit sidapatan dari perubahan energi panas/kalor ( bahan bakar yang terbakar ) menjadi energi gerak/mekanis. Proses pembakaran bahan bakar ( bensin ) ini terjadi dalam ruang bakar mesin.

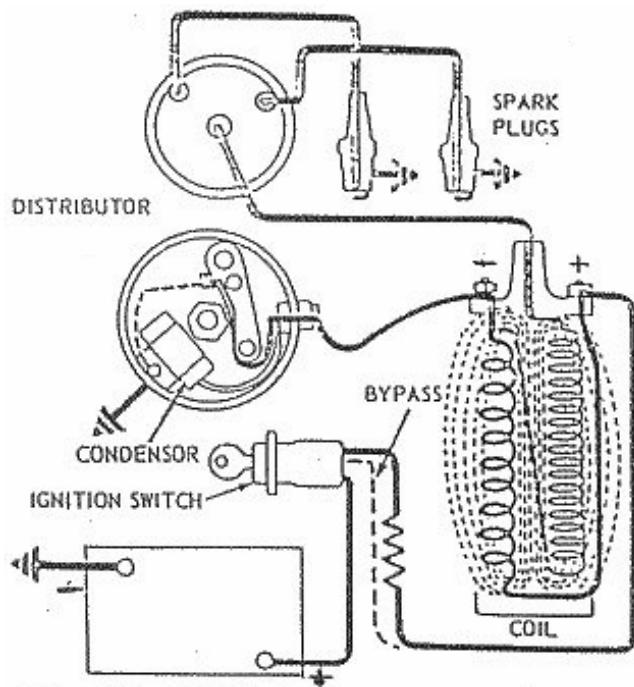
Campuran bahan bakar dan udara yang akan dibakar dalam ruang bakar terlebih dahulu dikompresikan agar terjadi kenaikan tekanan. Setelah torak mendekati titik mati atas yaitu beberapa derajat engkol sebelum mencapai titik mati atas, campuran tersebut dibakar oleh percikan bunga api dari elektroda busi. Meskipun telah dipercikan bunga api, campuran bahan bakar dan udara baru akan mulai terbakar setelah beberapa saat dari pecikan, bunga api tersebut. Dengan terbakarnya campuran bahan bakar + udara, pada ruang bakar akan terjadi kenaikan tekanan dan temperatur. Torak dalam hal ini tetap bergerak setelah melewati TMA terus TMB karena poros engkol berputar.

Tekanan gas pembakaran akan mencapai tingkat maksimum pada posisi tertentu dari torak. Untuk memperoleh tenaga yang tinggi dari hasil pembakaran ini, maka tekanan pembakaran diusahakan mencapai maksimum setelah torak berada  $10^\circ$  sesudah titik mati atas. Jadi meskipun penyalaan bunga api dilakukan sebelum torak mencapai titik mati atas, tekanan pembakaran maksimumnya akan dicapai setelah torak melewati titik mati atas.



Gbr. XIII - 1. Kurva pembakaran gas pada ruang bakar.

Pada gambar XIII - 1 dapat dilihat kurva antara tekanan didalam silinder dengan sudut engkol ( posisi piston ). Percikan bunga api terjadi di pada titik A, gas mulai terbakar pada titik B, tekanan maksimum dicapai pada titik C dan akhir pembakaran terjadi pada titik D. Saat terjadi percikan bunga api sampai campuran gas mulai terbakar disebut dengan keterlambatan penyalaan ( ignition delay ). Sebagai contoh, untuk mesin kendaraan Toyota serie K, pada putaran idling titik A terjadi pada posisi engkol  $8^\circ$  sebelum titik mati atas dan titik C kira-kira  $10^\circ$  sesudah titik mati atas.

**B. CARA KERJA DAN SISTEM PENGAPIAN.**

Gbr. XIII - 2. Sirkuit sistem pengapian.

Cara Kerja Sirkuit Sistem Pengapian.

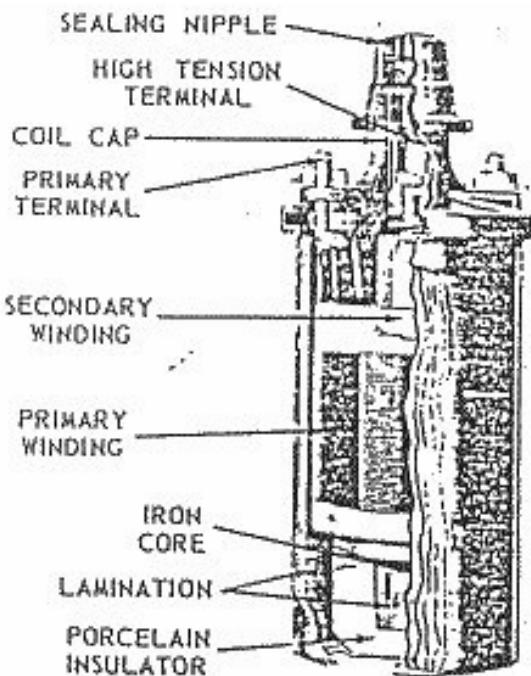
Gbr. XIII - 2. Memperlihatkan sirkuit yang konvesional sistem pengapian motor bensin 4 silinder. Cara kerja sirkuit itu adalah sebagai berikut :

Apabila kunci kontak dihubungkan, arus listrik akan mengalir dari baterai melalui kunci kontak kumparan primer, ke breaker point dan ke massa. Dalam keadaan seperti ini breaker point masih dalam keadaan tertutup . Akibatnya mengalirnya arus pada kumparan primer, maka inti besi akan menjadi magnet. Dalam keadaan inti besi menjadi magnet, bila breaker point dibuka arus yang mengalir pada kumparan primer akan terputus dan kemagnetan pada inti besi akan segera hilang. Hilangnya kemagnetan ini akan menyebabkan kumparan primer dan kumparan sekunder timbul tegangan induksi.

Karena jumlah gulungan pada kumparan sekunder lebih banyak dari kumparan primer, maka tegangan yang keluar pada kumparan sekunder ini akan jauh lebih besar atau pada kumparan sekunder akan timbul tegangan tinggi.

Tegangan tinggi ini selanjutnya disalurkan ke rotor distributor untuk dibagi - bagikan ke busi - busi pada tiap silinder yang sedang mengakhiri langkah kompresinya. Selanjutnya tegangan tinggi pada busi ini dirubah menjadi percikan api guna pembakaran gas pada ruang bakar. Terjadinya tegangan tinggi pada kumparan sekunder ini dan satu kali putaran rotor adalah 4 kali, karena terjadi 4 kali pemutusan arus pada kumparan primer yang berarti kali terjadi tegangan tinggi pada kumparan sekunder. Mesin dengan jumlah silinder 6, akan terjadi tegangan tinggi pada kumparan primer setiap satu putaran rotor adalah 6 kali.

### C. IGNITION COIL



Gbr. XIII - 3. Ignition coil.

#### Teori terjadinya tegangan tinggi pada Ignition Coil.

Ignition coil berfungsi untuk memperbesar tegangan 12 volt menjadi 15.000 - 20.000 volt. Tegangan ini terjadi pada kumparan - kumparan yang terdapat pada ignition coil dengan prinsip mutual induksi atau induksi bersama. Untuk mudahnya teori pemahaman ini kita mulai terjadinya induksi sendiri seperti terlihat pada gambar XIII - 3.

Apabila pada sebatang besi dililitkan dengan kawat halus hingga menjadi sebuah kumparan dan kumparan itu dialiri arus listrik, maka pada inti besi tersebut akan terjadi kemagnetan dengan garis gaya seperti terlihat pada Gbr. XIII - 3. Kekuatan magnet yang timbul pada inti besi tergantung dari dua faktor utama yaitu banyaknya gulungan kumparan dan besar arus yang mengalir pada kumparan tersebut.

Sedangkan kekuatan magnet permanen dinaytakan dalam banyaknya fluxi magnet pada magnet tersebut dengan satuan weber dan Maxwell. Selanjutnya apabila titik kontak dibuka, arus listrik yang mengalir dari baterai akan segera putus, akan tetapi garis gaya magnet yang timbul pada inti besi cenderung untuk meneruskan arus listrik tersebut.

Kecendrungan dari garis gaya magnet untuk meneruskan arus listrik akan menyebabkan timbulnya arus listrik pada kumparan walaupun arus listrik dari baterei sudah tidak mengalir. Kejadian ini dikatakan kumparan terinduksi oleh garis gaya magnet yang hilang tersebut.



Oleh karena hanya kumparan itu yang terinduksi maka dikatakan induksi sendiri ( Self Induction ). Pada kejadian ini baik arus listrik maupun tegangan listriknya disebut juga arus induksi dan tegangan induksi.

#### Tegangan Tinggi pada Kumparan Sekunder.

Seperti dijelaskan sebelum ini bahwa apabila pada suatu inti besi dililitkan suatu kumparan dimana pada kumparan tersebut dialirkan arus listrik yang selanjutnya arus listrik tersebut putus, maka akan terjadi tegangan induksi pada kumparan tersebut dan peristiwa ini dikatakan induksi sendiri. Sekarang apabila pada inti besi tersebut dililitkan 2 buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, kemudian pada kumparan primer dialiri arus listrik dan arus listrik tersebut putus, maka tegangan induksi tidak hanya terjadi pada kumparan primer saja melainkan pada kumparan sekunder juga terjadi tegangan induksi. Oleh karena tegangan induksi terjadi pada kedua kumparan secara bersamaan maka peristiwa ini dikenal dengan sebutan " Induksi Bersama dan Mutual Induction ".

Besar tegangan induksi pada kumparan sekunder tergantung dari perbandingan gulungan antara kumparan sekunder dengan kumparan primer dan besar dari tegangan induksi pada kumparan primer. Untuk jelasnya hubungan - hubungan ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_p/N_p = E_s/N_s$$

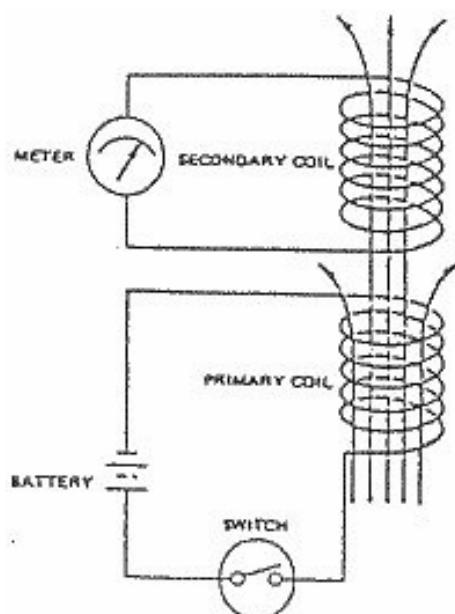
Dimana :

$E_p$  = tegangan induksi pada kumparan primer.

$E_s$  = tegangan induksi pada kumparan sekunder.

$N_p$  = jumlah lilitan pada kumparan primer.

$N_s$  = jumlah lilitan pada kumparan sekunder.



Gbr. XIII - 4. Induksi bersama.



Jadi besar tegangan pada kumparan sekunder adalah :

$$E_s = E_p \times N_s/N_p \text{ ( volt )}$$

$N_s/N_p$  disebut juga perbandingan gulungan antara kumparan sekunder dengan kumparan primer. Sebagai contoh, sebuah ignition coil mempunyai 250 gulungan pada kumparan primer dan 20.000 gulungan pada kumparan sekunder. Pada saat kontak point mulai terbuka timbul tegangan induksi pada kumparan primer sebesar 250 volt. Berapakah tegangan induksi yang timbul pada kumparan sekunder pada saat kontak point mulai terbuka ? Lihat Gbr. XIII -4.

Penyelesaian :

Perbandingan gulungan adalah :  $20.000/250 = 80$

Jadi besar tegangan induksi pada kumparan sekunder adalah :

$$E_s = E_p \times N_s/N_p$$

$$E_s = 250 \text{ ( volt )} \times 80$$

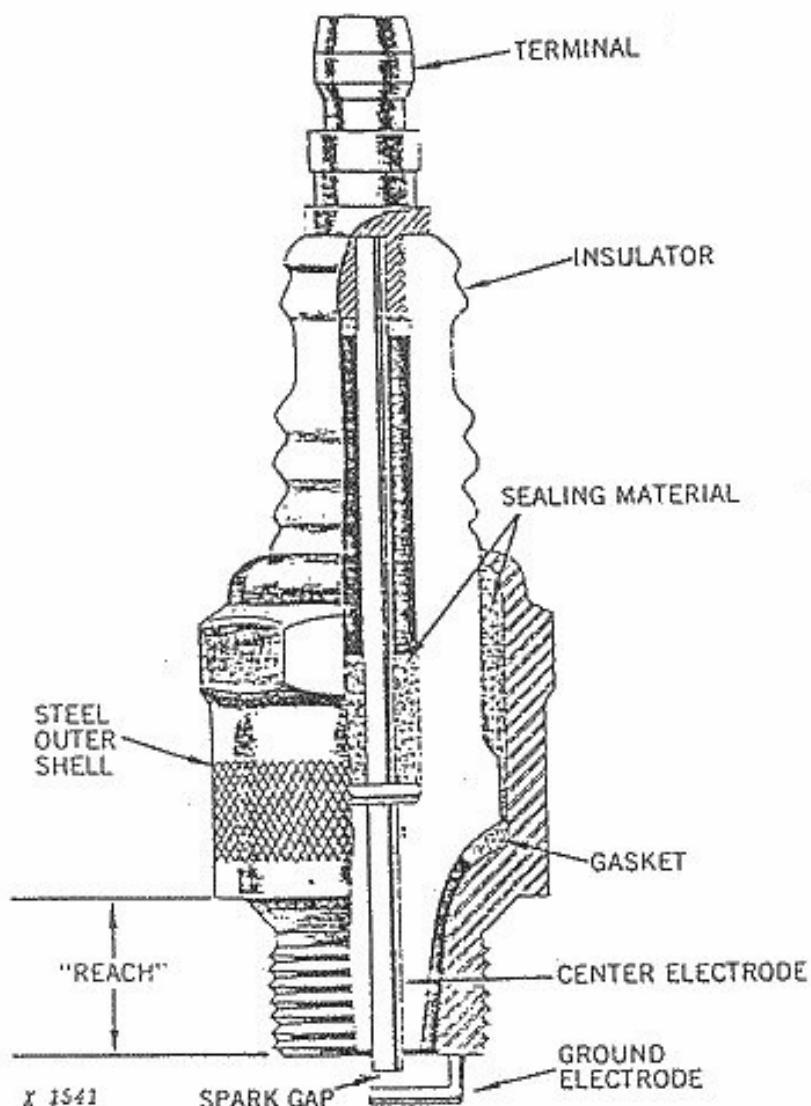
$$E_s = 20.000 \text{ ( volt )}$$

#### D. BUSI ( SPARK PLUG ).

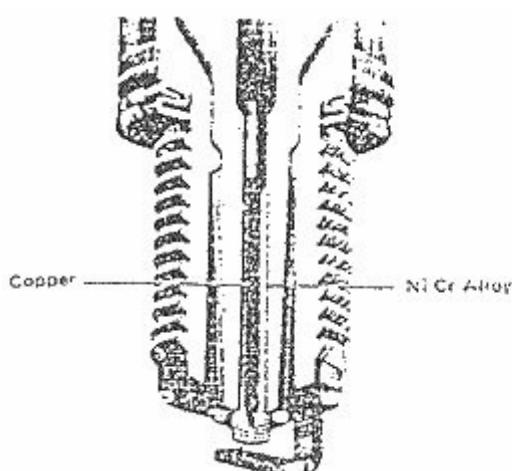
Seperti telah diketahui, fungsi busi adalah untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan di dalam ruang bakar. Dengan demikian busi harus mampu menimbulkan percikan bunga api listrik yang mampu membakar campuran gas dengan sempurna dimana pada saat kondisi mesin dingin maupun panas. Pembakaran gas harus terjadi sesuai dengan langkah-langkah yang dibutuhkan.

Disamping itu pada saat mesin berputar lambat maupun cepat, percikan bunga api pada electrode busi harus tetap terjadi dengan baik. Busi menghasilkan bunga api listrik dengan cara meloncatkan listrik bertegangan tinggi pada elektrodanya ( 15 s/d 20 KV ) yang didapat dari proses induksi pada ignition coil. Untuk memenuhi kondisi seperti diatas, maka busi harus memenuhi syarat-syarat dibawah ini :

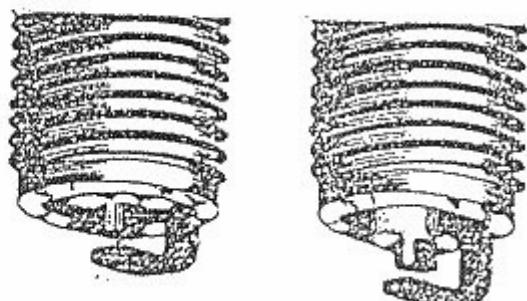
- 1) Harus dapat merubah tegangan tinggi menjadi loncatan bunga api pada elektrodanya dan bunga api ini meloncat pada celah antara elektroda positif dan negatif.
- 2) Harus tahan terhadap suhu pembakaran gas yang tinggi sehingga busi tidak terbakar elektrodanya.
- 3) Harus tidak terjadinya deposit karbon atau busi harus tetap bersih.



Gbr. XIII - 5. Konstruksi busi.



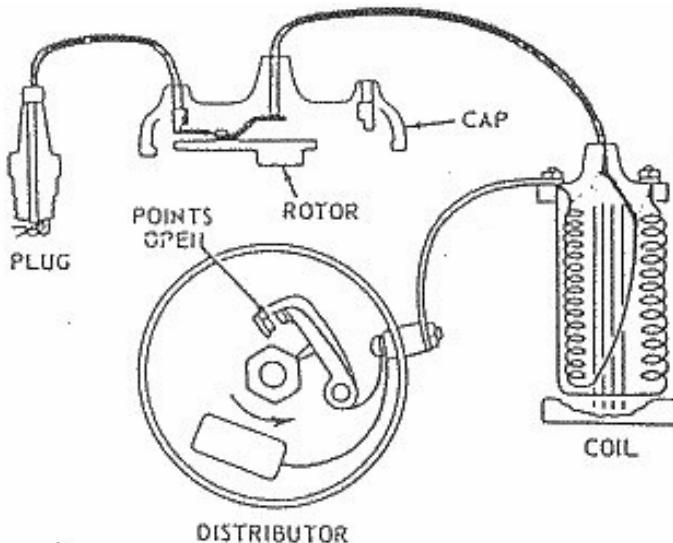
Gbr. XIII - 6. Electroda positif.



Gbr. XIII - 7. Bentuk electroda positif.

## E. CONTACT POINT.

Untuk menimbulkan arus listrik pada kumparan primer ignition coil, maka perlu adanya pemutus dan penyambungan arus yang melalui kumparan primer tersebut : Hal ini dilakukan oleh contact " Point/Platina ". Pada mekanis pengapian sistem lama ( konvesional ) saat contact point menutup, arus mengalir melalui contact point, maka pada saat contact point membuka arus ada kecenderungan untuk melaluinya dan hal demikian yang membuat terjadinya loncatan bunga api. Dengan adanya bunga api pada contact point dan untuk mengatasinya dengan memasangkan kondensor parallel terhadap contact point.

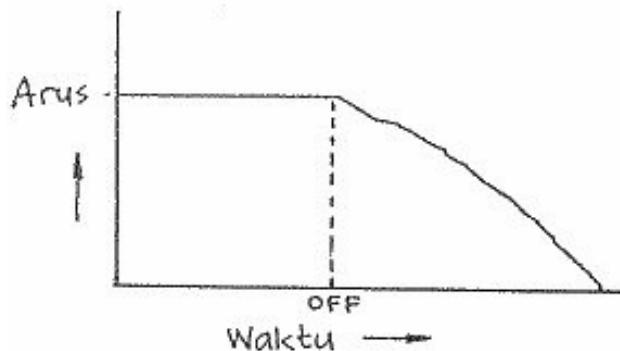


Gbr. XIII - 8. Saat pengapian.

## F. CONDENSOR.

Telah dijelaskan sebelum ini bahwa pada saat titik kontak terbuka akan terjadi arus induksi yang cenderung untuk meneruskan aliran listrik seperti pada saat titik kontak tertutup dan tegangan induksi pada kumparan tersebut dimana bila pemutusan arus ini cepat sekali dan jumlah kumparan juga banyak akan menyebabkan timbulnya tegangan induksi yang tinggi pada kumparan. Kecenderungan arus induksi yang tinggi akan menyebabkan terjadinya loncatan bunga api pada titik kontak saat mulai terbuka. Hal ini akan memperlambat pemutusan arus listrik dari baterei ke kumparan yang berarti akan menurunkan besar tegangan induksi yang terjadi pada kumparan tersebut seperti pada Gbr. XIII - 9.

Kecepatan pemutusan arus menjadi lambat karena adanya loncatan bunga api pada titik kontak saat mulai terbuka dan tegangan yang terjadi pada kumparan tidak dapat mencapai maksimum yang diharapkan.

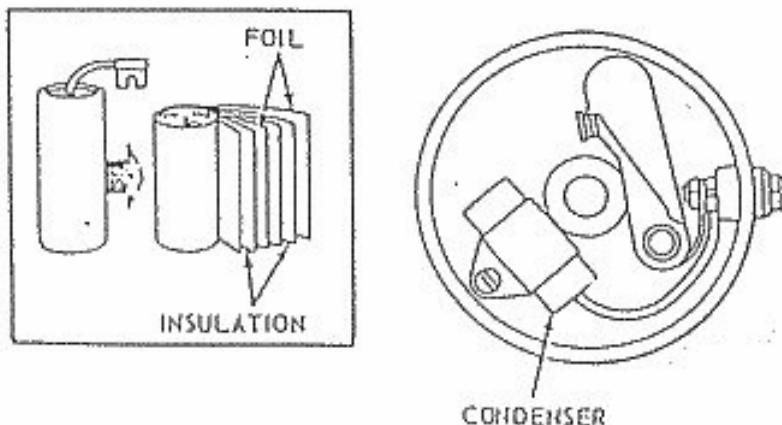


Gbr. XIII - 9. Pemutusan arus listrik.

Untuk mencegah terjadinya loncatan bunga api pada saat titik kontak mulai terbuka, pada sirkuit harus ditambahkan sebuah kondensor yang dihubungkan parallel dengan titik kontak seperti terlihat pada Gbr. XIII - 10

#### Cara Kerja Kondensor.

Pada saat titik kontak dalam kedaan tertutup, arus listrik akan mengalir dari baterei ke kumparan dan selanjutnya ke baterei. Arus listrik ini selanjutnya akan menyebabkan terjadinya kemagnetan pada kumparan tersebut. Dalam keadaan seperti ini arus listrik tidak ada yang mengalir melalui kondensor. Apabila titik kontak terbuka, arus listrik akan cenderung tetap mengalir.



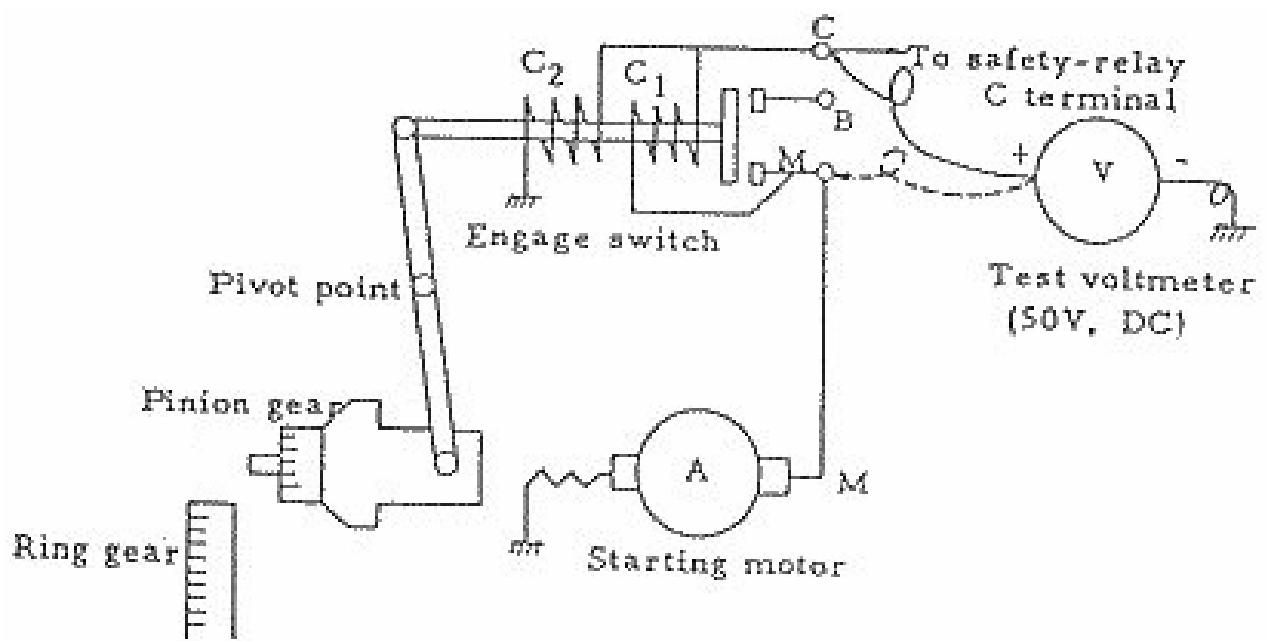
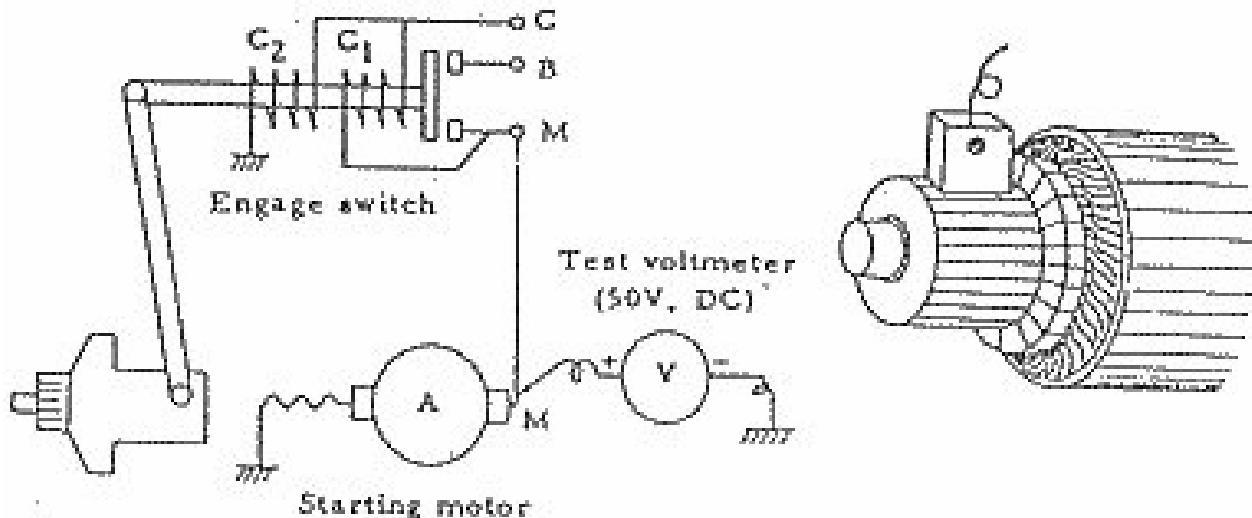
Gbr. XIII - 10. Pemasangan kondensor.



Tetapi dengan adanya kondensor, arus listrik akan segera diserap oleh kondensor sehingga pada titik kontak sama sekali tidak ada arus listrik yang mengalir pada saat titik kontak mulai terbuka seperti terlihat pada gambar 4 dan loncatan bunga api praktis dapat dihilangkan.

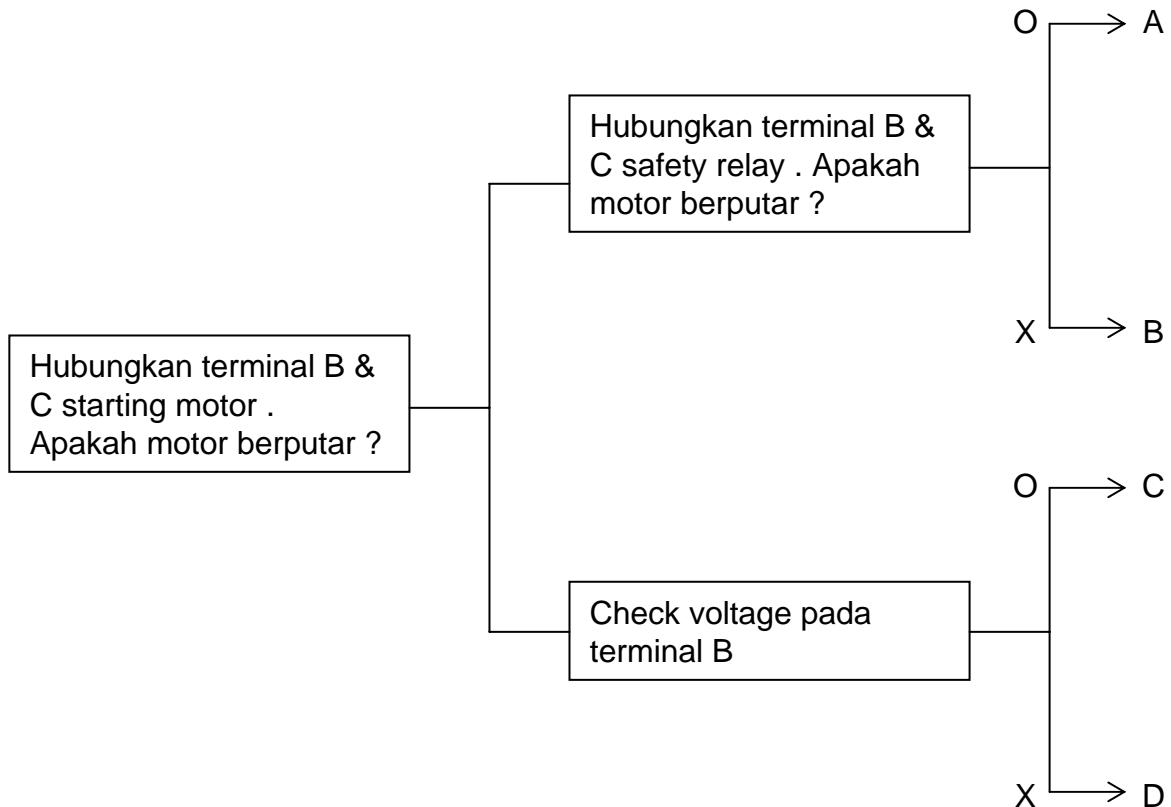
Disamping arus listrik dapat diserap pada saat titik kontak mulai terbuka sehingga tidak menimbulkan bunga api juga dengan penyerapan arus listrik ini akan mempercepat terputusnya arus listrik pada kumparan sehingga akan memperbesar tegangan induksi yang terjadi pada kumparan tersebut. Ingat bahwa besar tegangan induksi dipengaruhi oleh  $\frac{di}{dt}$  dimana bila  $dt$  sangat kecil yaitu pemutusan arus sangat cepat, maka hasil  $\frac{di}{dt}$  akan tinggi

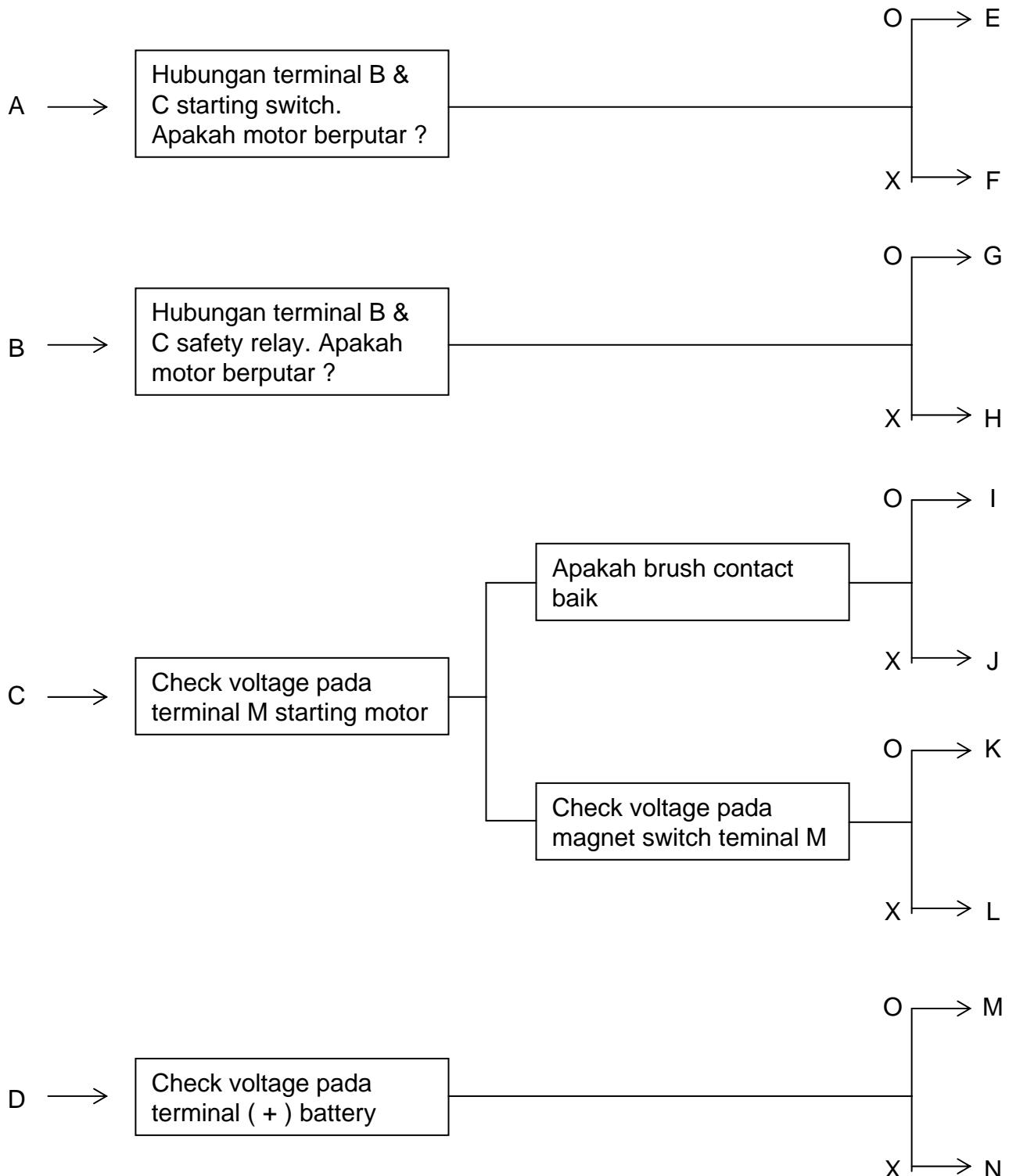
Jadi dengan menempatkan kondensor pada sirkuit ini, maka terjadinya bunga api pada titik kontak dapat dicegah dan pembentukan tegangan induksi pada kumparan akan mencapai maksimum yang diharapkan.





- Starting motor ( dengan safety relay ) tidak berputar ketika starting switch posisi "start ". Trouble shooting pada posisi start dan gear shift lever posisi netral.







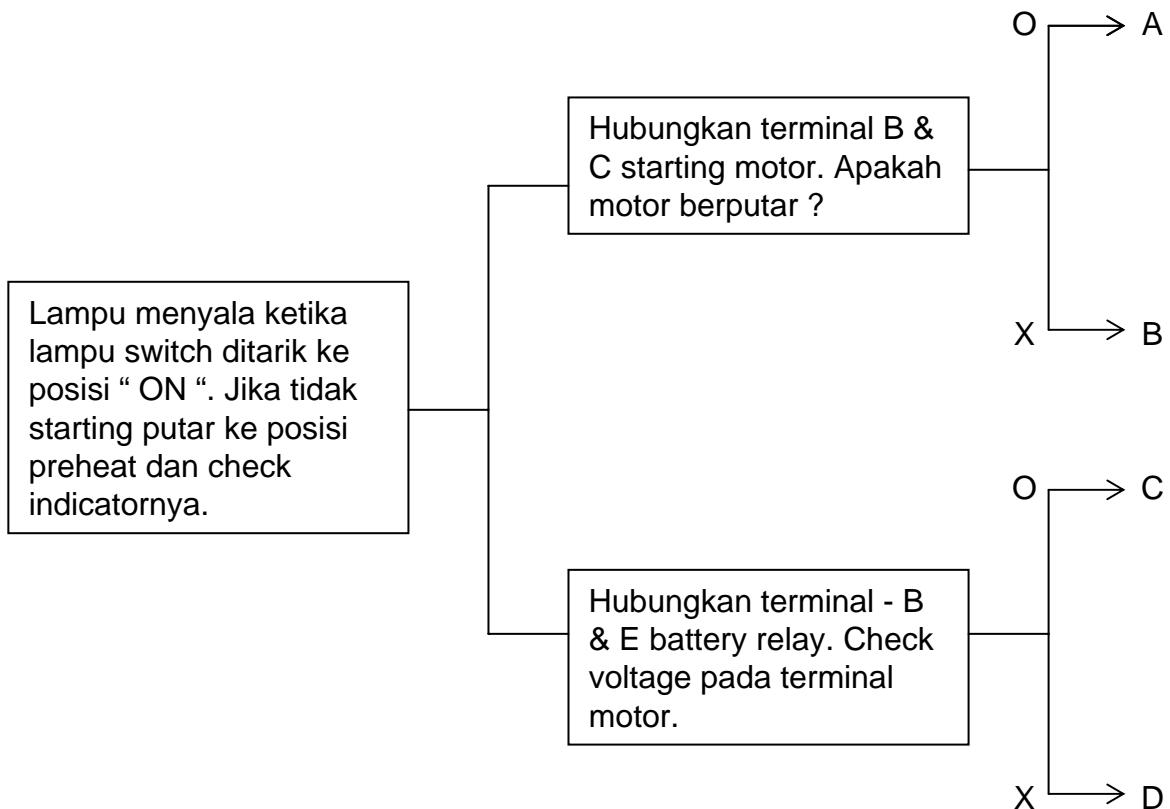
- E → Starting switch.
- F → Pengawatan diantara safety relay S dan starting switch C.
- G → Safety relay atau groundnya.
- H → Pengawatan antara starting motor C dan saftey relay C.
- I → Bagian starting motor atau groundnya.
- J → Brush contact yang jelek.
- K → Hubungan yang jelek pada bar penghubung starting motor.
- L → Magnetic switch starting motor.
- M → Pengawatan antara sisi ( + ) battery dan terminal B starting motor.
- N → Battery atau groundnya.

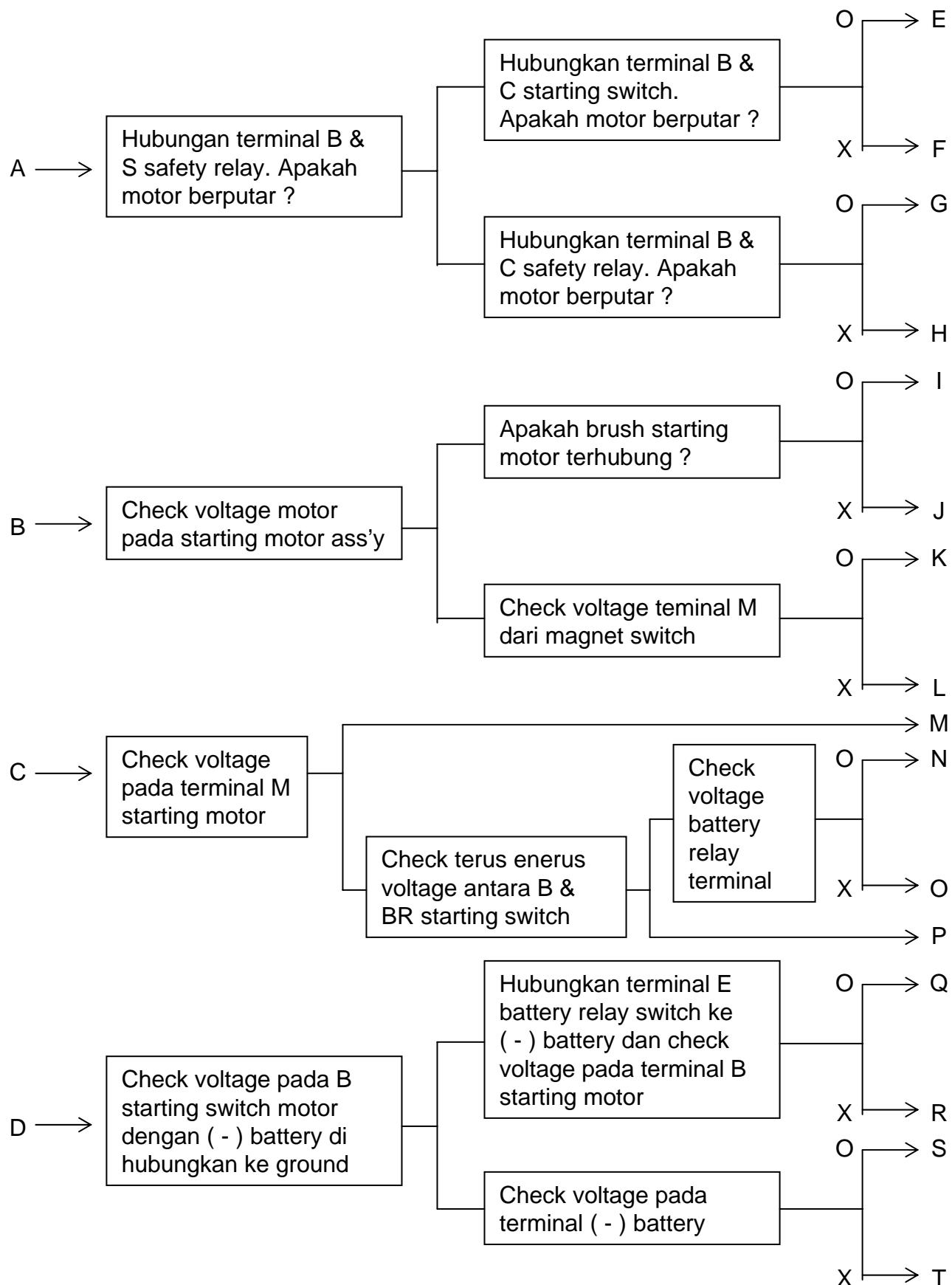


2. Starting motor ( with safety relay and battery relay switch ) tidak berputar ketika starting switch posisi “ start ”.

Trouble shooting pada posisi start.

D 31 - D 455



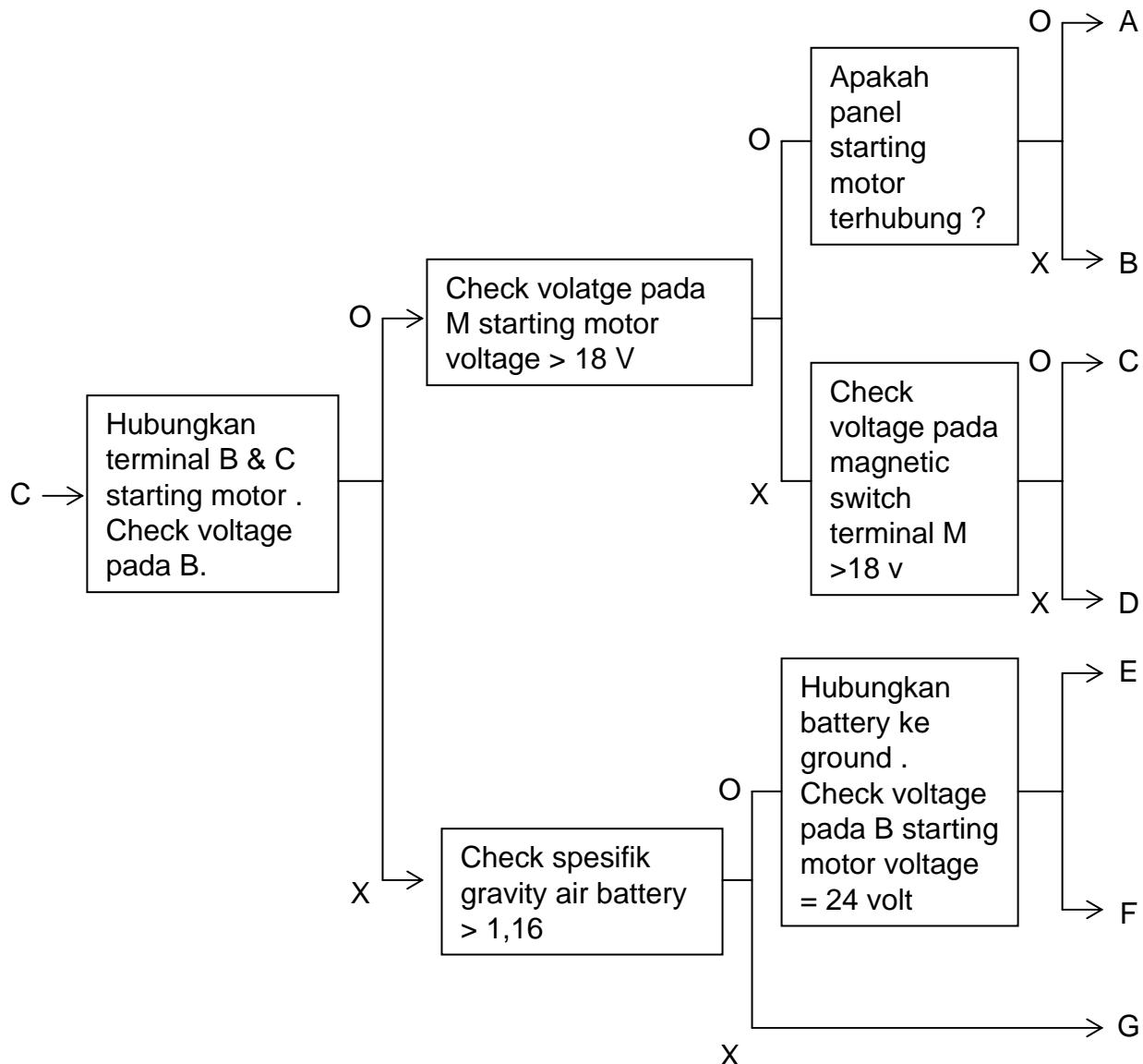




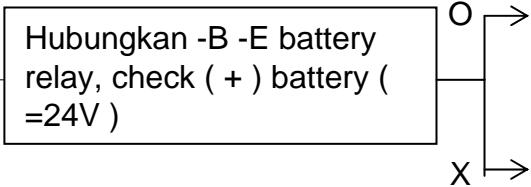
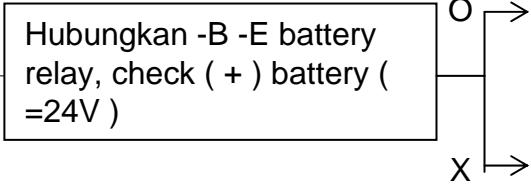
- E → Starting switch.
- F → Pengawatan antara S safety relay dan C starting switch.
- G → Safety relay atau groundnya.
- H → Pengawatan antara starting motor C dan saftey relay.
- I → Starting motor ass'y atau groundnya.
- J → Brush contact.
- K → Hubungan pada bar penghubung starting motor.
- L → Magnetic switch starting motor.
- M → Battery relay switch.
- N → Pengawatan antara BR starting switch dan BR battery relay switch.
- O → Pengawatan antara BR starting switch dan B battery relay dan B starting switch.
- P → Starting switch.
- Q → ( - ) battery dan -b battery relay switch.
- R → Ground battery relay switch.
- S → Pengawatan antara ( + ) battery dan B starting motor.
- T → Battery atau pengawatan antara battery - battery.



3. Starting motor berputar, tapi terlalu lemah untuk start engine ( with safety relay dan battery relay switch ).  
Engine tidak berputar walau decompression lever pada posisi comp ).

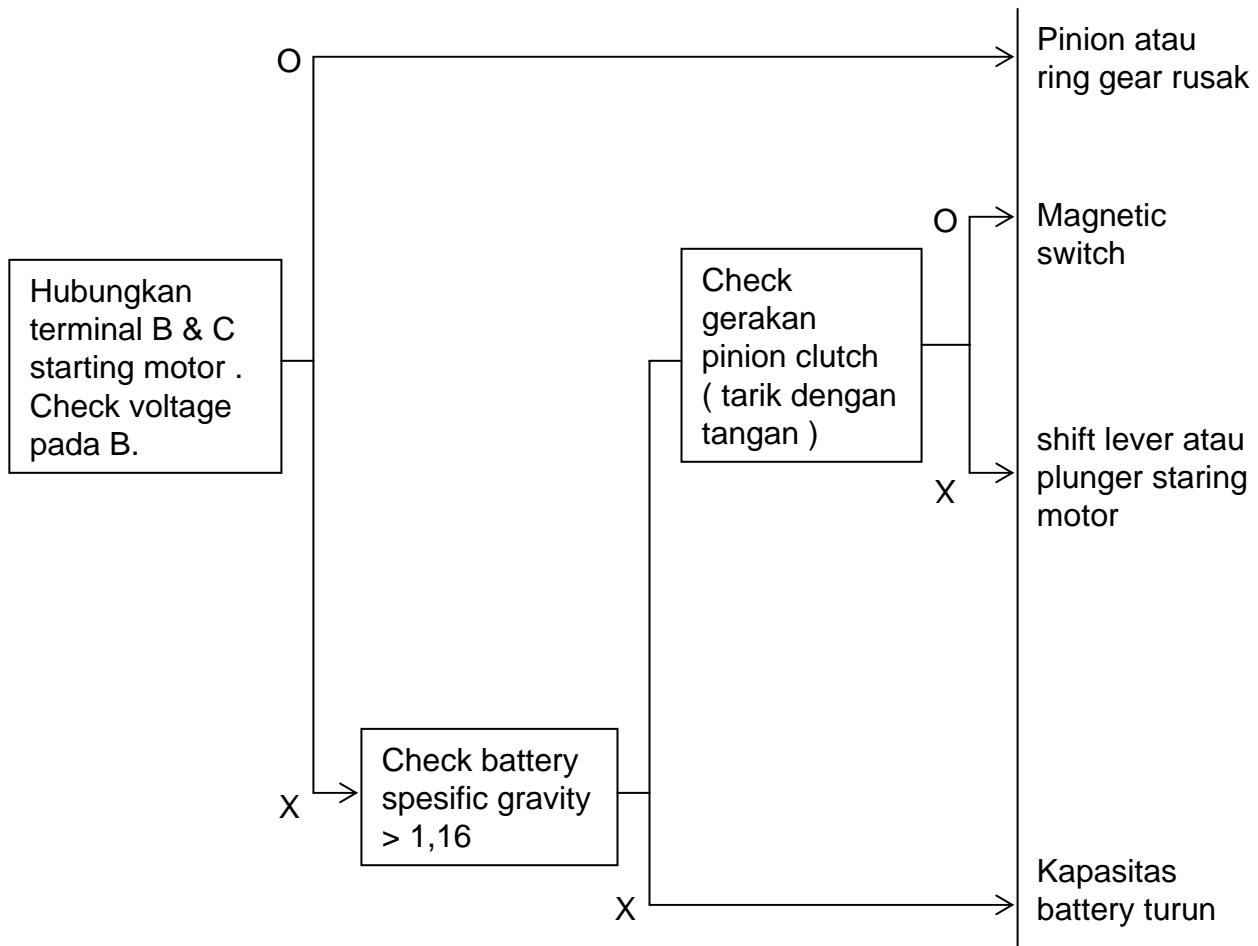




A	Starting motor atau groundnya.
B	Brush contact.
C	Pengawatan pada bar penghubung starting motor.
D	Magnetic switch.
E	<p>Hubungkan -B -E battery relay, check ( + ) battery ( =24V )</p> 
E	<p>Hubungkan -B -E battery relay, check ( + ) battery ( =24V )</p> 
G	Battery habis / kurang catatan : check charging circuit.

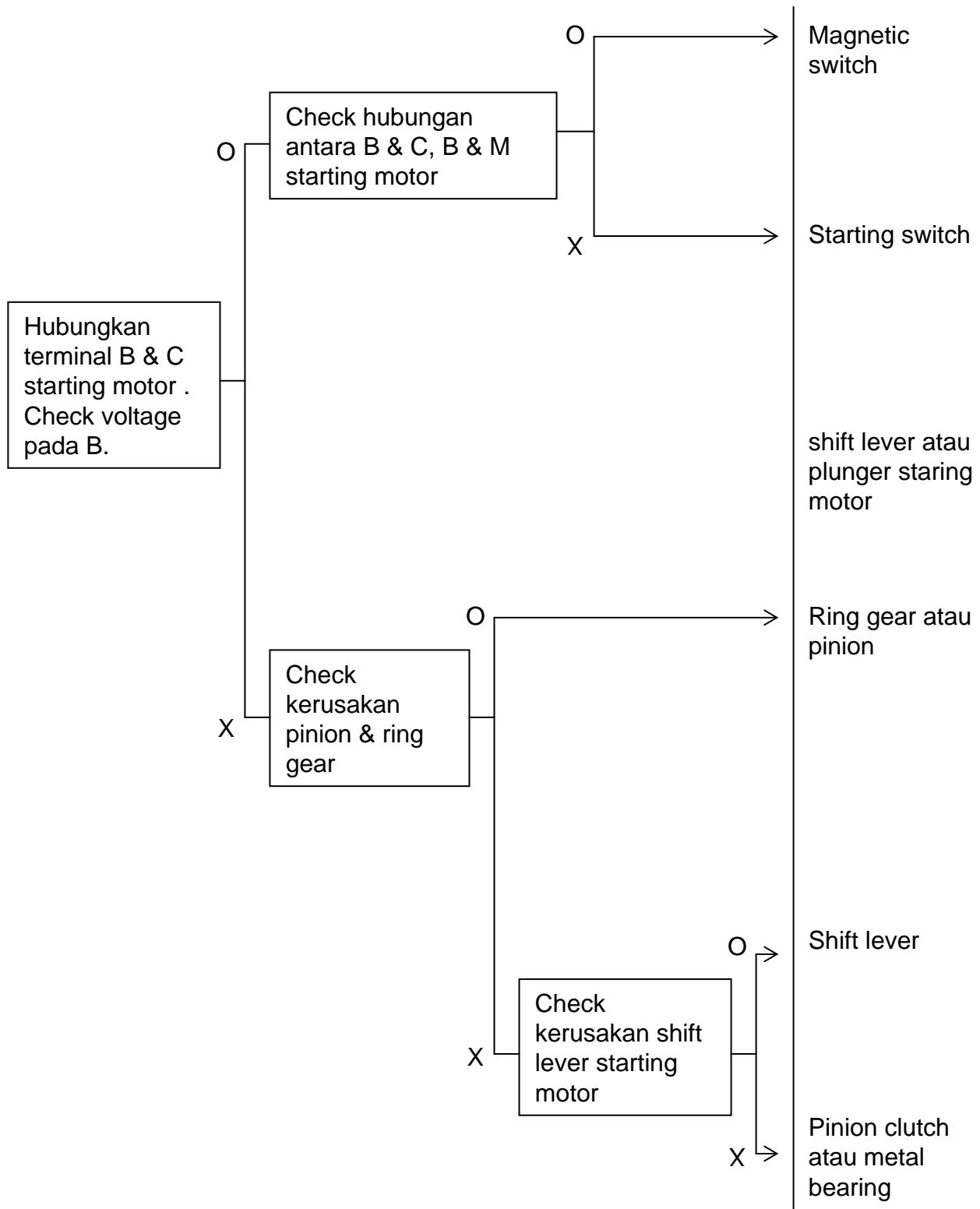


4. Ketika starting switch diposisikan " start ", terdengar suara click tapi starting motor tidak berputar.



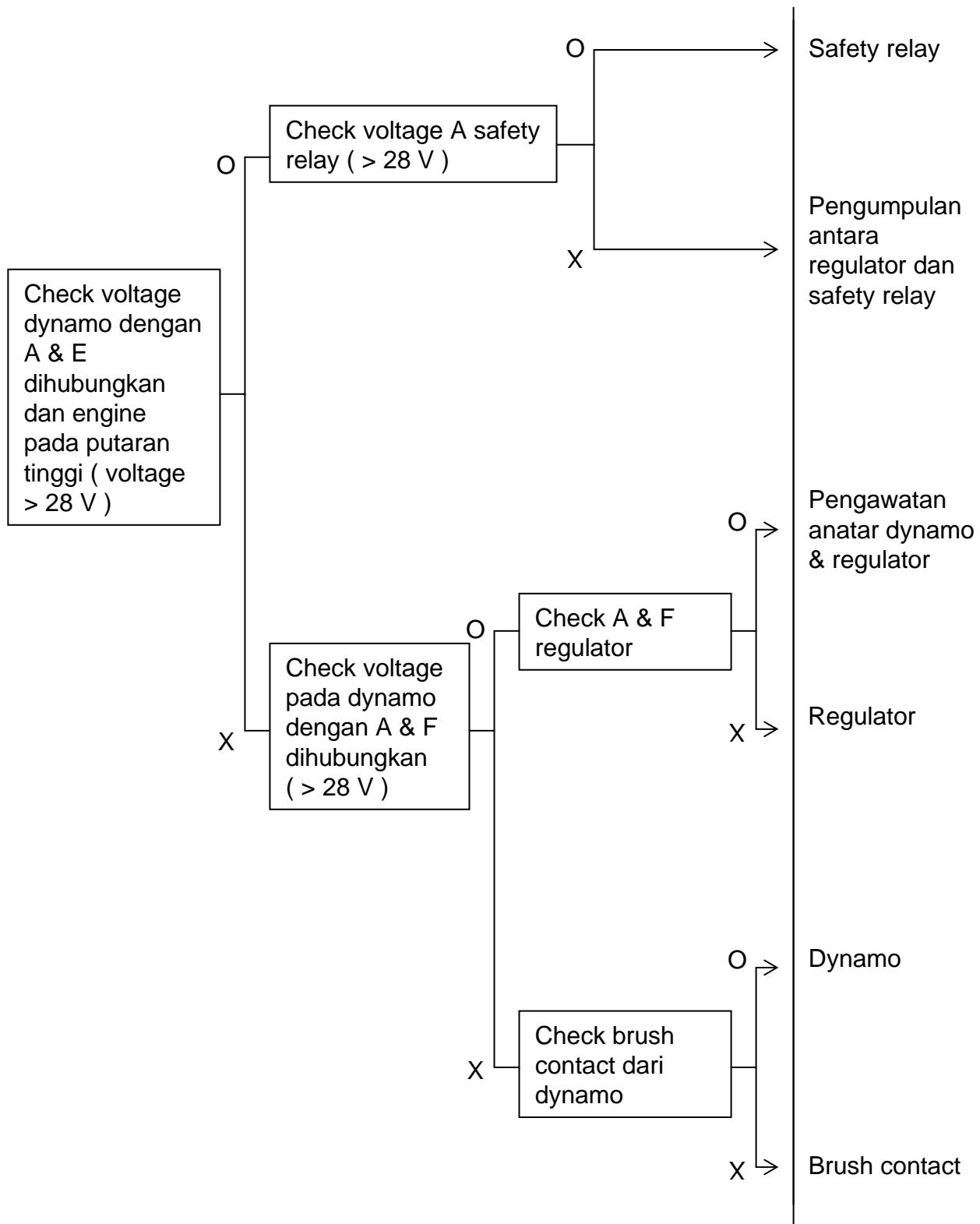


5. Starting switch diputar dari posisi "start" ke "on", starting motor tetap berputar.



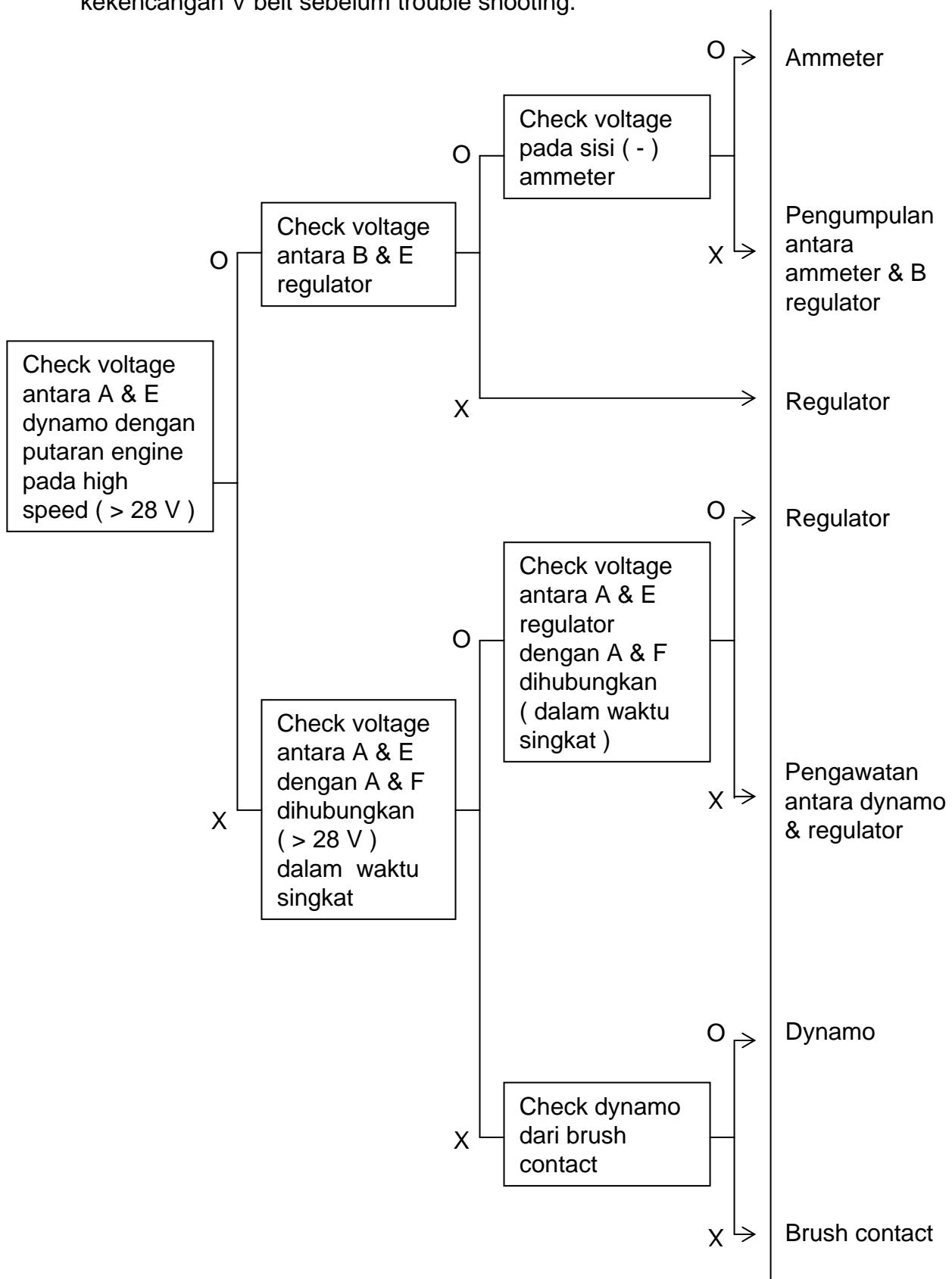


6. Pada saat engine hidup, starting switch diposisikan “ start ”. Engine akan memutar starting motor.



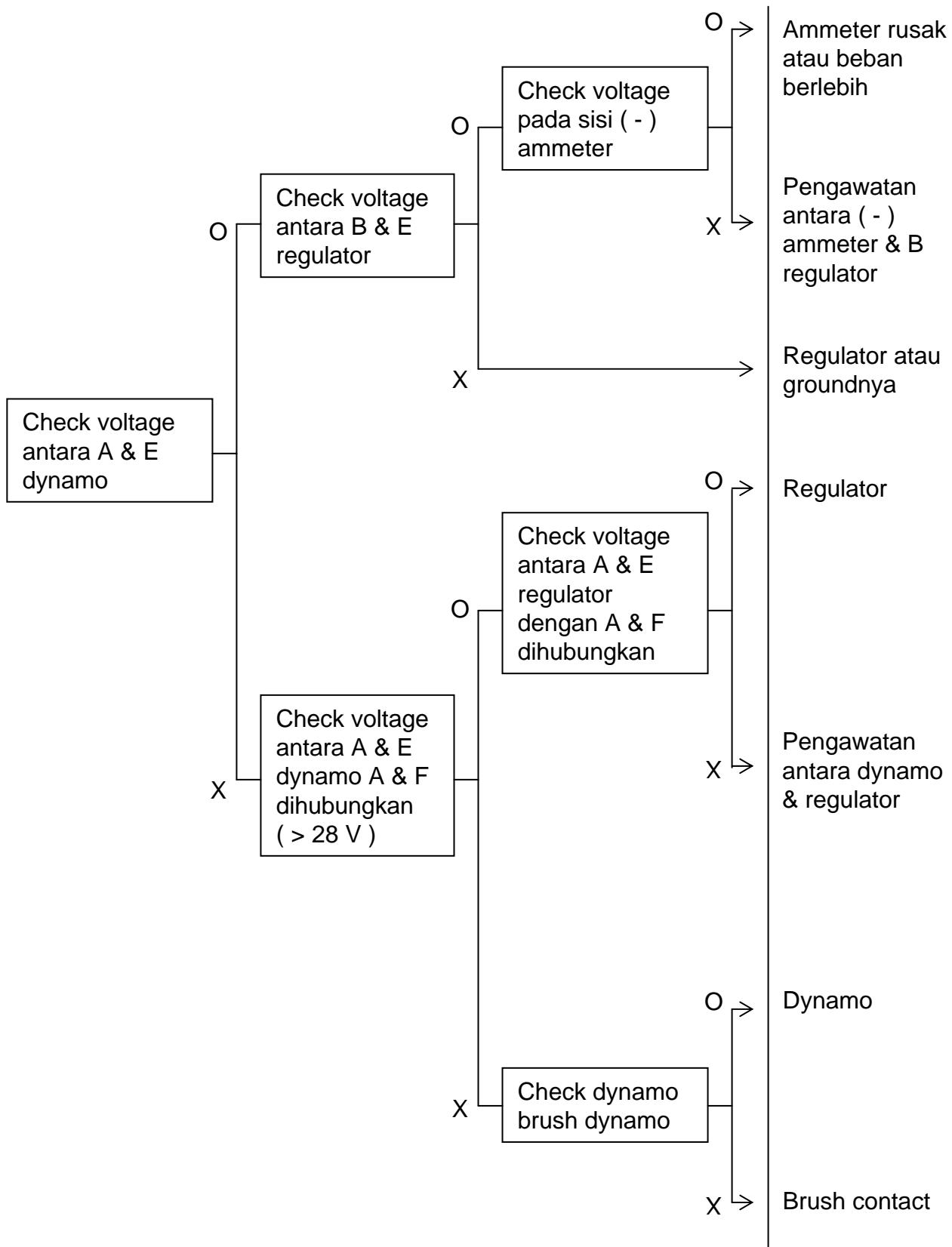


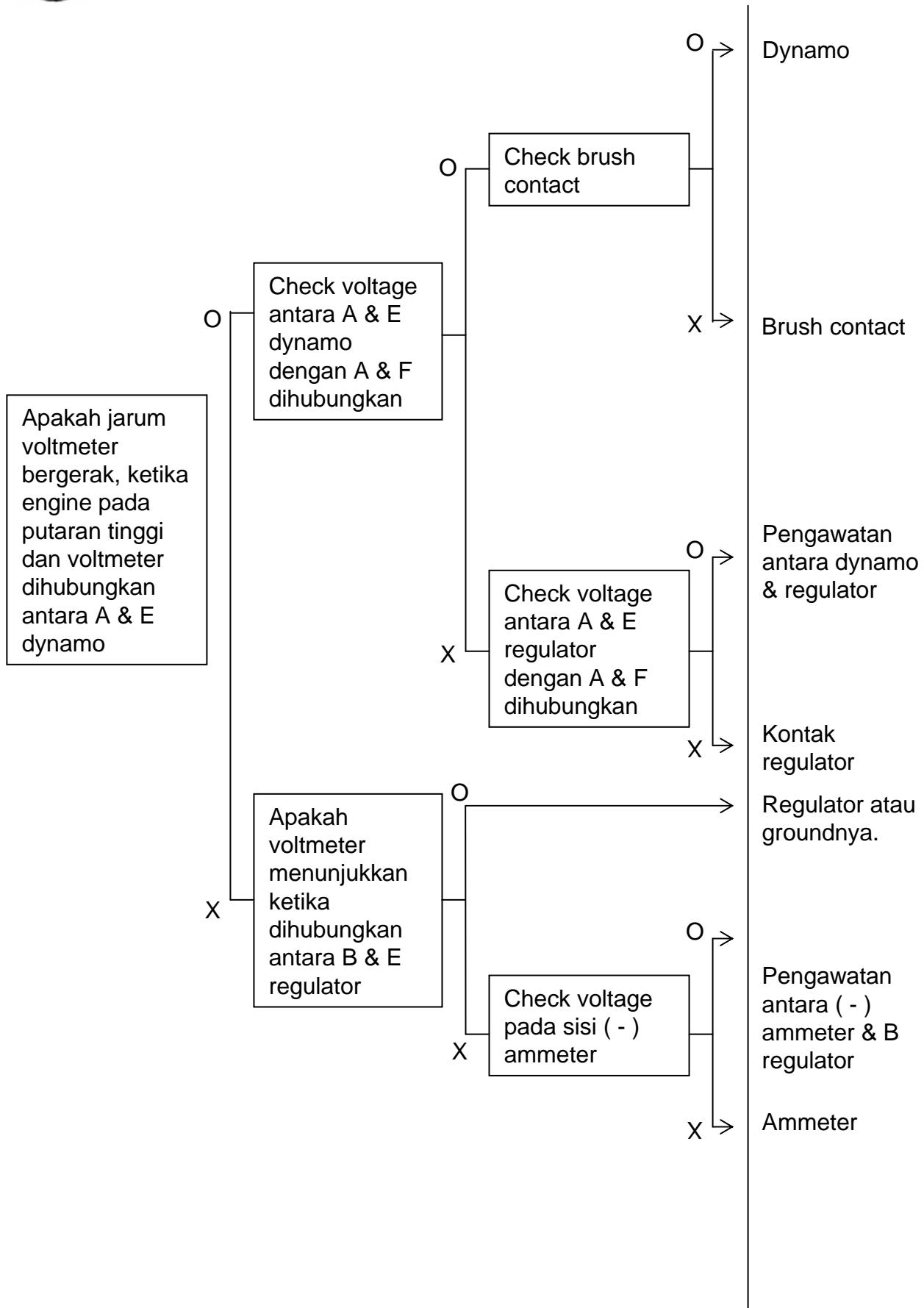
7. Jarum ammeter tidak bergerak walaupun putaran engine naik. Check kekencangan V belt sebelum trouble shooting.





8. Jarum ammeter tetap pada posisi ( - ) walaupun engine berputar. Check kekencangan V belt sebelum trouble shooting.





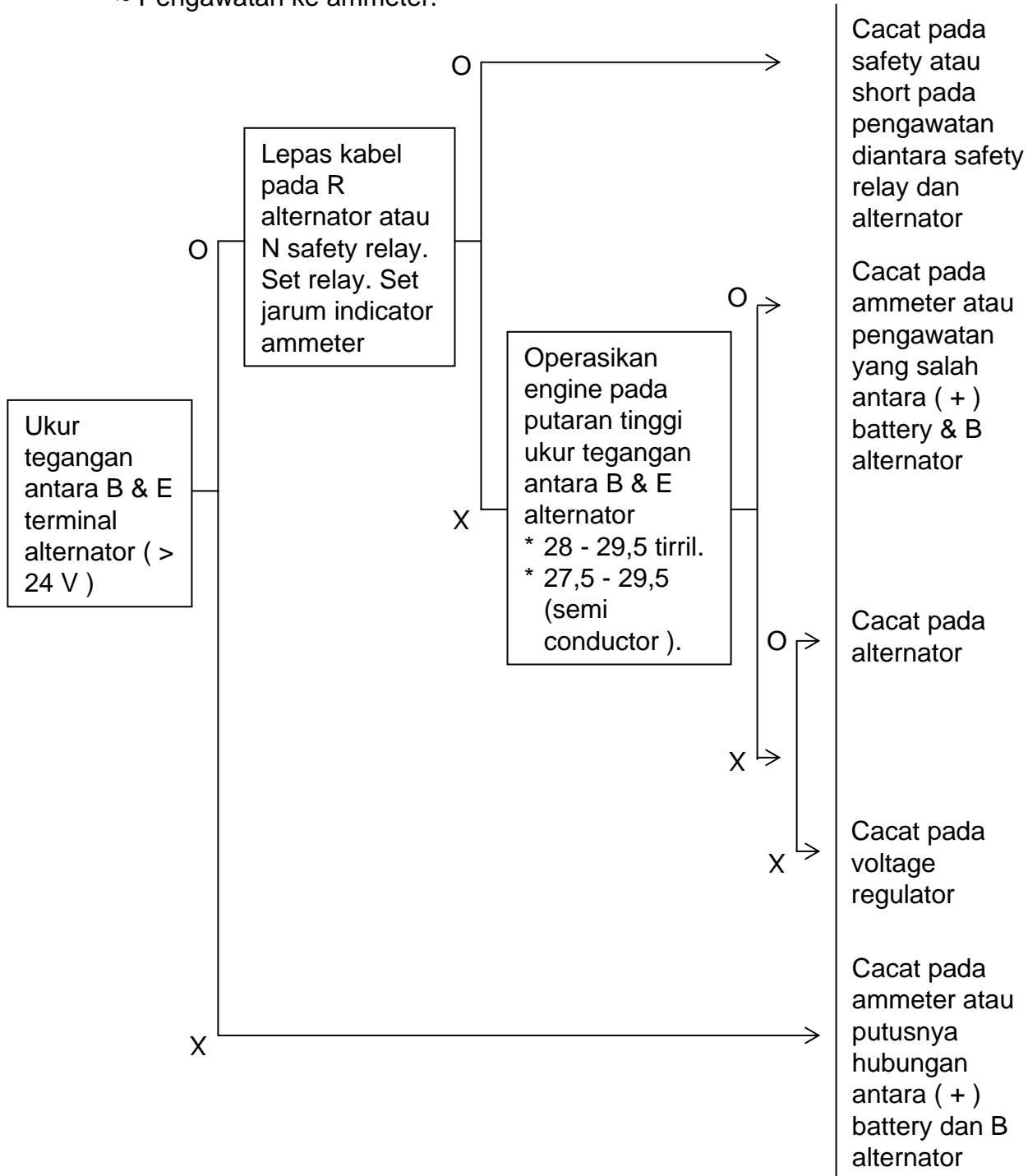


9. Jarum ammeter menunjuk arus negatif atau tidak bergerak meskipun putaran engine naik.

- a. Built in type voltage regulator.

Pemeriksaan sebelum trouble shooting :

- ~ Tension V - belt.
- ~ Pengawatan ke ammeter.

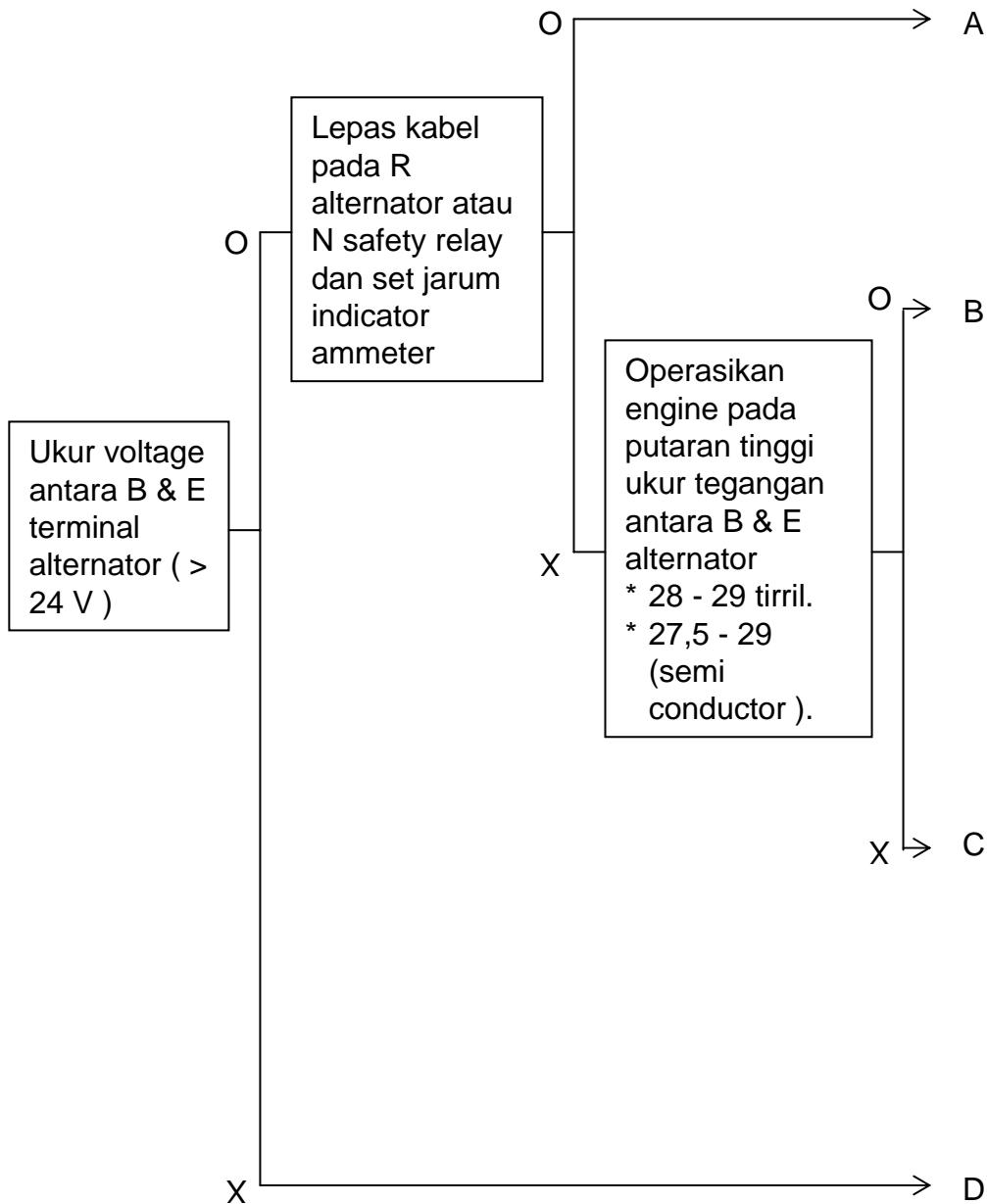




b. Separate type voltage regulator.

Pemeriksaan sebelum trouble shooting :

- ~ Tension V - belt.
- ~ Pengawatan ke ammeter.





A

Cacat pada safety relay atau short pada pengawatan antara safety relay dan alternator

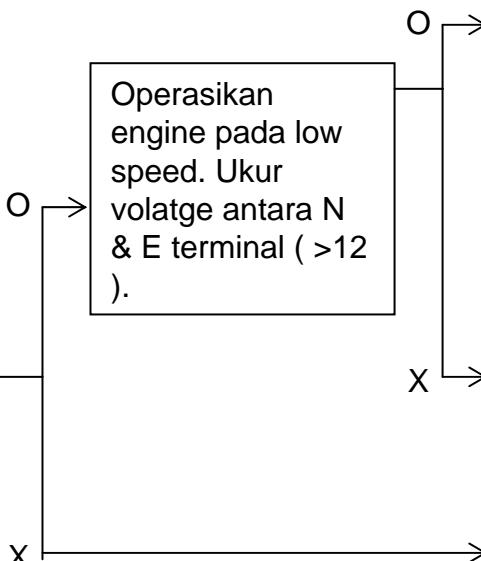
B

Cacat pada ammeter atau putusnya kabel antara (+) battery dan B battery

C

Lepas kabel F, B N alternator dan hubungkan B dengan F, set gerakan jarum ammeter dengan mengoperasikan engine pada low sampai middle speed.

Operasikan engine pada low speed. Ukur volatge antara N & E terminal ( $>12$  ).



Cacat pada regulator atau pengawatan yang salah antara voltage regulator dan alternator

Cacat pada alternator

Cacat pada alternator

D

Cacat pada ammeter atau putusnya kabel antara (+) battery dan alternator



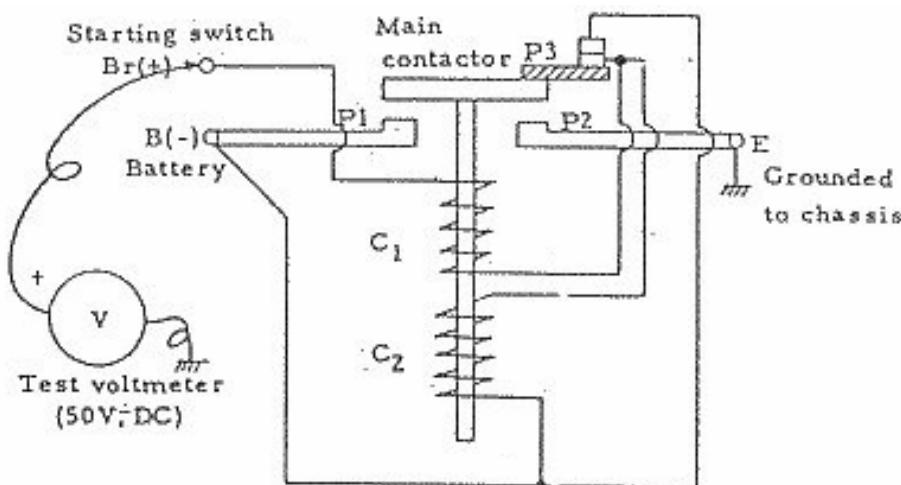
## A. STARTING SYSTEM.

1. Starting motor posisi " start " tetapi starting motor tidak mau berputar.

### a. Battery Relay Switch 3 Terminal.

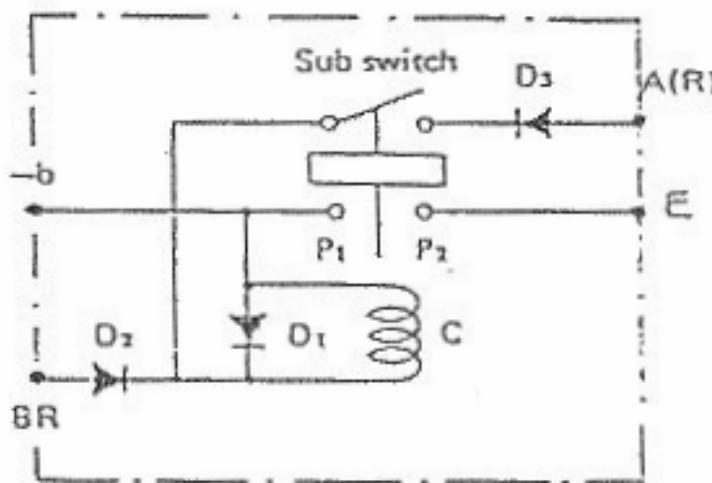
Prosedur pemeriksaan :

Step 1. Putar starting switch pada posisi " ON ", kemudian periksa tegangan pada masing - masing terminal dari battery relay switch ( Br dengan E ).



Gbr. XIV - 1. Pemeriksaan battery relay switch 3 terminal.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk 24 v dan berbunyi ceklok. 2. Voltmeter menunjuk 24 v tapi battery relay switch tidak bekerja.	1. Rangkaian dari battery yang melalui starting switch ke battery relay switch dalam kondisi baik. 1. P3 kontrol point tidak sempurna. 2. C1 coil terbakar atau putus. 3. Hub.ground pada terminal E terputus.

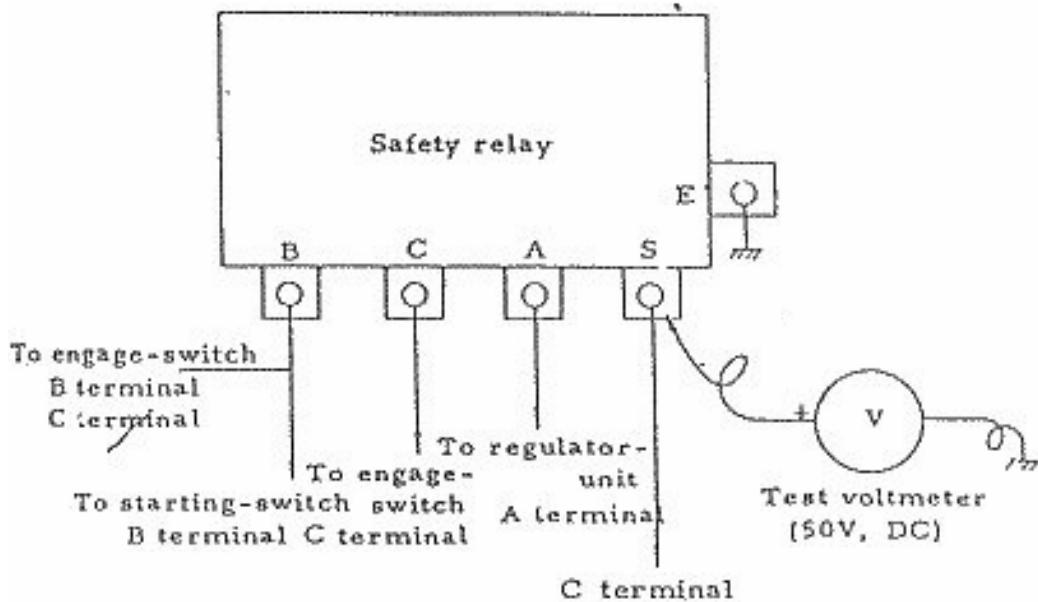
**b. Battery Relay Switch 4 Terminal.**

Gbr. XIV - 2. Pemeriksaan battery relay switch 4 terminal.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk 24 V dan antara BR dan E. 2. Tidak ada tegangan antara R - E. 3. Voltmeter menunjuk 24 V antara R - E. 4. Tidak ada tegangan antara terminal Br - E.	2. Rangkaian dari battery yang melalui starting switch ke battery relay switch dalam kondisi baik. 1. D3 dalam keadaan baik. 1. Berarti diode D3 rusak menjadi konduktor. 1. Starting switch kontaknya sudah rusak. 2. Kabel penghubung antara starting switch dan battery relay switch putus. 3. Kabel penghubung ke ground ( E ) terputus.
5. Tidak ada tegangan pada terminal Br - E.	1. Kontak yang tidak batal pada Starting switch yang menghubungkan terminal B dan Br. 2. Rangkaian yang salah antara starting switch & battery switch. 3. Kabel dari terminal C starting switch putus / lepas.



Step 2 : Putar starting switch pada posisi " START ", kemudian periksa tegangan antara terminal C dan ground.

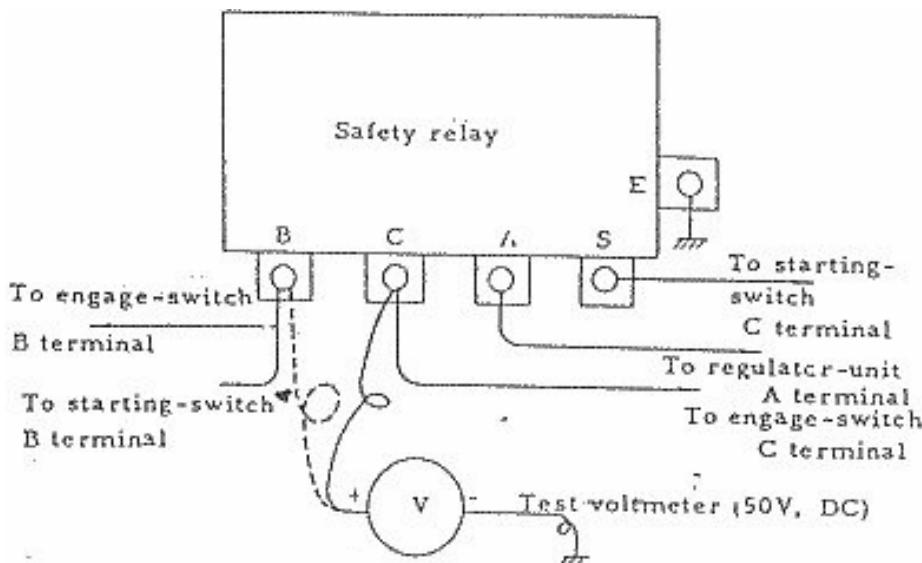


Gbr. XIV - 3. Pemeriksaan safety relay.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk 24 V.	1. Kondisi starting switch baik. 2. Rangkaian dari battery ke terminal S dari safety relay dalam kondisi baik.
2. Voltmeter menunjuk + 10 V.	1. Starting switch rusak ( abnormal ). 2. Putusnya hubungan pada rangkaian. 3. Battery discharged ( isi battery kurang ).
3. Tidak ada tegangan	1. Starting switch rusak. 2. Rangkaian terputus.



Step 3 : Periksa voltage terminal B dan C [pada safety relay ( Starting switch posisi " start )].

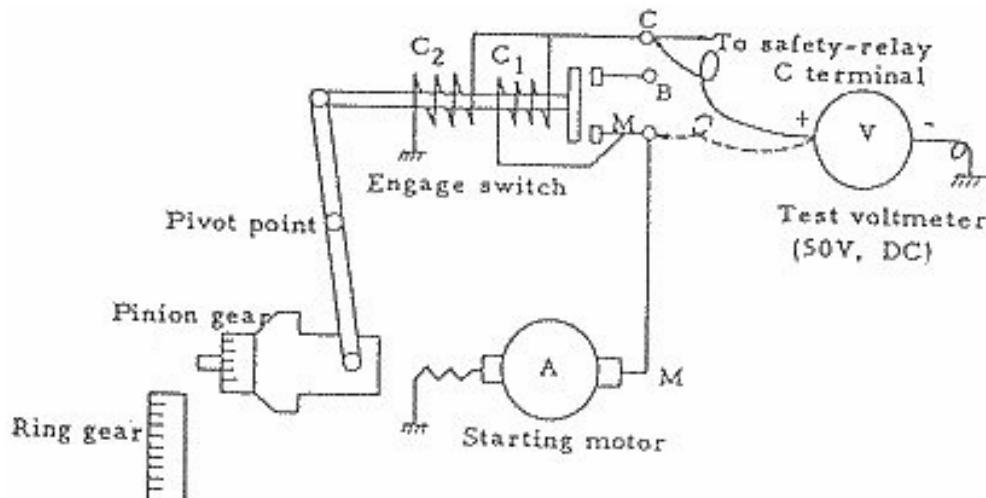


Gbr. XIV - 4. Pemeriksaan safety relay.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter terminal B 24 V. 2. Tidak ada voltage pada terminal B.	1. Rangkaian dari battery ke terminal B dalam kondisi baik. 1. Terlepasnya hubungan dari rangkaian ( terminal battery ). 2. Rangkaian terputus ( kabelnya ).
3. Tidak ada voltage pada terminal C.	1. Kontak point dari switch tidak sempurna. 2. Rangkaian C1 coil terputus . ( Gbr. XIV - 1 ) tahanan C1 terlalu tinggi. 3. Ground tidak sempurna.



Step 4 : Starting switch tetap pada posisi " START ", kemudian periksa voltage terminal C dan M pada magnetic switch.



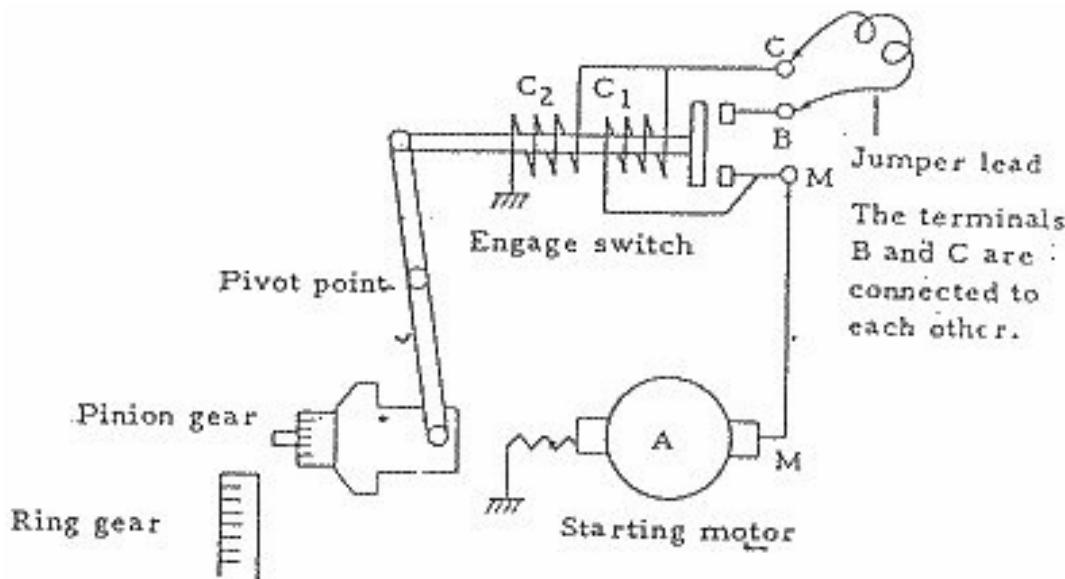
Gbr. XIV - 5. Pemeriksaan magnetic switch.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk 24 V pada terminal C 24 V.	1. Rangkaian dari battery ke terminal C yang melalui starting switch dan battery switch dalam kondisi baik.
2. Tidak ada tegangan pada terminal C.	1. Rangkaian terputus. 2. Hubungan terlepas dan kontak point jelek pada RS switch. 3. C1 dan C2 coil dari safety relay tidak rusak.
3. Voltmeter menunjuk 24 V antara R - E.	1. C1 & C2 coil terputus. 2. Putusnya hubungan dalam rangkaian C1 coil circuit.
4. Tidak ada tegangan pada terminal M.	



□ Prosedur pemeriksaan :

Hubungkan terminal C dan m dari magnetic switch dengan sebuah kabel, putar starting switch pada posisi "ON" dan bila magnetic switch bekerja, teliti gerakan pinion clutch.



Gbr. XIV - 6. Pengetesan pinion clutch.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Pinion clutch bergetar.	1. C2 coil dari magnetic switch putus atau tahanannya tinggi
2. Pinion clutch tidak bergetar.	1. Safety relay rusak. 2. Rangkaian dynamo atau brush rusak / habis. 3. Plunger keluar dari adjusment.

c. Pinion bergesekan dengan ring gear saat berhubungan.

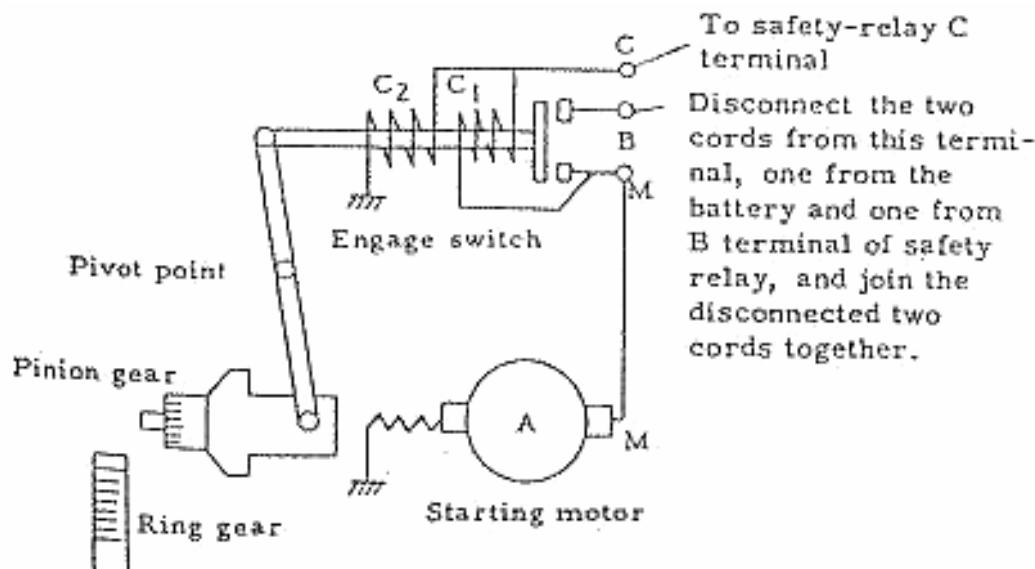
\_\_\_\_\_ Kemungkinan penyebab dari masalah seperti ini adalah :

- ~ Ujung gigi rusak, clipped atau kerusakan dianatara kedua gigi pinion dan ring gear.
- ~ Starting motor tidak terpasang dengan baik, akibatnya pinion tidak lurus.
- ~ Modul gigi pinion dan ring gear tidak sama.



Prosedur pemeriksaan :

Hubungkan terminal C dan m dari magnetic switch dengan sebuah



Gbr. XIV - 7. Pengetesan magnetic switch.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Pinion clutch menggesek ring. 2. Pinion berhubungan dengan ring gear tanpa gesekan.	1. Pinion dan / atau ring gear rusak ujung giginya. 2. Modul gigi pinion dan ring gear berbeda.
	1. Pinion relatif tidak lurus terhadap ring gear. 2. Plunger magnetic switch keluar dari adjustment.

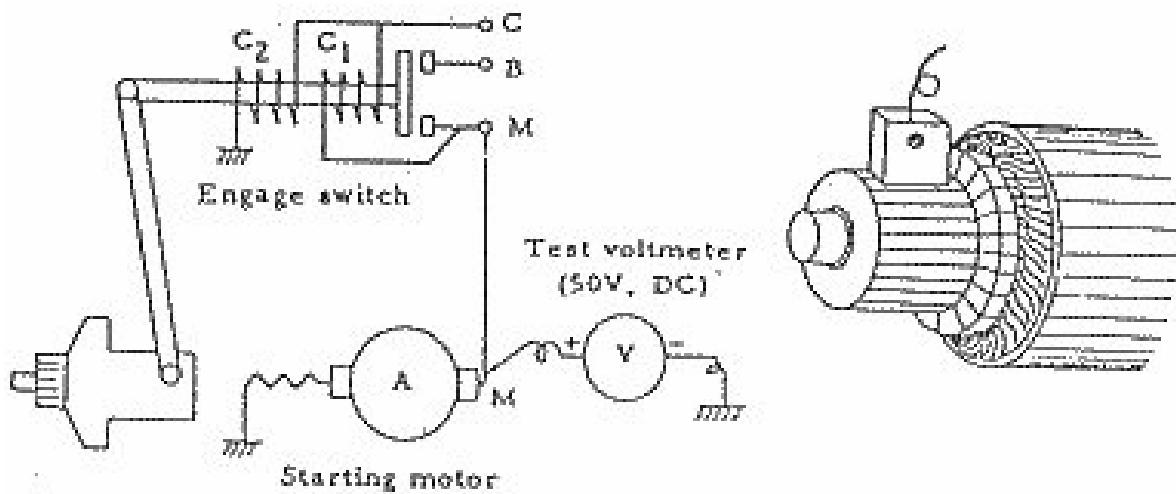
**d. Starting motor tidak cukup kuat untuk proses starting.**

Prosedur pemeriksaan :

Hubungkan volt meter dianatara terminal M starting motor dan ground, dan ukur tegangannya ( voltagenya ). Tegangan ini akan terbaca selama starting motor berputar dan engine pada keadaan discompresi. Jika tegangan cukuo tinggi, periksa brush starting motor.



Lihat gambar berikut ini :



Gbr. XIV - 8. Pemeriksaan tegangan terminal M - E  
dan kebenaran duduknya brush.

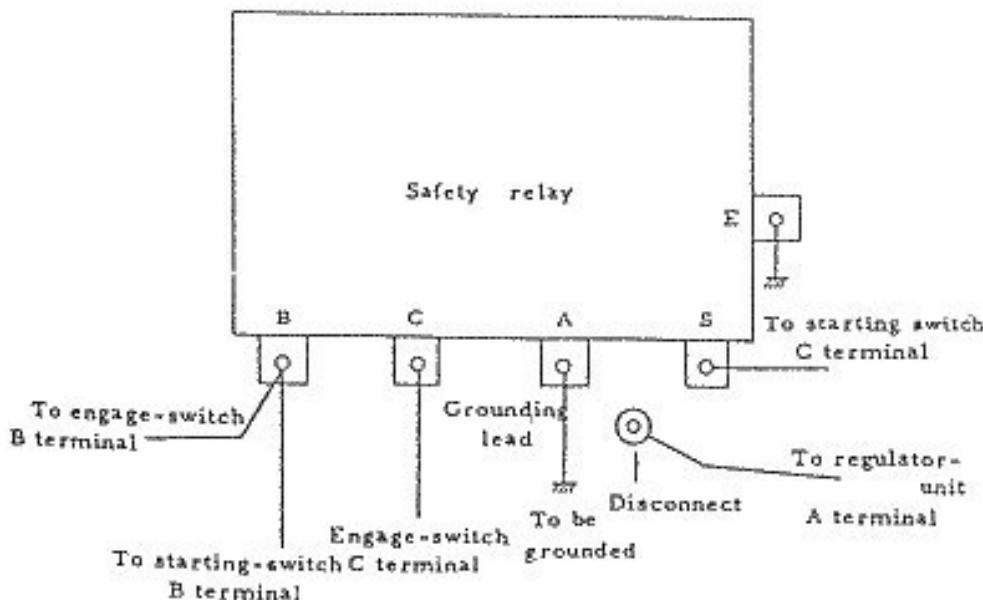
Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltage menunjuk minimal 18 volt antara terminal M dan E ( ground ).	1. Starting motor tidak dapat aliran listrik. 2. Hambatan putar engine yang terlalu tinggi. 3. Ground battery relay switch yang melalui terminal E kurang kuat atau main contactor ( kontak point ), tidak tertutup dengan sempurna. 4. Brush tidak tepat kedudukannya.
2. Voltmeter menunjuk lebih rendah dari 18 volt.	1. Isi battery berkurang ( habis ). 2. Terlepasnya hubungan atau tahanan yang terlalu tinggi dalam sirkuit yang ke starting motor. 3. Terlepasnya hubungan terminal pada battery ( kabel kendor )

**e. Pinion terlempar keluar sebelum engine hidup.**

Kemungkinan penyebab utamanya adalah pada safety relay. Bila gerakan dari compression release lever ke posisi operasi menyebabkan pinion segera terlempar keluar, maka penyebabnya karena isi battery kurang dan tidak sanggup menyuplai arus yang cukup untuk memutar engine.

**□ Prosedur pemeriksaan :**

Lepaskan kabel dari terminal A safety relay dan ground-kan terminal A ini dengan sebuah kabel. Operasikan starting switch untuk memutar engine dan lihat gerakan pinion.

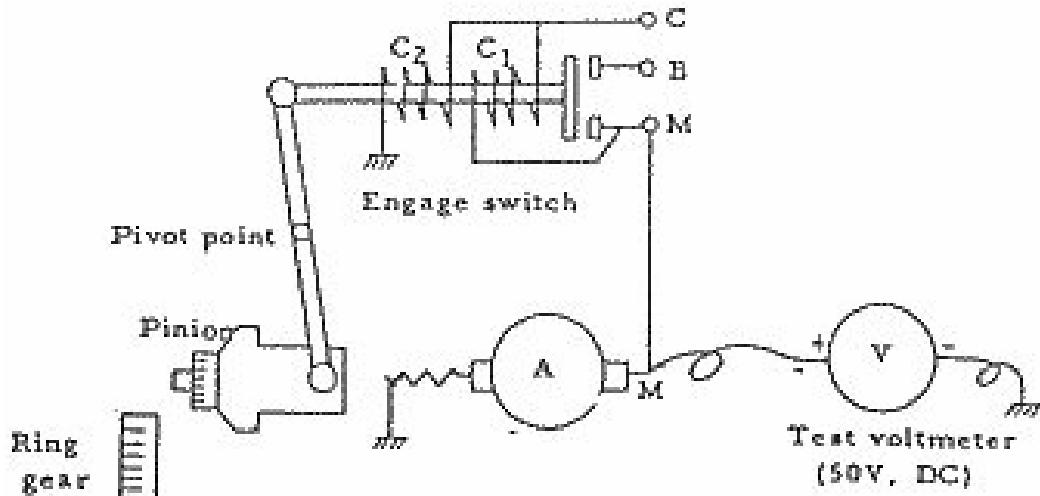


Gbr. XIV - 9. Pemeriksaan setting safety relay.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Engine hidup dan proses start sempurna pinion tidak terlempar keluar.	1. Safety relay salah operasi karena settingnya yang salah. 2. Battery habis.

**F. Pinion tetap berhubungan dengan ring gear setelah proses start.****□ Prosedur pengetesan :**

Hubungkan voltmeter diantara terminal M starting motor dan ground, kemudian start engine, jaga agar starting switch tetap pada posisi start. Kemudian putar kembali starting switch pada posisi " OFF ".



Gbr. XIV - 10. Pengetesan starting sistem.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Pinion tertarik keluar kembali secara normal. 2. Pinion tetap berhubungan dengan ring gear.	1. Coil dalam magnetic switch rusak. 2. RS switch dalam safety relay switch.  1. Starting switch cacat. 2. Bearing pinion rusak. 3. Shift lever cacat. 4. Clip ring atau shift ring retainer dari pinion clutch. 5. Gigi pinion & ring gear rusak.



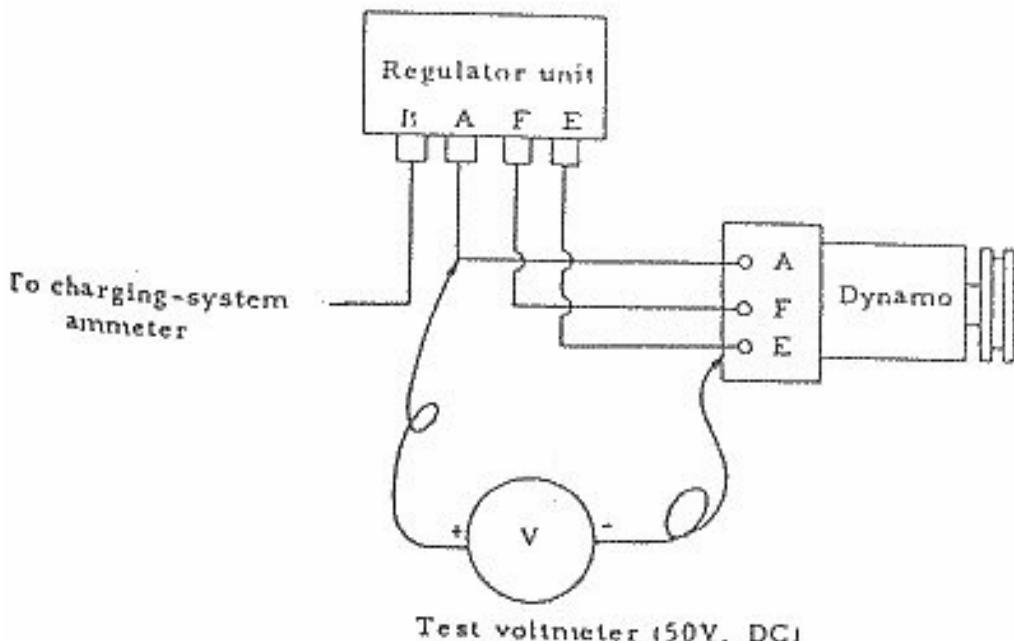
## B. CHARGING SYSTEM ( DC GENERATOR ).

### 1. Tidak Ada Arus Yang Dihasilkan.

- a. Jarum ammeter tidak menunjuk ke sisi ( + ), meskipun engine berputar cepat.

Prosedur pemeriksaan :

Step 1. Pasang voltmeter antara terminal A dan E dari dynamo atau regulator, hidupkan engine dan baca voltmeternya.

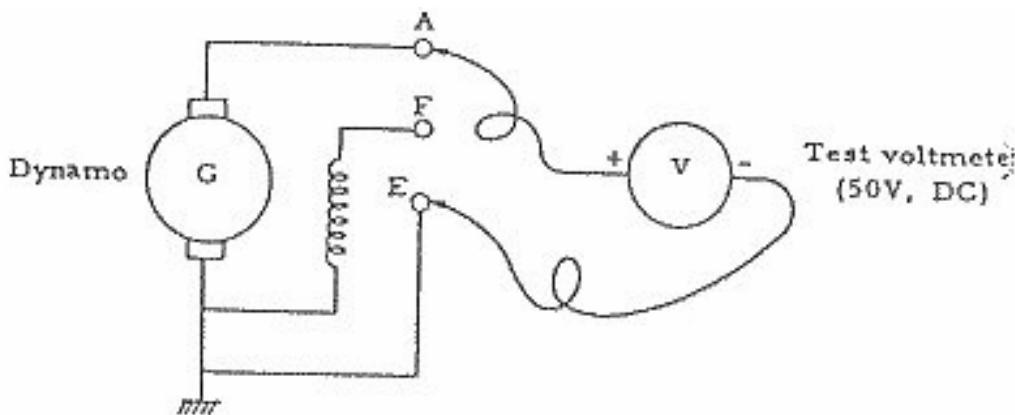


Gbr. XIV - 11. Pengukuran tegangan dynamo.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk 26 V s/d 30 V.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rangkaian charging putus.</li><li>2. Kontak point cut - out relay terbakar atau rusak.</li><li>3. Terputusnya kabel pada terminal ammeter atau battery.</li><li>4. Battery relay switch rusak.</li></ol>
2. Tidak ada tegangan ( Voltage kecil ).	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Jika tidak ada tegangan berarti rangkaian pada dynamo ( armature ) tidak normal.</li><li>2. Jika tegangan yang dihasilkan sampai 4 volt, berarti rangkaian field coilnya tidak beres / tidak normal.</li></ol>



Step 2. Hubungkan voltmeter seperti terlihat pada gambar dibawah ini, kemudian ukur tegangan dynamo.



Gbr. XIV - 12. Pemeriksaan tegangan dynamo.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk tertinggi sampai 20 V. 2. Tegangan kecil atau tidak ada sama sekali.	1. Kondisi dynamo baik. 2. Kontak point cut - out relay cacat. 3. Setting kontak point cut - out relay terlalu tinggi.  1. Armatur rusak ( short ). 2. Jika voltmeter menunjuk sampai 5 volt, field coil putus ( sebagian ).

## 2. Tidak Ada Pengisian Battery.

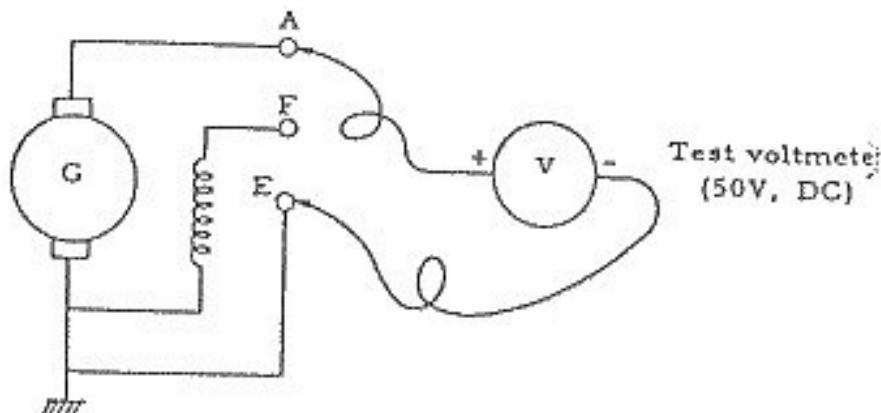
- a. Jarum ammeter tetap pada posisi ( - ), meskipun putaran engine normal.

Prosedur pemeriksaan :

Step 1. Hubungkan voltmeter antara terminal A dan E dari dynamo. Hidupkan engine dan tahan putaran engine lebih kurang 1500 rpm. Kemudian baca voltmeter.



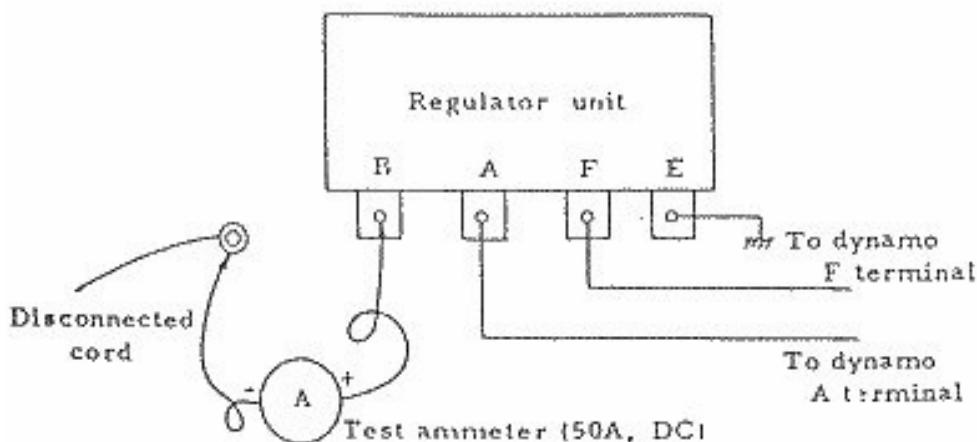
Lihat gambar berikut ini :



Gbr. XIV - 13. Pengukuran voltage dynamo.

Hasil Pengukuran	Analisa
1. Voltmeter menunjuk sampai 26 V.	1. Rangkaian ada yang terputus. 2. Cut - out relay cacat. 3. Kontak point dari cut - out relay kotor.
2. Voltmeter menunjuk sampai 20 V.	1. Sabuk penggerak slip. 2. Voltage regulator setting terlalu rendah.

Step 2. Hubungkan sebuah ammeter antara battery dan terminal B dari regulator. Lepaskan semua beban listrik, hidupkan engine dan tahan pada putaran lebih kurang 1500 rpm. Lihat gambar berikut ini :



Gbr. XIV - 14. Pengukuran ampere pada regulator

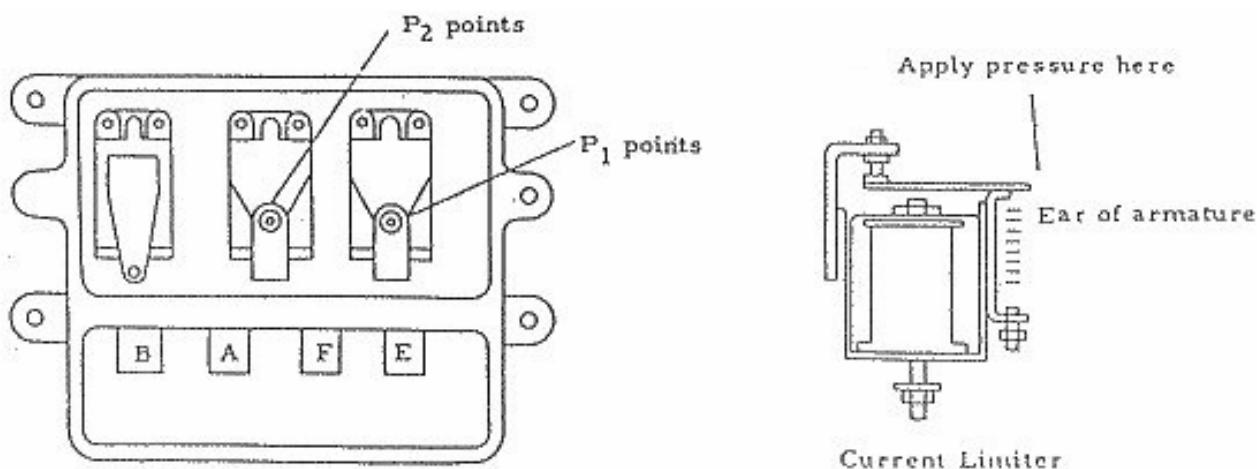


Hasil Pengukuran	Analisa
1. Ammeter menunjuk 13 Ampere.	1. Current limiter regulator masih baik. 2. Beban ( electrical load ) terlalu besar.
2. Ammeter menunjuk lebih kurang 5 Ampere.	1. Sabuk penggerak dynamo slip. 2. Current limiter tidak sesuai. 3. Setting voltage regulator tidak sesuai.
3. Tidak ada arus.	1. Setting Current limiter tidak sesuai. 2. Kontak point cut out relay kotor ( rusak ). 3. Terputusnya kabel rangkaian.

**b. Jarum ammeter bergetar, meskipun putaran engine konstan dan beban tetap ( steady ).**

Prosedur pemeriksaan :

Perbaiki kontak point P1 dan P2. Hidupkan engine dengan kecepatan tidak lebih dari 100 rpm untuk mengisi battery. Selaam proses pengisian ( tanpa beban ) jarum ammeter seharusnya tidak bergetar. Jika jarum bergetar, tekan armature dari voltage regulator dengan ujung jari dan lihat jarum ammeternya. Lihat gambar berikut ini :



Gbr. XIV - 15. Penyetelan kontak point regulator.



Hasil Pengukuran	A n a l i s a
1. Jarum ammeter masih bergetar, meskipun kontak point voltage regulator sudah ditekan dengan jari.	1. Control resistor rusak. 2. Gap ( celah ) dari kontak point voltage regulator terlalu besar. 3. Ground regulator unit kurang. 4. Field coil dinamo putus. 5. Terputusnya sirkuit.

### c. Battery Overcharging.

Battery overcharging ini biasanya hanya disebabkan oleh regulator, yang mana voltage regulator dan current limiter tidak sesuai penyetelannya ( adjustment ). Lebih khusus lagi, bila voltage regulator dan current limiter lebih tinggi dari pada spesifiknya, battery cenderung menjadi overcharging system, kecendrungan overcharged battery akan menyebabkan dynamo ( alternator ) terbakar karena over current. Jadi bila battery overcharged pada umumnya tidak hanya pada adjust voltage regulator dan current limiter tapi juga mengecheck kondisi circuit dalam ynamo / alternator.