



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
REPUBLIK INDONESIA  
2013



# KELISTRIKAN MESIN



KELAS

**X**

SEMESTER 1

# **KELISTRIKAN MESIN**

Kode: TM-KM/KEN 1

**(Kelas X-Semester 1)**

Disusun Oleh:

**DRS. MASAGUS S. RIZAL**



**DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN**

**DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**2013**

## KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi mengetahui, ketrampilan dan sikap secara utuh, proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirancang sebagai kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut

Sesuai dengan konsep kurikulum 2013 buku ini disusun mengacu pada pembelajaran *scientific approach*, sehingga setiap pengetahuan yang diajarkan, akan dilanjutkan sampai siswa dapat membuat dan terampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak serta bersikap sebagai mahluk yang mensyukuri anugerah Tuhan akan alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui kehidupan yang mereka hadapi.

Kegiatan pembelajaran yang dilakukan siswa dengan buku teks bahan ajar ini pada hanyalah usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan, sedangkan usaha maksimalnya siswa harus menggali informasi yang lebih luas melalui kerja kelompok, diskusi dan mengumpulkan berbagai informasi dari sumber sumber lain yang berkaitan dengan materi yang disampaikan.

Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, siswa diminta untuk menggali dan mencari atau menemukan suatu konsep dari sumber sumber yang pengetahuan yang sedang dipelajarinya, Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pembelajaran pada buku ini. Guru dapat memperkaya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dai lingkungan sosial dan alam sekitarnya

Sebagai edisi pertama, buku teks bahan ajar ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaannya, untuk itu kami mengundang para pembaca dapat memberikan saran dan kritik serta masukannya untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan banyak terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan hal yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi emas dimasa mendatang.

Cimahi Desember 2013

Penyusun,

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL.....	v
PERISTILAHAN/GLOSSARY.....	vi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Deskripsi.....	1
B. Prasyarat.....	2
C. Petunjuk Penggunaan.....	2
D. Tujuan Akhir.....	4
E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar.....	5
F. Cek Kemampuan.....	7
BAB II.....	9
PEMBELAJARAN.....	9
A. Deskripsi.....	9
B. Kegiatan Belajar.....	9
1. Kegiatan Belajar 1 : Mengukur Tegangan, Tahanan dan Arus Listrik.....	9
a. Tujuan Kegiatan Belajar.....	9
b. Uraian Materi.....	9
c. Rangkuman 1.....	23
d. Tugas 1.....	23
e. Test Formatif 1.....	23
f. Kunci Jawaban Formatif 1.....	24
g. Lembar Kerja 1.....	27
h. Tugas 1.....	29
2. Kegiatan Belajar 2 : Merangkai Hubungan Seri, Paralel dan Kombinasi.....	30
a. Tujuan Kegiatan Belajar.....	30
b. Uraian Materi 2.....	30
c. Rangkuman 2.....	39
d. Tugas 2.....	40
e. Test Formatif 2.....	40

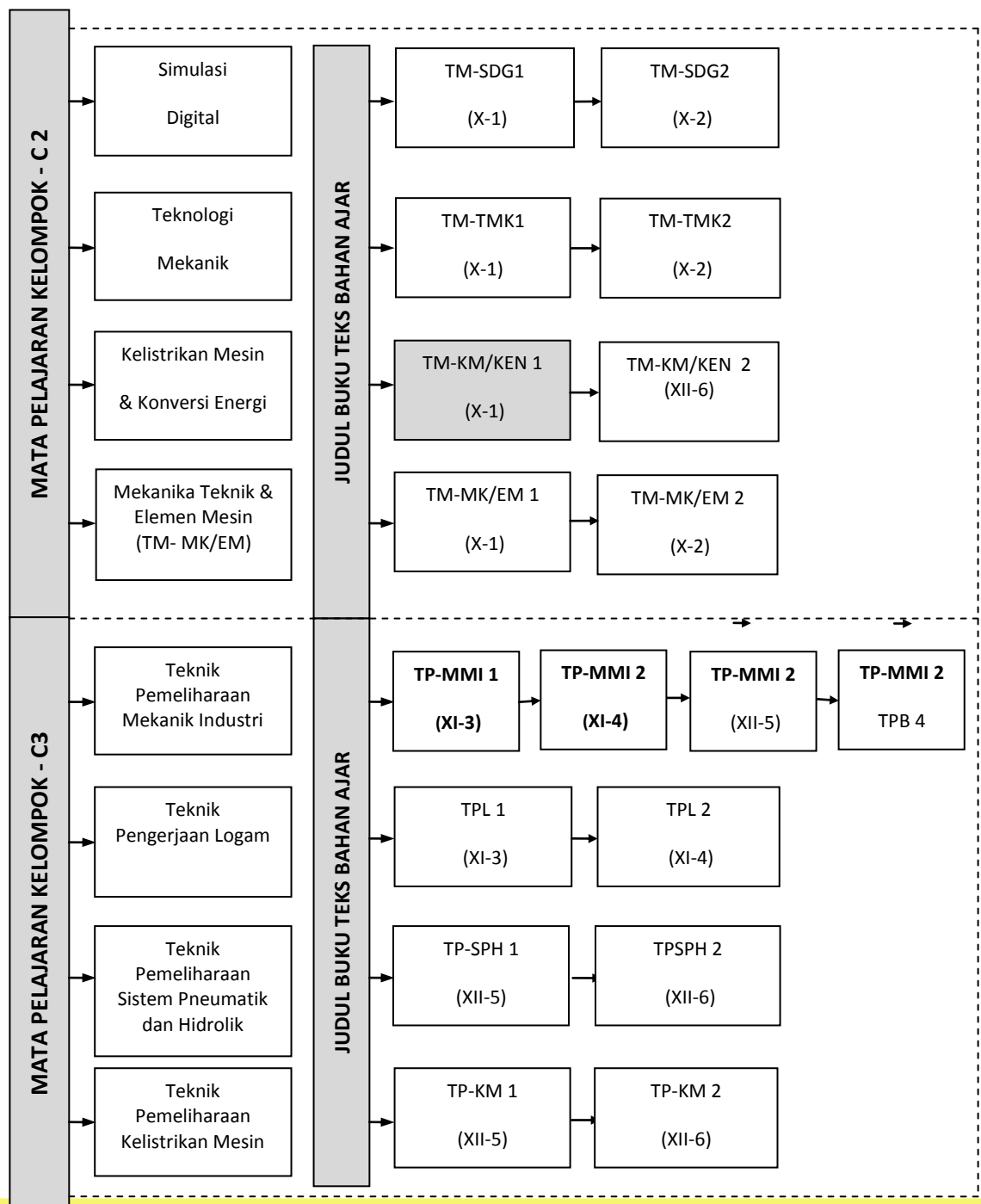
f.	Kunci Jawaban Formatif 2 .....	41
g.	Tugas: .....	45
h.	Lembar Kerja 2b : Merangkai Paralel .....	45
i.	Lembar Kerja 2c : Merangkai Kombinasi .....	47
3.	Kegiatan Belajar 3: Mendemonstrasikan penggunaan magnet.....	49
a.	Tujuan : Setelah mempelajari modul ini siswa harus dapat: .....	49
b.	Uraian materi kegiatan belajar 3.....	50
c.	Rangkuman kegiatan belajar 3 .....	59
d.	Tugas kegiatan belajar 3.....	60
e.	Test formatif kegiatan belajar 3 .....	60
f.	Kunci Jawaban Formatif Kegiatan Belajar 3 .....	60
g.	Lembar Kerja 3.....	61
4.	Kegiatan Belajar 4 : Mendemonstrasikan timbulnya induksi sendiri dan mutual pada kemagnitan.....	63
a.	Tujuan Kegiatan Belajar 4 : Setelah mempelajari modul ini siswa dapat: .....	63
b.	Uraian materi kegiatan belajar 4.....	64
c.	Rangkuman kegiatan belajar 4 .....	74
d.	Tugas kegiatan belajar 4.....	74
e.	Test Formatif kegiatan belajar 4.....	75
f.	Kunci Jawaban Formatif kegiatan belajar 4.....	75
g.	Lembar Kerja kegiatan belajar 4.....	76
h.	Tugas: .....	78
5.	Kegiatan Belajar 5 : Menggunakan <i>electric wire</i> .....	79
a.	Tujuan Kegiatan Belajar 5: Setelah mempelajari modul ini siswa dapat: .....	79
b.	Uraian materi kegiatan belajar 5.....	79
c.	Rangkuman kegiatan belajar 5 .....	86
d.	Tugas kegiatan belajar 5.....	87
e.	Test formatif kegiatan belajar 5 .....	87
f.	Kunci jawaban formatif kegiatan belajar 5.....	88
g.	Lembar kerja kegiatan belajar 5 .....	88
6.	Kegiatan 6: Menggunakan Wire Conector .....	91
a.	Tujuan Kegiatan Belajar 6 : Setelah membaca modul ini siswa dapat:.....	91
b.	Uraian Materi 6 .....	91
c.	Rangkuman 6.....	95

d.	Tugas 6.....	95
e.	Test Formatif 6 .....	95
f.	Kunci Jawaban Formatif 6 .....	96
g.	Lembar Kerja 6.....	96
h.	Tugas: .....	98
7.	Kegiatan Belajar 7 : Menggunakan Multi Meter .....	99
a.	Tujuan kegiatan belajar 7 : Setelah mempelajari modul ini, siswa dapat:.....	99
b.	Uraian materi kegiatan belajar 7 .....	99
c.	Rangkuman kegiatan belajar 7 .....	105
d.	Tugas kegiatan belajar 7 .....	106
e.	Test formatif kegiatan belajar 7 .....	106
f.	Kunci jawaban formatif kegiatan belajar 7.....	106
g.	Lembar kerja kegiatan belajar 7 .....	107
BAB III	.....	110
EVALUASI	.....	110
A.	EVALUASI .....	110
B.	KUNCI JAWABAN.....	111
C.	KRITERIA KELULUSAN.....	113
BAB IV	.....	114
PENUTUP	.....	114
DAFTAR PUSTAKA	.....	115

## PETA KEDUDUKAN MODUL

### A. Diagram Pencapaian Kompetensi

Diagram ini menunjukkan tahapan atau tata urutan pencapaian kompetensi yang dilatihkan pada peserta diklat dalam kurun waktu tiga tahun, serta kemungkinan multi entry–multi exit yang dapat diterapkan.



## PERISTILAHAN/GLOSSARY

**Aliran konvensional** adalah aliran dalam sirkuit luar dari terminal positif ke terminal negative.

**Alnico** adalah logam khusus yang digunakan untuk membuat magnet tetap.

**Arah arus** adalah aliran arus adalah sebuah arah.

**Bahan- bahan magnet** adalah bahan-bahan seperti besi, baja, kobalt, nikel yang tertarik magnet.

**Coil** adalah sebuah konduktor lurus yang dibentuk melingkar dengan rapi.

**Daerah anti magnet** adalah batas sekitar satu komponen yang melindungi pengaruh dari medan magnet.

**Electromagnet** adalah sebuah coil yang dibentuk pada sebuah inti besi lunak. Saat berputar melalui coil, inti besi menjadi magnet.

**Flux magnet** adalah jarak melingkar dari sebuah magnet disebut dengan medan magnet dan terbentuk diatas garis gaya-gaya. Garis gaya dalam sebuah medan magnet disebut flux magnet. Flux magnet diukur dalam weber.

**Flux magnet dan garis- garis gaya** adalah jarak magnet dengan sekelilingnya ditentukan dari medan magnet dan dibuat diatas garis-garis gaya. Garis- garis gaya dalam medan magnet ditentukan dari flux magnet. Flux magnet diukur dalam weber.

**Gaya elektromotif (Emf)** adalah gaya yang menyebabkan electron bergerak dalam konduktor. Diukur dalam volt.

**Hukum tangan kanan (untuk konduktor)** adalah pegang konduktor dalam tangan kanan, dengan ujung ibu jari diarahkan ke arah aliran arus. Ujung jari yang lain adalah arah dari medan magnet yang melingkari konduktor.

**Hukum tangan kanan (untuk solenoid)** adalah pegang solenoid dalam tangan kanan anda dengan ujung jari yang lainnya mengarah ke aliran arus ujung jari yang lainnya mengarah ke aliran arus ujung jari mengarah ke kutub utara.

**Kerapatan fluks** adalah jumlah garis gaya magnet pada area sekitar magnet.

**Magnet** adalah bahan yang memiliki daya kemagnetan.

**Medan magnet** adalah daerah sekitar magnet yang terdiri dari garis gaya magnet.

**Kutub magnet** adalah titik penarik maksimum magnet disebut kutub utara dan selatan.

**Magnet alami** adalah magnet yang ditemukan di alam bebas dalam bentuk mineral disebut magnetit.



**Magnet tetap** adalah suatu bahan yang menjadu magnet tetap.

**Magnet residu** adalah magnet yang diperlukan dalam sebuah bahan setelah gaya magnet digerakkan.

**Permeabilitas** adalah kemampuan sebuah bahan untuk menghantarkan garis gaya magnet yang sama dengan utara.

**Kemagnetan sisa** adalah kemagnetan yang tersisa pada suatu benda setelah gaya magnetnya dihilangkan.

**Konduktor** adalah bahan yang dapat dialiri arus listrik yang diijinkan. Konduktor dalam sirkuit kelistrikan digunakan mengaliri arus pengisian ke beban.

**Kutub** adalah daerah magnet dimana sifat kemagnetannya dipusatkan ditentukan dari kutub. Satu disebut kutub utara dan yang lainnya disebut kutub selatan.

**Kutub magnet** adalah daerah dalam sebuah magnet dimana magnet dipusatkan disebut kutub. Satu disebut kutub utara dan lainnya disebut kutub selatan.

**Reluktansi** adalah lawan garis gaya yang melalui suatu bahan.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Deskripsi**

Modul Kelistrikan Mesin dan Konversi Energi dengan kode “TM-KM/KEN 1” berisi materi dan informasi tentang dasar listrik, arus, tegangan, tahanan, hukum Ohm, daya listrik. Pada modul ini juga mengungkap tentang rangkaian kelistrikan yaitu rangkaian seri, paralel dan kombinasi, serta masalah magnet dan induksi. Materi diuraikan dengan pendekatan saintifik dan praktis disertai ilustrasi yang cukup agar siswa mudah memahami bahasan yang disampaikan.

Modul ini disusun dalam 7 kegiatan belajar. Kegiatan belajar 1: Mengukur tegangan, arus dan tahanan, kegiatan belajar 2: Merangkai hubungan seri, paralel dan kombinasi, kegiatan belajar 3: Mendemonstrasikan penggunaan magnet, Kegiatan belajar 4 : Mendemonstrasikan timbulnya induksi sendiri/ mutual induction, kegiatan belajar 5: menggunakan Electric Wire, kegiatan belajar 6: Menggunakan electrical wire conector dan kegiatan belajar 7: Multimeter.

Setiap kegiatan belajar berisi tujuan, materi, dan diakhir materi disampaikan rangkuman yang memuat intisari materai, dilanjutkan test formatif. Setiap siswa harus mengerjakan test tersebut sebagai indicator penguasaan materi, jawaban test kemudian diklarifikasi dengan kunci jawaban. Guna melatih keterampilan dan sikap kerja yang benar setiap siswa dapat berlatih dengan pedoman lembar kerja yang ada.

Diakhir modul terdapat evaluasi sebagai uji kompetensi siswa. Uji kompetensi dilakukan secara teoritis dan praktik. Uji teoritis dengan siswa menjawab pertanyaan yang pada soal evaluasi, sedangkan uji praktik dengan meminta siswa mendemonstrasikan kompetensi yang harus dimiliki dan guru/instruktur menilai berdasarkan lembar observasi yang ada.

## **B. Prasyarat**

Modul ini merupakan kompetensi dasar dalam bidang kelistrikan mesin dan konversi energy, sehingga tidak menuntut prasyarat untuk mempelajarinya.

## **C. Petunjuk Penggunaan**

### **1. Petunjuk Bagi Siswa**

- a. Lakukan cek kemampuan untuk mengetahui kemampuan awal yang anda kuasai, sebelum membaca modul lebih lengkap.
- b. Bacalah modul secara seksama pada setiap kegiatan belajar, bila ada uraian yang kurang jelas silakan bertanya pada guru/ instruktur.
- c. Kerjakan setiap test formatif pada setiap kegiatan belajar, untuk mengetahui seberapa besar pemahaman saudara terhadap materi yang disampaikan, klarifikasi hasil jawaban saudara pada kumpulan lembar jawaban yang ada.
- d. Lakukan latihan setiap sub kompetensi sesuai dengan lembar kerja yang ada.
- e. Perhatikan petunjuk keselamatan kerja dan pertolongan pertama bila terjadi kecelakaan kerja yang termuat pada lembar kerja.
- f. Lakukan latihan dengan cermat, teliti dan hati-hati. Jangan melakukan pekerjaan yang belum anda pahami dengan benar.
- g. Bila saudara merasa siap mintalah guru/instruktur untuk menguji kompetensi saudara.

### **2. Petunjuk Bagi Guru/Istruktur**

Guru/ intruktur bertindak sebagai fasilitator, motivator, organisator dan evaluator. Jadi guru/instruktur berperan:

- a. Fasilitator yaitu menyediakan fasilitas berupa informasi, bahan, alat, training obyek dan media yang cukup bagi siswa sehingga kompetensi siswa cepat tercapai.
- b. Motivator yaitu memotivasi siswa untuk belajar dengan giat, dan mencapai kompetensi dengan sempurna.
- c. Organisator yaitu bersama siswa menyusun kegiatan belajar dalam mempelajari modul, berlatih keterampilan, memanfaatkan fasilitas dan sumber lain untuk mendukung terpenuhinya kompetensi siswa.

- d. Evaluator yaitu mengevaluasi kegiatan dan perkembangan kompetensi yang dicapai siswa, sehingga dapat menentukan kegiatan selanjutnya.

### **3. Pendekatan Saintifik**

Proses pembelajaran untuk mencapai tujuan, yang dilakukan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk secara aktif menjadi pencari informasi, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Penggunaan metode yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik dan matapelajaran, yang meliputi proses observasi, menanya, mengumpulkan informasi, asosiasi, dan komunikasi. Untuk pembelajaran yang berkenaan dengan KD yang bersifat prosedur untuk melakukan sesuatu, guru memfasilitasi agar peserta didik dapat melakukan pengamatan terhadap pemodelan/demonstrasi oleh guru atau ahli, peserta didik menirukan, selanjutnya guru melakukan pengecekan dan pemberian umpan balik, dan latihan lanjutan kepada peserta didik. Dalam setiap kegiatan guru harus memperhatikan kompetensi yang terkait dengan sikap seperti jujur, teliti, kerja sama, toleransi, disiplin, taat aturan, menghargai pendapat orang lain. Cara pengumpulan data sedapat mungkin relevan dengan jenis data yang dieksplorasi, misalnya di laboratorium/ bengkel, studio, lapangan, perpustakaan, museum, dan sebagainya.

#### **a. Mengamati**

Dalam kegiatan mengamati, guru membuka secara luas dan bervariasi kesempatan peserta didik untuk melakukan pengamatan melalui kegiatan: melihat, menyimak, mendengar, dan membaca. Guru memfasilitasi peserta didik untuk melakukan pengamatan, melatih mereka untuk memperhatikan (melihat, membaca, mendengar) hal yang penting dari suatu fenomena benda atau objek atau tayangan video.

#### **b. Menanya**

Selama kegiatan mengamati, guru membuka kesempatan secara luas kepada peserta didik untuk bertanya mengenai apa yang sudah dilihat, disimak,

dibaca atau dilihat. Guru perlu membimbing peserta didik untuk dapat mengajukan pertanyaan: pertanyaan tentang hasil pengamatan objek yang konkrit sampai kepada yang abstrak berkenaan dengan fakta, konsep, prosedur, atau pun hal lain yang lebih abstrak. Pertanyaan yang bersifat faktual sampai kepada pertanyaan yang bersifat hipotetik.

Dari situasi di mana peserta didik dilatih menggunakan pertanyaan dari guru, masih memerlukan bantuan guru untuk mengajukan pertanyaan sampai ke tingkat di mana peserta didik mampu mengajukan pertanyaan secara mandiri. Dari kegiatan kedua dihasilkan sejumlah pertanyaan. Melalui kegiatan bertanya dikembangkan rasa ingin tahu peserta didik. Semakin terlatih dalam bertanya maka rasa ingin tahu semakin dapat dikembangkan.

Pertanyaan tersebut menjadi dasar untuk mencari informasi yang lebih lanjut dan beragam dari sumber yang ditentukan guru sampai yang ditentukan peserta didik, dari sumber yang tunggal sampai sumber yang beragam.

#### **c. Mengumpulkan dan mengasosiasikan**

Tindak lanjut dari bertanya adalah menggali dan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber melalui berbagai cara. Untuk itu peserta didik dapat membaca buku yang lebih banyak, memperhatikan fenomena atau objek yang lebih teliti, atau bahkan melakukan eksperimen. Dari kegiatan tersebut terkumpul sejumlah informasi.

Informasi tersebut menjadi dasar bagi kegiatan berikutnya yaitu memeroses informasi untuk menemukan keterkaitan satu informasi dengan informasi lainnya, menemukan pola dari keterkaitan informasi dan bahkan mengambil berbagai kesimpulan dari pola yang ditemukan.

#### **d. Mengkomunikasikan hasil**

Kegiatan berikutnya adalah menuliskan atau menceritakan apa yang ditemukan dalam kegiatan mencari informasi, mengasosiasikan dan menemukan pola. Hasil tersebut disampaikan di kelas dan dinilai oleh guru sebagai hasil belajar peserta didik atau kelompok peserta didik tersebut.

### **D. Tujuan Akhir**

Tujuan akhir dari modul ini adalah siswa mempunyai kompetensi:

1. Merangkai hubungan seri, parallel dan gabungan .

2. Mendemonstrasikan penggunaan magnet
3. Mengukur tegangan, tahanan dan arus
4. Mendemonstrasikan timbulnya induksi sendiri dan mutual pada kemagnitan
5. Menggunakan electric wire
6. Menggunakan electric wire connector
7. Menggunakan multimeter

## E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

### KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

#### MATA PELAJARAN DASAR KELISTRIKAN MESIN & KONVERSI ENERGI

KOMPETENSI INTI (KELAS X)	KOMPETENSI DASAR
KI-1  Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Mensyukuri kebesaran ciptaan Tuhan YME dengan mengaplikasikan pengetahuan, keterampilan dan sikap mengenai kelistrikan mesin dan konversi energi dalam kehidupan sehari-hari
	1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai bentuk rasa syukur dalam mengaplikasikan pengetahuan, keterampilan dan sikap mengenai kelistrikan mesin dan konversi energi dalam kehidupan sehari-hari
KI-2  Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam dalam mengaplikasikan pengetahuan, keterampilan dan sikap mengenai kelistrikan mesin dan konversi energi dalam kehidupan sehari-hari .
	2.2 Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam mengaplikasikan pengetahuan, keterampilan dan sikap mengenai kelistrikan mesin dan konversi energi dalam kehidupan sehari-hari .
	2.3 Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan tugas mengaplikasikan pengetahuan,

KOMPETENSI INTI (KELAS X)	KOMPETENSI DASAR
	keterampilan dan sikap mengenai kelistrikan mesin dan konversi energi dalam kehidupan sehari-hari .
KI-3  Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah	3.1 Memahami prinsip-prinsip dasar kelistrikan
	3.2 Memahami rangkaian/sirkuit kelistrikan sederhana
	3.3 Memahami komponen-komponen listrik dan elektronik
	3.4 Memahami mesin listrik
KI-4  Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Menggunakan prinsip prinsip dasar kelistrikan
	4.2 Membuat rangkaian/sirkuit kelistrikan sederhana
	4.3 Menggunakan komponen-komponen listrik dan elektronik
	4.4 Membuat rangkaian kelistrikan mesin

## F. Cek Kemampuan

Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila jawaban "Ya" dikerjakan
		Ya	Tidak	
1. Mengukur tegangan, tahanan dan arus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Saya dapat menggambar struktur benda dan electron bebas dengan benar</li> <li>2) Saya dapat menjelaskan perbedaan listrik statis dengan listrik dinamis dengan benar</li> <li>3) Saya dapat menjelaskan teori aliran listrik dengan benar</li> <li>4) Saya dapat menjelaskan pengertian arus listrik dan cara mengukurnya dengan benar</li> <li>5) Saya dapat menjelaskan pengertian tegangan listrik dan cara mengukurnya dengan benar</li> <li>6) Saya dapat menjelaskan pengertian tahanan listrik dan cara mengukurnya dengan benar</li> <li>7) Saya dapat menjelaskan Hukum Ohm dengan benar</li> <li>8) Saya dapat menjelaskan daya listrik dengan benar</li> </ol>			Test Formatif 1
2. Merangkai hubungan seri, parallel dan gabungan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Saya dapat merangkai seri dua atau lebih komponen dan menentukan tahanan, arus dan tegangannya</li> <li>2) Saya dapat merangkai parallel dua atau lebih komponen dan menentukan tahanan, arus dan tegangannya</li> <li>3) Saya dapat merangkai kombinasi tiga atau lebih komponen dan menentukan tahanan, arus dan tegangannya</li> </ol>			Test Formatif 2

Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila jawaban "Ya" dikerjakan
		Ya	Tidak	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>4) Saya dapat menjelaskan karakteristik rangkaian seri</li> <li>5) Saya dapat menjelaskan karakteristik rangkaian paralel</li> <li>6) Saya dapat menjelaskan karakteristik rangkaian kombinasi</li> </ol>			
3. Mendemonstrasikan penggunaan magnet	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Saya dapat menjelaskan sifat magnet?</li> <li>2) Saya dapat menyebutkan macam magnet berdasarkan asal maupun metode pembuatannya.</li> <li>3) Saya dapat menjelaskan hubungan arah arus dan medan magnet yang dibentuk.</li> <li>4) Saya dapat menjelaskan bagaimana dampak suatu penghantar yang dilalui arus saling berdekatan dimana arah aliran searah dan arah aliran tidak searah.</li> <li>5) Saya dapat menjelaskan pengertian solenoid. Contoh aplikasi solenoid, jelaskan prinsip kerjanya.</li> </ol>			Test Formatif 3



Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila jawaban "Ya" kerjakan
		Ya	Tidak	
4. Mendemonstrasikan timbulnya induksi sendiri dan mutual pada kemagnitan	1) Saya dapat menjelaskan bagaimana terjadinya induksi electromagnet 2) Saya dapat menjelaskan kaedah tangan kanan Fleming 3) Saya dapat menjelaskan prinsip kerja generator DC 4) Saya dapat menjelaskan prinsip kerja generator AC 5) Saya dapat menjelaskan terjadinya induksi diri 6) Saya dapat menjelaskan bagaimana terjadinya induksi bersama 7) Saya dapat menjelaskan kaedah tangan kiri Fleming 8) Saya dapat menjelaskan prinsip kerja motor listrik			Test Formatif 4
5. Menggunakan <i>electric wire</i>	1) Saya dapat menyebutkan macam kabel yang digunakan pada kendaraan 2) Saya dapat mengidentifikasi kode warna yang digunakan pada kabel 3) Saya dapat menentukan ukuran kabel yang digunakan 4) Saya dapat menjelaskan metode memperbaiki kabel			Test formatif 5

Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila jawaban "Ya" kerjakan
		Ya	Tidak	
6. Menggunakan <i>electric wire connector</i>	1) Saya dapat menyebutkan macam <i>Electric wire connector</i> 2) Saya dapat melepas dan memasang <i>Electric wire connector</i> 3) Saya dapat memelihara <i>Electric wire connector</i> 4) Saya dapat mengganti <i>Electric wire connector</i>			Test formatif 6
7. Menggunakan <i>multimeter</i>	1) Saya dapat menentukan jenis multimeter 2) Saya dapat menyebutkan bagian dan fungsi multi meter 3) Saya dapat menggunakan multi meter untuk mengukur tahanan, tegangan dan arus listrik			Test formatif 7

## **BAB II**

### **PEMBELAJARAN**

#### **A. Deskripsi**

Buku teks bahan ajar ini berjudul “**Kelistrikan Mesin dan Konversi Energi 1**” berisi empat bagian utama yaitu: pendahuluan, pembelajaran, evaluasi, dan penutup yang materinya membahas sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk SMK Program Keahlian Teknik Mesin pada Paket Keahlian Teknik Pemeliharaan Mekanik Industri pada kelas XI semester 3. Materi dalam buku teks bahan ajar ini meliputi: dasar listrik, arus, tegangan, tahanan, hukum Ohm, daya listrik. Pada modul ini juga mengungkap tentang rangkaian kelistrikan yaitu rangkaian seri, paralel dan kombinasi, serta masalah magnet dan induksi.

#### **B. Kegiatan Belajar**

##### **1. Kegiatan Belajar 1 : Mengukur Tegangan, Tahanan dan Arus Listrik**

###### **a. Tujuan Kegiatan Belajar.**

Setelah mempelajari modul ini siswa harus dapat :

- 1) Menjelaskan struktur benda dan electron bebas dengan benar.
- 2) Menjelaskan perbedaan listrik statis dengan listrik dinamis dengan benar
- 3) Menjelaskan teori aliran listrik dengan benar
- 4) Menjelaskan tentang arus listrik dan cara mengukurnya dengan benar
- 5) Menjelaskan tentang tegangan listrik dan cara mengukurnya dengan benar
- 6) Menjelaskan tentang tahanan listrik dan cara mengukurnya dengan benar
- 7) Menjelaskan Hukum Ohm dengan benar
- 8) Menjelaskan daya listrik dengan benar

###### **b. Uraian Materi**

Sebelum mempelajari materi mesin bubut standar, lakukan kegiatan sebagai berikut:

### Pengamatan dan Tanya jawab dalam diskusi:

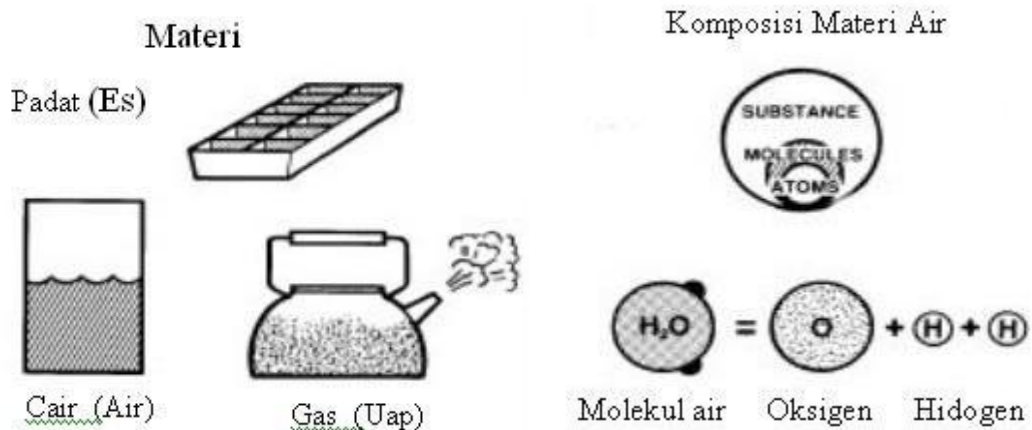
Silahkan mengamati benda-benda yang ada disekitar kita, seperti yang terdapat pada (Gambar 1.1) atau objek lain sejenis disekitar anda (dilingkungan bengkel).

Selanjutnya tugas anda adalah:

1. Berapa macam jenis benda dilihat dari wujudnya ?
2. Sebutkan minimal 3 jenis benda dari masing-masing wujudnya ?
3. Jelaskan unsur kimia apa yang terkandung pada benda tersebut ?

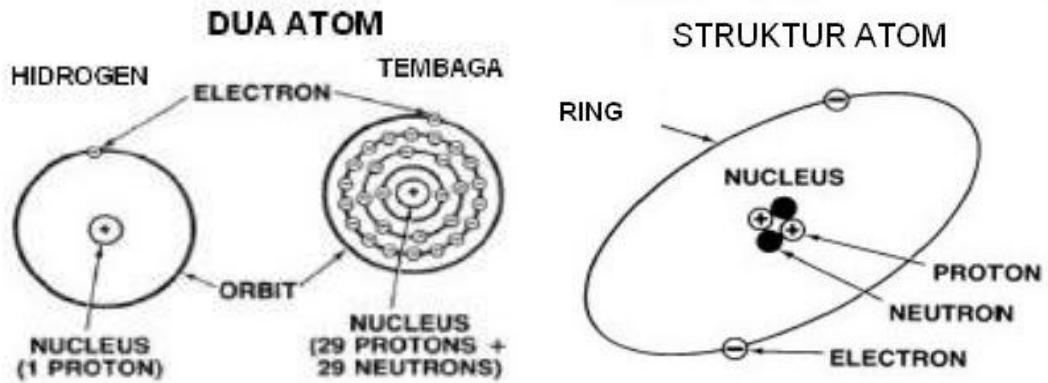
### MATERI DAN ATOM

Semua benda yang mengisi dan membentuk dunia ini yang dapat dilihat dengan pancaindra disebut materi atau zat. Secara umum materi dikelompokkan menjadi tiga yaitu padat, cair dan gas.



**Gambar 1.1** Bentuk materi dan struktur

Suatu benda bila kita pecah tanpa meninggalkan sifat aslinya akan kita dapatkan partikel yang disebut molekul. Molekul kalau kita pecah lagi akan kita dapatkan beberapa atom. Jadi atom adalah bagian terkecil dari suatu partikel/ benda.

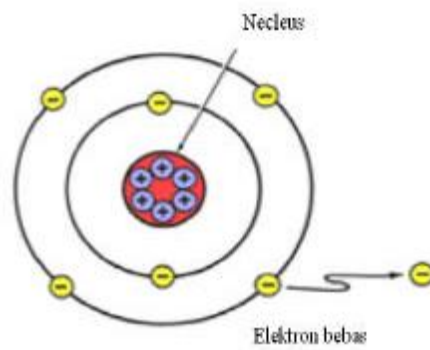


**Gambar 1.2** Struktur Atom

Atom terdiri dari inti (nucleus) yang dikelilingi oleh elektron yang berputar mengelilingi inti pada orbitnya masing-masing seperti susunan tata surya. Inti atom sendiri terdiri dari proton dan netron. Proton dan netron ternyata memiliki muatan listrik, dimana proton memiliki muatan (+) dan elektron memiliki muatan (-), sedangkan neutron tidak memiliki muatan atau netral. Atom yang memiliki jumlah proton dan elektron yang sama, dikatakan bermuatan netral. Sesuai dengan hukum alam, atom akan terjadi tarik menarik antara nucleus sehingga elektron akan tetap berada dalam orbitnya masing-masing.

### **Elektron Bebas**

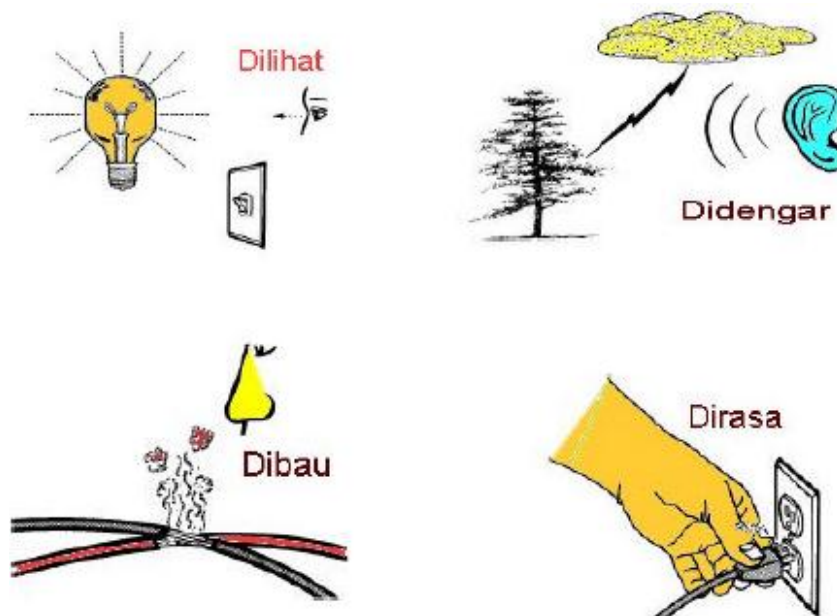
Elektron-elektron yang orbitnya paling jauh dari inti, memiliki daya tarik menarik yang lemah terhadap inti. Elektron-elektron ini bila terkena gaya dari luar, misalnya panas, gesekan atau reaksi kimia akan cenderung lepas dari ikatannya dan pindah ke atom lain. Elektron-elektron yang mudah berpindah ini disebut elektron bebas (free electron), gerakan dari elektron bebas inilah yang menghasilkan bermacam-macam fenomena kelistrikan (seperti loncatan bunga api, cahaya, pembangkitan panas, pembangkitan magnet dan reaksi kimia).



**Gambar 1.3** Elektron bebas

## LISTRIK

Listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan untuk menggerakkan berbagai peralatan atau mesin. Energi listrik tidak dapat dilihat secara langsung, namun dampak atau akibat dari energi listrik dapat dilihat seperti sinar atau cahaya dari bola lampu, dirasakan seperti saat orang tersengat listrik, dibauh seperti bau dari kabel yang terbakar akibat hubung singkat, didengar seperti suara bel atau radio.



**Gambar 1.4** Efek Listrik

Listrik merupakan sumber energi yang paling mudah dikonversi menjadi energi yang lain, sehingga sebagian besar komponen sistem kelistrikan otomotif

merupakan konversi energi listrik menjadi energi yang dikehendaki. Contoh komponen kelistrikan:

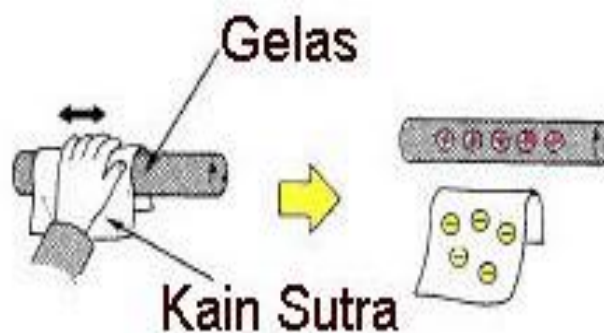
- 1) Baterai merubah energi listrik menjadi energi kimia
- 2) Motor starter merubah energi listrik menjadi energi gerak
- 3) Lampu merubah energi listrik menjadi cahaya dan panas
- 4) Pematik rokok merubah energi listrik menjadi panas
- 5) Selenoid merubah energi listrik menjadi magnet, dan sebagainya.

### **JENIS LISTRIK**

Listrik dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu:

#### **Listrik Statis**

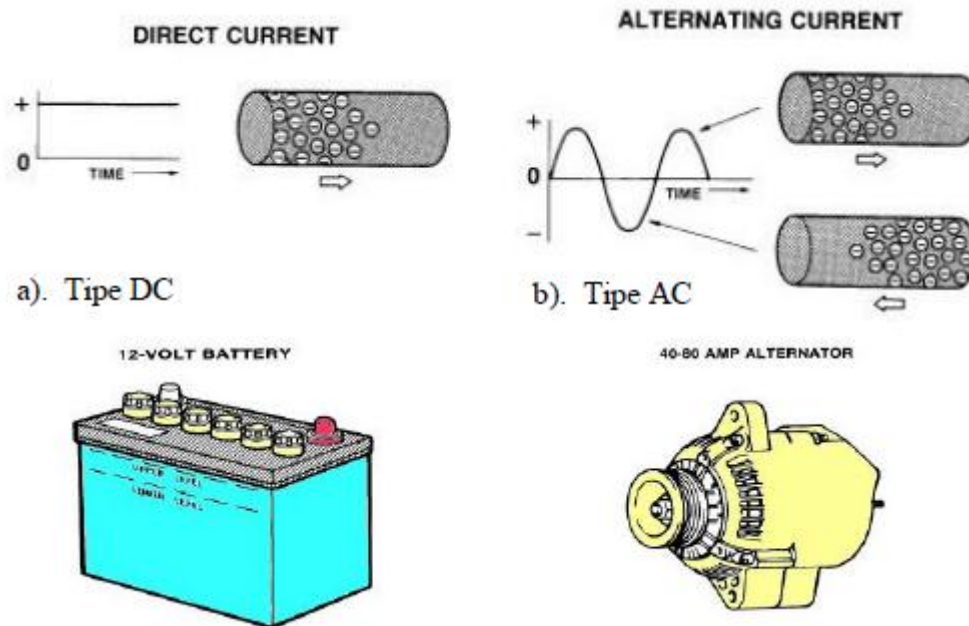
Listrik statis merupakan suatu keadaan dimana elektron bebas sudah terpisah dari atomnya masing-masing, tidak bergerak hanya berkumpul dipermukaan benda tersebut. Listrik statis dapat dibangkitkan dengan cara menggosokkan sebuah gelas kaca dengan kain sutra. Setelah digosok gelas kaca akan bermuatan positif dan kain sutra akan bermuatan negatif.



**Gambar 1.5** Listrik Statis

## Listrik Dinamis

Listrik dinamis merupakan suatu keadaan terjadinya aliran elektron bebas dimana elektron ini berasal dari dari elektron yang sudah terpisah dari inti masing-masing. Elektron bebas tersebut bergerak bolak-balik melewati suatu penghantar.



**Gambar 1.6** Listrik dinamis a) Tipe DC b). Tipe AC

Listrik dinamis dikelompokkan menjadi dua yaitu listrik arus searah (Direct Current) dan arus bolak-balik (Alternating Current). Listrik arus searah elektron bebas bergerak dengan arah tetap, sedangkan listrik arus bolak-balik elektron bergerak bolak-balik bervariasi secara periodik terhadap waktu. Baterai merupakan sumber listrik arus searah, sedangkan alternator merupakan sumber arus.

## TEORI ALIRAN LISTRIK

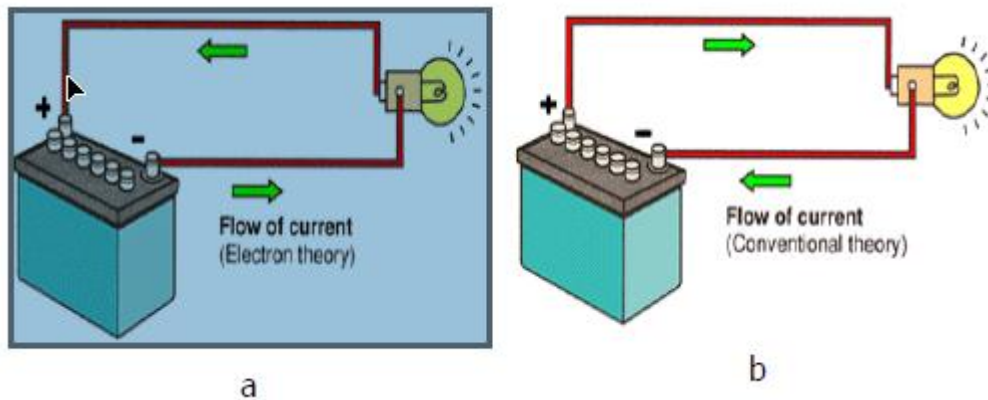
Terdapat dua teori yang menjelaskan bagaimana listrik mengalir:

### Teori electron (Electron theory)

Teori ini menyatakan listrik mengalir dari negatif baterai ke positif baterai. Aliran listrik merupakan perpindahan elektron bebas dari atom satu ke atom yang lain.

### Teori konvensional (Conventional theory)

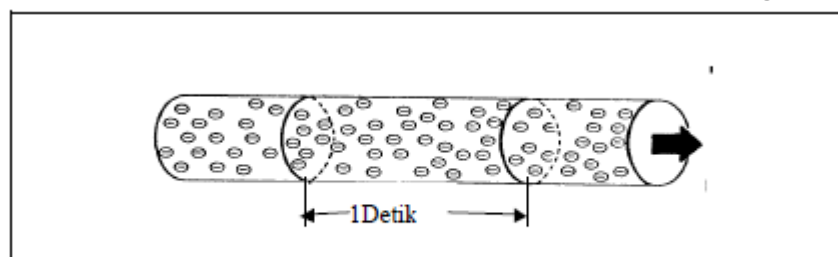
Teori ini menyatakan listrik mengalir dari positif baterai ke negatif baterai. Teori ini banyak digunakan untuk kepentingan praktis, teori ini pula yang kita gunakan untuk pembahasan aliran listrik pada buku ini



Gambar 1.7 Teori aliran listrik

### Arus Listrik

Besar arus listrik yang mengalir melalui suatu konduktor adalah sama dengan jumlah muatan (elektron bebas) yang mengalir melalui suatu titik penampang konduktor dalam waktu satu detik. Arus listrik dinyatakan dengan simbol  $I$  (intensitas) dan besarnya diukur dengan satuan ampere (disingkat A). Bila dikaitkan dengan elektron bebas, 1 Ampere = Perpindahan elektron sebanyak  $6,25 \times 10^{18}$  suatu titik konduktor dalam waktu satu detik.



Gambar 1.8 Aliran Listrik

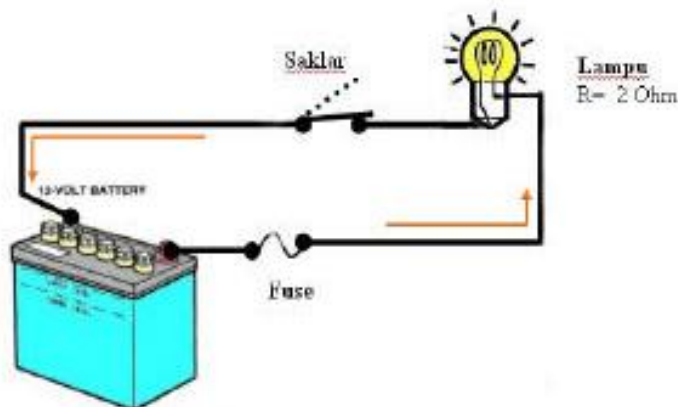


**Tabel 1.** Satuan arus listrik yang sangat kecil dan besar

	Satuan Dasar	Arus Kecil		Arus Besar	
Simbol	A	$\mu\text{A}$	mA	kA	MA
Dibaca	Ampere	Micro Ampere	Mili Ampere	Kilo Ampere	Mega Ampere
Perkalian	1	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
		1/ 1.000.000	1/1.000	1 x 1.000	1 x 1.000.000

**Contoh Konversi :**

- 1).  $1.000.000 \mu\text{A} = 1.000 \text{ mA} = 1. \text{ A} = 0,001 \text{ kA}$
- 2).  $0,5 \text{ MA} = 500 \text{ kA} = 500.000 \text{ A} = 500.000.000 \text{ mA}$
- 3).  $5 \text{ A} = 5.000 \text{ mA} = 5.000.000 \mu\text{A}$



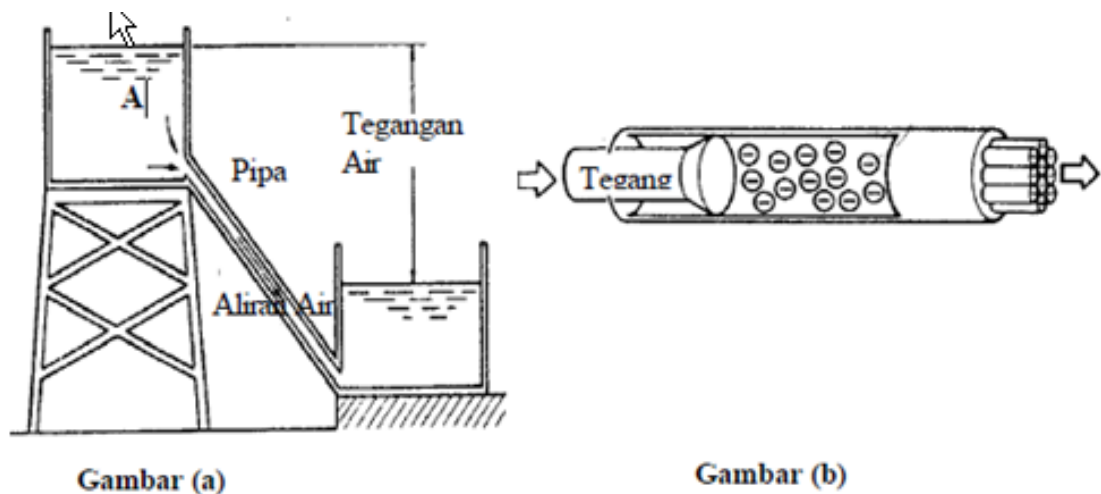
**Gambar 1.9** Mengukur arus listrik

Mengukur besarnya arus yang mengalir pada suatu rangkaian menggunakan amper meter, pemasangan amper meter dilakukan secara seri dengan beban.

**Tegangan Listrik**

Tabung A dan B berisi air, dimana permukaan air tabung A lebih tinggi dari permukaan air tabung B, dihubungkan melalui sebuah pipa maka air akan mengalir dari tabung A ke tabung B (gambar a). Besarnya aliran air ditentukan oleh perbedaan tinggi permukaan air kedua tabung, ini disebut dengan tekanan air.

Hal yang sama juga akan terjadi bila kutub listrik A yang mempunyai muatan positif dihubungkan dengan kutub B yang bermuatan negatif oleh kabel C (gambar b), maka arus listrik akan mengalir dari kutub A ke kutub B melalui kabel C. Hal ini terjadi karena adanya kelebihan muatan positif pada kutub A dan kelebihan muatan negatif pada B yang menyebabkan terjadinya beda potensial (tegangan listrik). Perbedaan ini menyebabkan tekanan tegangan menyebabkan arus listrik mengalir. Beda tegangan ini biasa disebut Voltage.



**Gambar 1.10** Konsep Tegangan

Satuan tegangan listrik dinyatakan dengan Volt dengan simbol V. 1 Volt adalah tegangan listrik yang mampu mengalirkan arus listrik 1 A pada konduktor dengan hambatan 1 ohm. Tabel dibawah menunjukkan satuan tegangan listrik yang sangat besar dan kecil.

**Tabel 2.** Satuan Tegangan Listrik

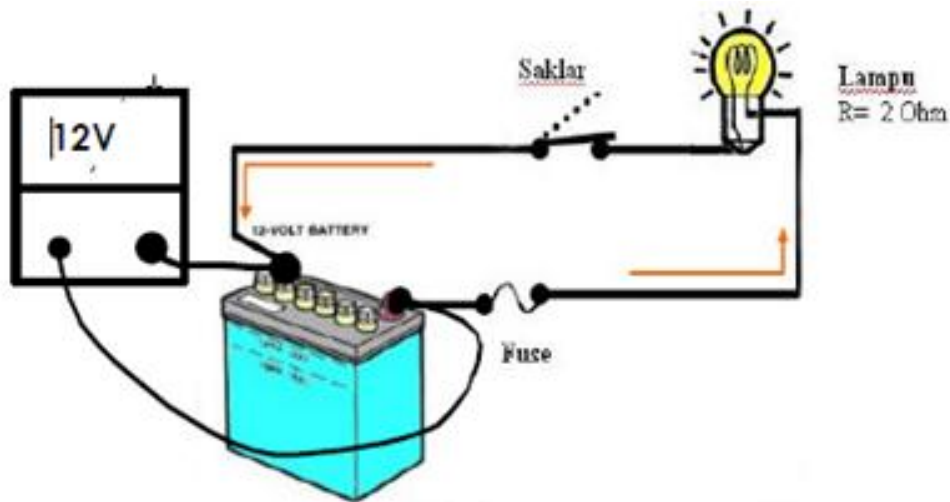
	Satuan Dasar	Tegangan Kecil		Tegangan Besar	
Simbol	V	$\mu\text{V}$	mV	kV	MV
Dibaca	Volt	Micro Volt	Mili Volt	Kilo Volt	Mega Volt
Perkalian	1	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
		1/ 1.000.000	1/1.000	1 x 1.000	1 x 1.000.000

### Contoh Konversi :

$$1.700.000 \mu\text{V} = 1.700 \text{ mV} = 1,7 \text{ V}$$

$$0,78 \text{ MV} = 780 \text{ KV} = 780.000 \text{ V} = 780.000.000 \text{ mV}$$

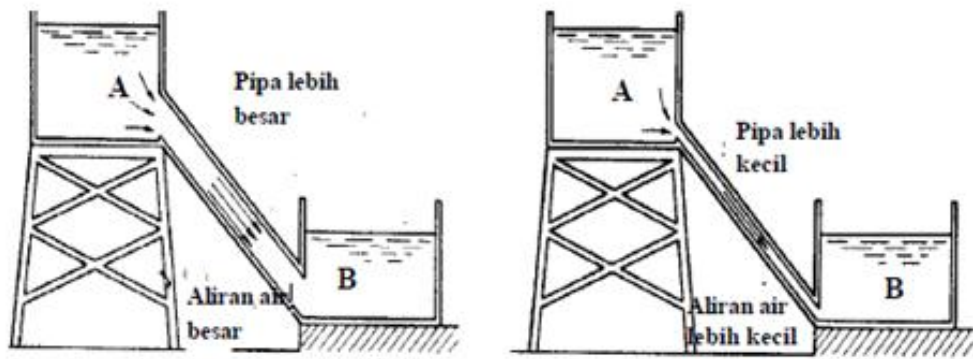
Mengukur besar tegangan listrik menggunakan volt meter, pengukuran dilakukan secara parallel, cara pemasangan alat ukur seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 1.11** Mengukur tengangan baterai

### Tahanan / Resistansi Listrik

Air dengan tekanan yang sama akan mengalir lebih cepat bila dialirkan melalui pipa yang besar, pendek dan permukaan dalamnya halus dibandingkan dengan bila air dialirkan melalui pipa yang ukurannya kecil, panjang dan permukaan bagian dalamnya kasar. Hal ini karena kondisi dari pipa akan berpengaruh terhadap aliran air. Besarnya hambatan ini dikatakan sebagai tahanan pipa. Kejadian ini juga berlaku untuk listrik yang mengalir melalui suatu kabel, dimana listrik juga akan mengalami hambatan. Hambatan yang dialami listrik ini disebut tahanan/resistansi listrik.



**Gambar 1.12** Konsep Tahanan

Satuan tahanan listrik dinyatakan dengan huruf R (Resistor) dan diukur dengan satuan OHM ( $\Omega$ ). Satu ohm adalah tahanan listrik yang mampu menahan arus listrik yang mengalir sebesar satu ampere dengan tegangan 1 V.

**Tabel 3.** Satuan tahanan listrik yang sangat besar dan kecil.

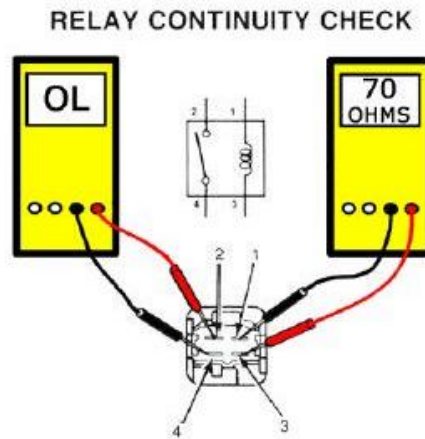
	Satuan Dasar	Tegangan Kecil		Tegangan Besar	
Simbol	$\Omega$	$\mu\Omega$	$m\Omega$	$k\Omega$	$M\Omega$
Dibaca	Ohm	Micro Ohm	Mili Ohm	Kilo Ohm	Mega Ohm
Perkalian	1	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
		1/ 1.000.000	1/1.000	1 x 1.000	1 x 1.000.000

**Contoh Konversi :**

$$1.985 \text{ m}\Omega = 1,985 \Omega$$

$$0,89 \text{ M}\Omega = 890 \text{ k}\Omega = 890.000 \Omega$$

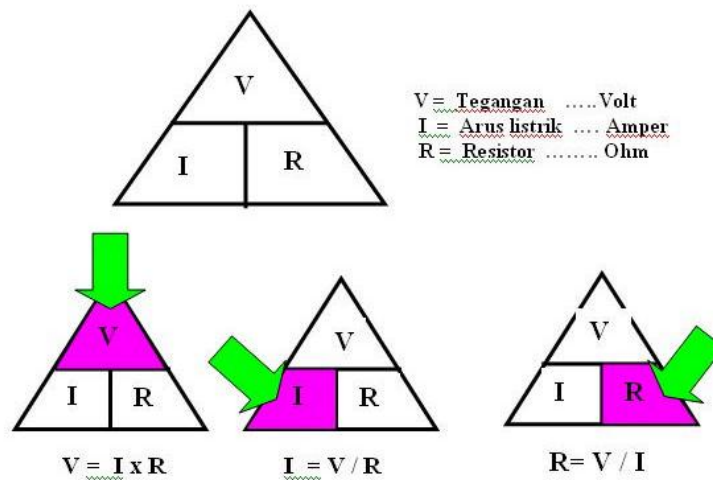
Mengukur tahanan suatu benda maupun rangkaian menggunakan Ohm meter. Amper meter, Volt meter dan Ohm meter merupakan besaran listrik yang sering diukur, untuk itu dibuat alat yang dapat mengukur ketiga parameter tersebut yaitu AVO meter atau multi meter.



**Gambar 1.13** Mengukur tahanan relay

### HUKUM OHM

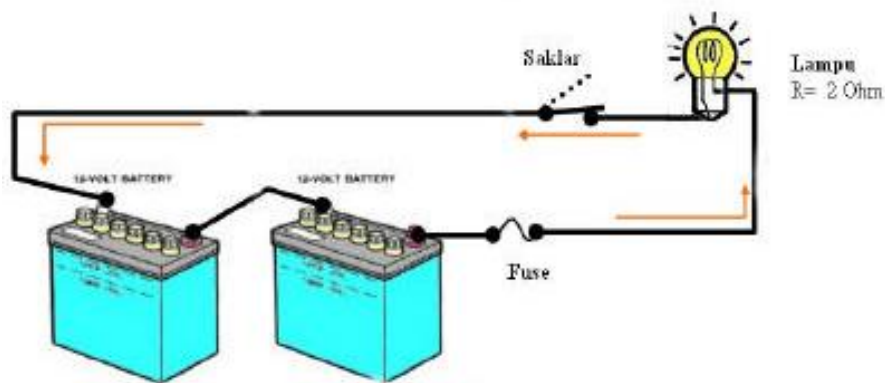
Tahun 1827 seorang ahli fisika Jerman George Simon Ohm (1787-1854) meneliti tentang resistor. Hukum Ohm menjelaskan bagaimana hubungan antara besar tegangan listrik, besar tahanan dan besar arus yang mengalir. Hukum mengatakan bahwa besar arus mengalir berbanding lurus dengan besar tegangan dan berbanding terbalik dengan besar tahanan. Hukum ini dapat ditulis:



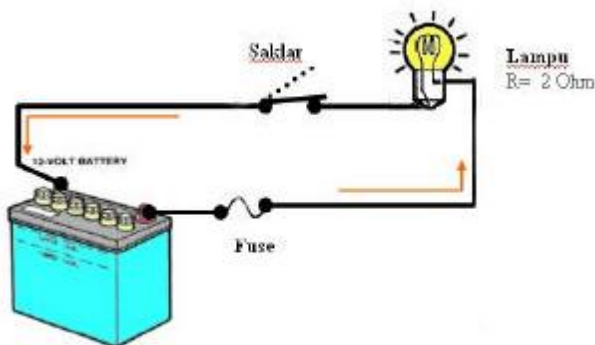
**Gambar 1.14** Hukum Ohm

Contoh :

Tentukan besar arus (I) yang melewati lampu  $R = 2 \ \Omega$ , bila tegangan (V) berubah dari 24 Volt menjadi 12 Volt, seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 1.15a.** Hukum Ohm pada tahanan konstan



**Gambar 1.15b** Hukum Ohm pada tahanan konstan

**Solusi :**

Gambar a. Baterai dirangkai seri sehingga tegangan baterai  $12\text{ V} + 12\text{ V} = 24\text{ V}$  , tahanan lampu tetap  $2\text{ Ohm}$ , maka besar arus yang mengalir adalah  $I = V/R = 24/2 = 12$  Amper.

Gambar b. Tegangan  $12\text{ V}$ , tahanan lampu  $2\text{ Ohm}$ , maka besar arus yang mengalir adalah  $I = V/R = 12/ 2 = 6$  Amper

**Kesimpulan :**

Bila tahanan tetap sedangkan tegangan turun maka arus yang mengalir juga turun. Sebaliknya bila tahanan tetap tegangan naik maka arus juga naik.

Bila lampu untuk  $24\text{ V}$  dipasang pada tegangan  $12\text{ V}$  maka lampu redup karena arus yang melewati lampu menjadi kecil. Sebaliknya lampu  $12\text{ V}$  dipasang pada sumber baterai  $24\text{ V}$ , maka lampu akan putus kerana terbakar sebab arus yang mengalir terlalu besar.

## DAYA LISTRIK

Hukum Joule menerangkan tentang daya listrik. Terdapat hubungan antara daya listrik dengan tegangan, arus maupun tahanan. Besar daya listrik diukur dalam watt. Satu watt merupakan besar arus mengalir sebesar 1 Amper dengan beda potensial 1 volt. Hukum Joule dapat ditulis;

$$\text{Daya listrik} = \text{Tegangan} \times \text{Arus}$$

$$P = V \times I \quad \dots\dots\dots (2)$$

- P = Daya listrik (watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus listrik (Amper)

Bila di substitusikan hukum Ohm dimana  $V = I R$ , maka daya listrik:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= I R \times I \\ &= I^2 R \end{aligned}$$

$$P = I^2 R \quad \dots\dots\dots (3)$$

Bila disubstitusikan hukum Ohm dimana  $I = V/R$ , maka:

$$\begin{aligned} P &= R \times I^2 \\ &= R \times (V/R)^2 = V^2 / R \end{aligned}$$

$$P = V^2 / R \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dari ketiga rumusan tersebut daya listrik dapat dirumuskan:

$$P = V \times I \quad P = I^2 R \quad P = V^2 / R$$

Dalam banyak kasus pada komponen sistem kelistrikan hanya ditentukan tegangan dan daya. Besar arus yang mengalir jarang ditentukan, misal bola lampu kepala tertulis 12 V 36/ 42 W. Arti dari tulisan tersebut adalah bola lampu kepala menggunakan tegangan 12 V, pada posisi jarak dekat daya yang diperlukan 36 watt, sedangkan saat jarak jauh daya yang diperlukan 42 watt.

Contoh :

Tentukan besar arus yang mengalir pada sebuah lampu kepala 12V 36/42 W, saat lampu jarak dekat maupun saat jarak jauh.

Solusi :

Dengan menggunakan rumus  $I = P / V$  didapatkan besar arus

a. Jarak dekat  $I_{\text{dekat}} = P_{\text{dekat}} / V = 36 / 12 = 3 \text{ A}$

b. Jarak jauh  $I_{\text{jauh}} = P_{\text{jauh}} / V = 42 / 12 = 3,5 \text{ A}$

**c. Rangkuman 1**

Semua benda yang mengisi dan membentuk dunia ini yang dapat dilihat dengan pancaindra disebut materi atau zat. Secara umum materi dikelompokkan menjadi tiga yaitu padat, cair dan gas.

Atom adalah bagian terkecil dari suatu benda/partikel. Atom terdiri dari inti (nucleus) yang dikelilingi oleh elektron yang berputar mengelilingi inti pada orbitnya masing-masing seperti susunan tata surya. Inti atom sendiri terdiri dari proton dan neutron. Elektron-elektron yang mudah berpindah ini disebut elektron bebas (free electron).

Listrik dapat dikelompokkan menjadi listrik statis dan listrik dinamis, listrik dinamis sendiri terdiri dari listrik searah (DC) dan listrik bolak-balik (AC). Teori aliran listrik ada dua yaitu teori konvensional dan teori electron.

Arus listrik (I), tegangan (V) dan tahanan listrik (R) merupakan besaran utama pada listrik, Arus listrik diukur dengan amper meter, tegangan listrik dengan volt meter dan tahanan listrik dengan Ohm meter. Hubungan antara besar arus, tegangan dan tahanan listrik digambarkan dalam hukum Ohm , dimana  $I = V/R$ . Daya listrik merupakan tegangan kali arus listrik  $P = V \times I$ .

**d. Tugas 1**

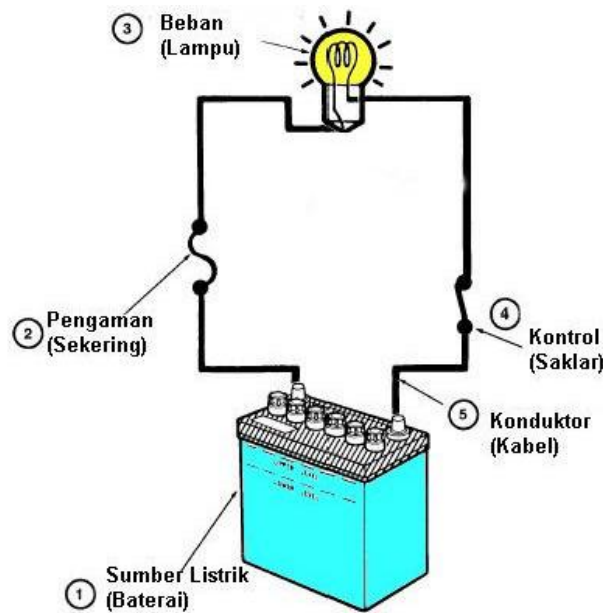
Cari buku pedoman perawatan dan perbaikan salah satu mesin alat berat, buka bagian wiring diagramnya, tentukan metode mengukur besar arus yang dibutuhkan untuk tiap sistem yang bekerja, tentukan titik-titik mengukur besar tegangan pada rangkaian.

**e. Test Formatif 1**

1. Apa yang dimaksud electron bebas berikan ilustrasi?
2. Jelaskan apa perbedaan teori aliran listrik konvensional dengan electron!



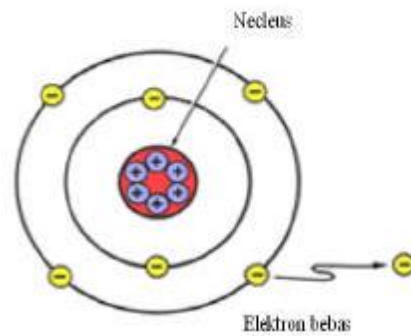
3. Jelaskan cara mengukur arus listrik, lengkap dengan nama alat ukurnya, satuan ukurannya, serta jelaskan juga apa yang dimaksud dengan 1 amper?
4. Jelaskan bagaimana mengukur tegangan listrik lengkap dengan nama alat ukurnya?, apa satuan ukurannya? Apa yang dimaksud dengan 1 volt?
5. Sebuah lampu 12V/36W dirangkai seperti gambar dibawah ini,



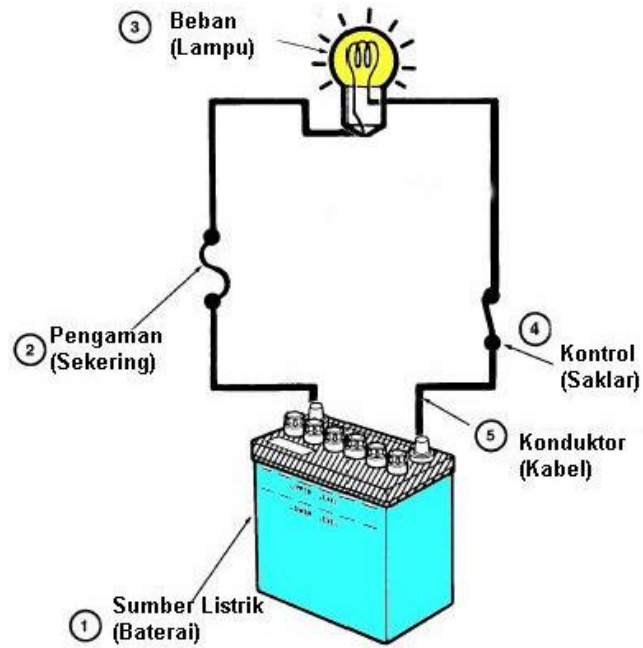
- a. Tentukan berapa besar arus listrik secara teoritis ?
- b. Bagaimana cara memasang amper meter untuk mengukur besar arus yang mengalir ?
- c. Berapa tahanan lampu secara teoritis ?
- d. Bagaiman cara mengukur tahanan lampunya ?
- e. Bagaiman cara mengukur tegangan baterainya?

**f. Kunci Jawaban Formatif 1**

1. **Elektron bebas yaitu** electron yang orbitnya paling jauh dari inti, memiliki daya tarik menarik yang lemah terhadap inti. Elektron-elektron ini bila terkena gaya dari luar, misalnya panas, gesekan atau reaksi kimia akan cenderung lepas dari ikatannya dan pindah ke atom lain.

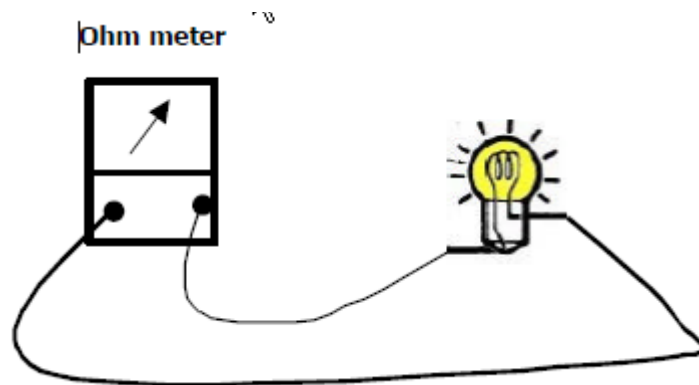


2. Teori ini menyatakan listrik mengalir dari negatif baterai ke positif baterai. Aliran listrik merupakan perpindahan elektron bebas dari atom satu ke atom yang lain. Sedangkan teori ini menyatakan listrik mengalir dari positif baterai ke negatif baterai. Teori ini banyak digunakan untuk kepentingan praktis, teori ini pula yang kita gunakan untuk pembahasan aliran listrik pada buku ini.
3. Mengukur arus dengan merangkai secara seri, alat ukur arus listrik adalah Amper meter, satuan amper, dan pengertian 1 Ampere adalah Perpindahan elektron sebanyak  $6,25 \times 10^{18}$  suatu titik konduktor dalam waktu satu detik.
4. Mengukur tegangan dengan merangkai secara parallel, alat ukur dengan Volt meter, satuan volt, pengertian 1 Volt adalah tegangan listrik yang mampu mengalirkan arus listrik 1 A pada konduktor dengan hambatan 1 ohm.
5. Sebuah lampu 12V/36W dirangkai seperti gambar dibawah ini,
  - a. Besar arus listrik adalah  $I = P/V = 36 / 12 = 3$  Amper
  - b. Cara memasang amper meter secara seri seperti gambar berikut ini:

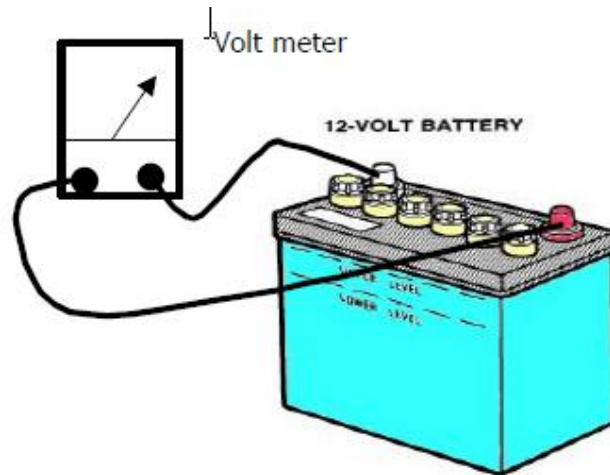


c. Tahanan lampu ?

d. Cara mengukur tahanan lampunya dengan melepas lampu, kemudian diukur menggunakan Ohm meter, posisi selector gambar berikut ini, besar tahanan seperti ditunjukkan pada Ohm meter.



e. Cara mengukur tegangan baterai adalah dengan menggunakan volt meter, bila menggunakan multi meter atur selector pada tegangan DC pada sekala pengukuran 50V, hubungkan colok ukur positif pada positif baterai dan colok negatif pada negatif baterai, baca hasil pengukuran. sebagai berikut:



#### g. Lembar Kerja 1

##### Lembar Kerja 1 : Mengukur tegangan, arus dan tahanan

**Tujuan :** Siswa dapat mengukur besar tegangan listrik, mengukur besar arus listrik dan mengukur besar tahanan.

##### **Alat dan Bahan:**

1. Papan percobaan yang dilengkapi bola lampu 12V/ 3 W, bola lampu 12V/ 5W dan bola lampu 12V/ 8W.
2. Papan percobaan yang dilengkapi resistor 1 K, 2 K dan 3 K
3. Multimeter dan Amper meter 0-5 Amper
4. Baterai

##### **Keselamatan Kerja**

Hati-hati dalam penggunaan multi meter, perhatikan hal-hal sebagai berikut:

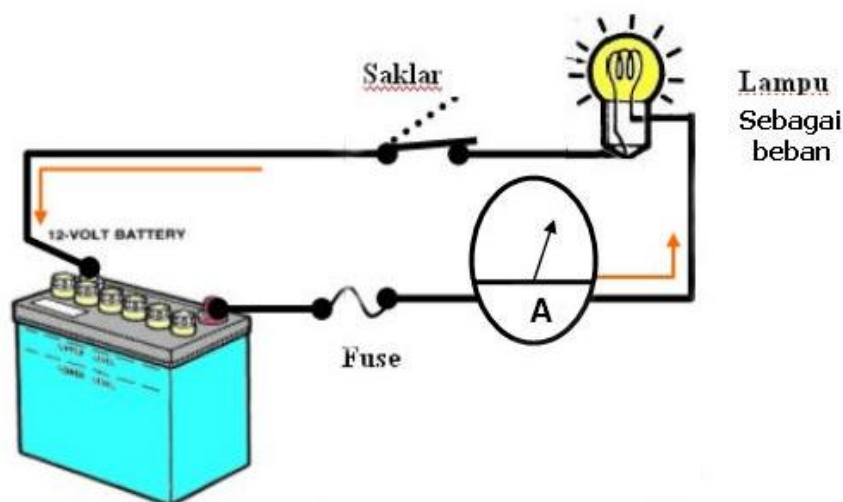
1. Mengukur arus pada posisi Amper dengan pengukuran maksimal 500 mA. Cara pemasangan secara seri.
2. Mengukur tegangan pada posisi voltmeter, pastikan skala pengukuran diatas tegangan yang akan diukur, pastikan jenis tegangan yang diukur apakah tegangan AC atau DC.
3. Mengukur tahanan dengan Ohm meter, perhatikan skala tahanan yang akan diukur, kalibrasi alat sebelum digunakan.

### Langkah Kerja:

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Lakukan pengukuran tahanan pada komponen berikut ini:

Komponen	Nilai Tahanan	Komponen	Nilai Tahanan
Bola lampu 12V/3W		Tahanan 1K $\Omega$	
Bola lampu 12V/5W		Tahanan 2K $\Omega$	
Bola lampu 12V/8W		Tahanan 3K $\Omega$	

1. Periksa tegangan baterai yang digunakan. Tegangan : V.
2. Lakukan pengukuran arus listrik dengan memasang amper meter secara seri pada rangkaian lampu seperti gambar dibawah ini, baca hasil pengukuran, ganti bola lampu dengan ukuran yang berbeda.



3. Lakukan pengukuran arus listrik dengan memasang amper meter secara seri, dengan mengganti lampu dengan resistor.

Beban	Arus	Beban	Arus
Bola lampu 12V/3W		Tahanan 1K $\Omega$	
Bola lampu 12V/5W		Tahanan 2K $\Omega$	
Bola lampu 12V/8W		Tahanan 3K $\Omega$	

4. Bersihkan tempat kerja dan Kembalikan alat dan bahan ke tempat semula

**h. Tugas 1**

Analisis data hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan secara teoritis.

## 2. Kegiatan Belajar 2 : Merangkai Hubungan Seri, Paralel dan Kombinasi

### a. Tujuan Kegiatan Belajar

Setelah mempelajari modul ini siswa harus dapat:

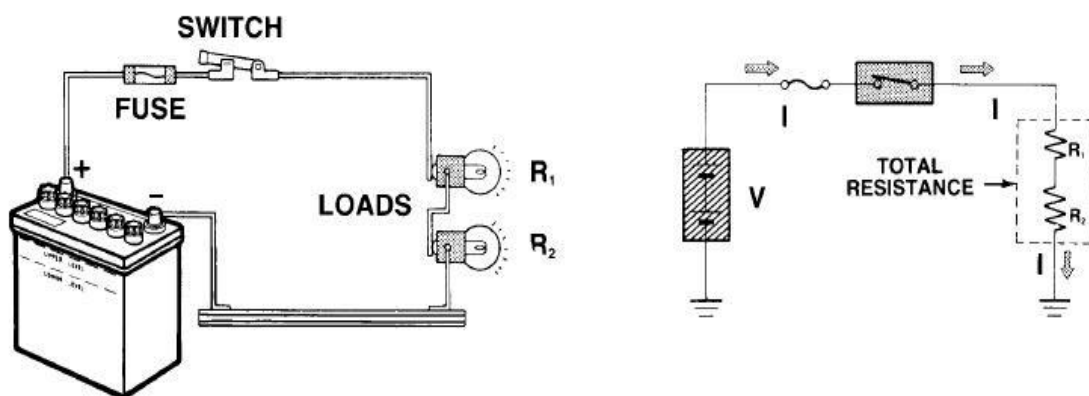
- 1) Merangkai seri dua atau lebih komponen kelistrikan
- 2) Merangkai paralel dua atau lebih komponen kelistrikan
- 3) Merangkai kombinasi tiga atau lebih komponen kelistrikan
- 4) Menjelaskan karakteristik rangkaian seri
- 5) Menjelaskan karakteristik rangkaian paralel
- 6) Menjelaskan karakteristik rangkaian kombinasi

### b. Uraian Materi 2

Rangkaian komponen dalam sistem kelistrikan ada tiga macam yaitu rangkaian seri, rangkaian paralel dan rangkaian seri paralel atau kombinasi. Pemahaman jenis dan karakteristik rangkaian sangat penting sebagai dasar memeriksa dan menentukan sumber gangguan pada sistem kelistrikan.

### Rangkaian Seri

Aplikasi rangkaian seri sangat banyak digunakan pada kelistrikanotomotif. Maupun alat berat. Sistem starter, pengatur kecepatan motor kipas evaporator AC merupakan beberapa contoh aplikasi rangkaian seri.



Gambar 1.16. Rangkaian seri

**Karakteristik rangkaian seri:**

a) Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan semua tahanan

$$R_t = R_1 + R_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

b) Arus yang mengalir pada rangkaian sama besar

$$I = I_1 = I_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$I = \frac{V}{R_t} \quad \dots\dots\dots (3)$$

c) Tegangan total ( $V_t$ ) merupakan penjumlahan tegangan :

$$V_t = V_1 + V_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Besar  $V_1$  dan  $V_2$  adalah:

$$V_1 = \frac{R_1}{R_t} \times V \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_t} \times V \quad \dots\dots\dots (6)$$

Tentukan besar  $R_t$ ,  $I$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $V_1$  dan  $V_2$ , pada rangkaian seri di atas bila diketahui  $R_1=10 \Omega$  dan  $R_2= 30 \Omega$ , sedangkan sumber tegangan 12V.

Solusi:

a) Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan semua tahanan

$$R_t = R_1 + R_2$$

$$= 10 + 30$$

$$= 40 \Omega$$

b) Arus yang mengalir pada rangkaian sama besar  $I = I_1 = I_2$

$$I = V / R_t$$

$$= 12 / 40 = 0,3 \text{ Amper}$$



c) Tegangan total merupakan penjumlahan dari tiap tegangan

$$V_1 = R_1 / R_t \times V = 10/40 \times 12 = 3 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 / R_t \times V = 30/40 \times 12 = 9 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 3 + 9 = 12 \text{ V}$$

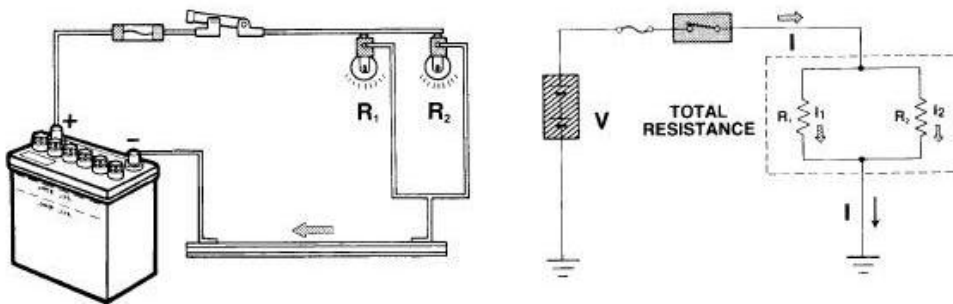
Karena besar I sudah dicari maka besar V1 dan V2 dapat pula ditentukan dengan rumus:

$$V_1 = R_1 \times I = 10 \times 0,3 = 3 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 \times I = 30 \times 0,3 = 9 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 3 + 9 = 12 \text{ V}$$

### Rangkaian Paralel



**Gambar 1.17** Rangkaian paralel

Karakteristik rangkaian paralel:

a) Tegangan pada rangkaian sama yaitu :

$$V = V_1 = V_2 \dots\dots\dots (7)$$

b) Besar arus mengalir adalah:

$$I = I_1 + I_2 \dots\dots\dots (8)$$

Besar arus mengalir pada rangkaian paralel mengikuti Hukum Kirchoff I, yang menyatakan jumlah arus listrik yang masuk pada suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang keluar pada titik cabang tersebut.

c) Besar tahanan total ( $R_t$ ) adalah:

$$\frac{V}{R_t} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$$

karena  $V = V_1 = V_2$  maka

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

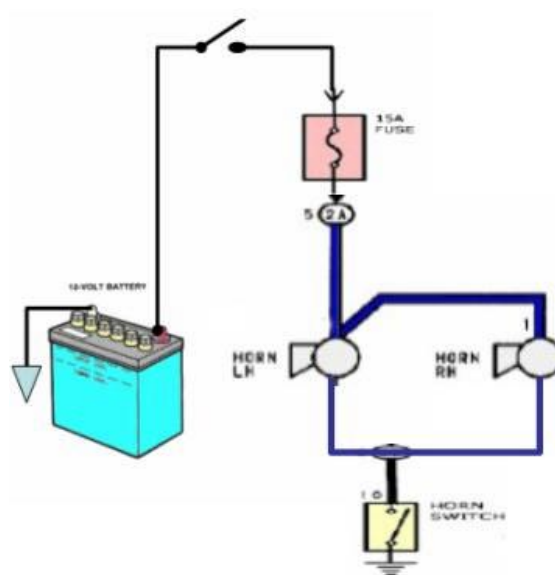
Dengan menggunakan perhitungan aljabar akan diperoleh persamaan ekuivalen:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Contoh 1:

Sistem horn mempunyai 2 horn dengan daya berbeda. Horn LH 12V/ 60 W dan horn RH 12V/ 36 W. Tentukan :

- a) Tahanan horn LH dan RH
- b) Tahanan total
- c) Arus pada horn LH dan RH
- d) Arus yang melewati horn switch dan yang melalui fuse.



**Gambar 1.18** Sistem Horn Tanpa Relay

Solusi :

a) Tahanan horn adalah:

$$\text{Horn LH } R1 = V^2 / P = 122 / 60 = 2,4 \ \Omega$$

$$\text{Horn RH } R2 = V^2 / P = 122 / 36 = 4 \ \Omega$$

b) Besar tahanan total ( $R_t$ ) adalah:

$$\begin{aligned} R_t &= (R1 \times R2) : (R1 + R2) = (2,4 \times 4) : (2,4 + 4) \\ &= 9,6 : 6,4 = 1,5 \ \Omega \end{aligned}$$

c) Besar arus yang mengalir melalui horn

$$\text{Horn LH } I1 = V / R1 = 12 / 2,4 = 5 \text{ A}$$

$$\text{Horn RH } I2 = V / R2 = 12 / 4 = 3 \text{ A}$$

d) Besar arus mengalir melalui horn switch maupun fuse merupakan total arus yang mengalir melalui kedua horn, yaitu:

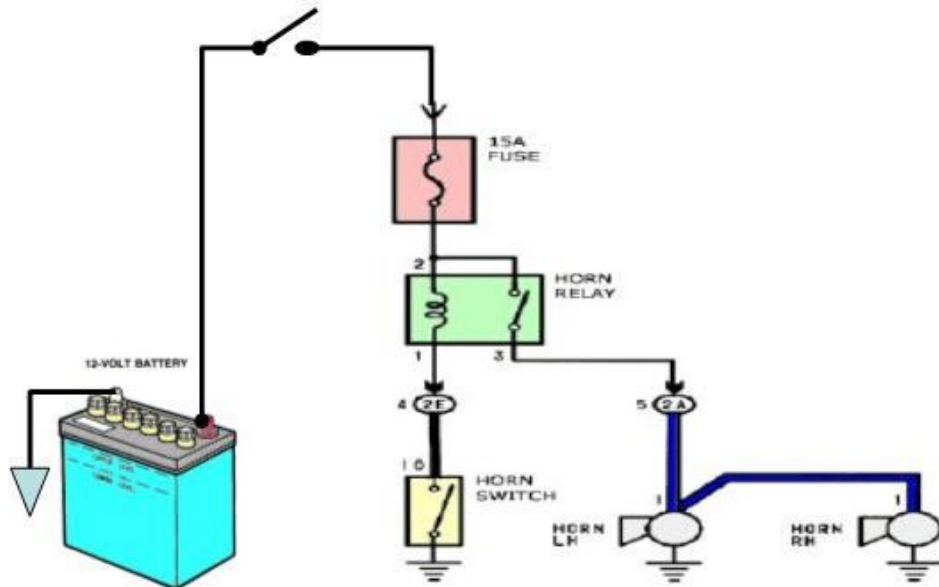
$$I = I1 + I2$$

$$I = 5 + 3 = 8 \text{ A} \quad \text{atau}$$

$$I = V / R_t = 12 / 1,5 = 8 \text{ A}$$

Arus yang mengalir pada horn switch sangat besar sehingga percikan api pada kontak horn switch besar, horn switch cepat kotor, tahanan kontak meningkat dan bunyi horn lemah. Guna mengatasi permasalahan tersebut maka rangkaian horn dipasang relay. Bila diketahui tahanan lilitan relay sebesar  $60 \ \Omega$ , tentukan :

- Tahanan total
- Arus pada horn LH dan RH
- Arus yang melewati horn switch
- Arus yang melalui fuse.



**Gambar 1.19** Sistem Horn Dengan Relay

Solusi:

a) Tahanan total ( $R_t$ )

Tahanan pada rangkaian terdiri dari:

$$R_1 \text{ (tahanan horn LH) } = 2,4 \ \Omega$$

$$R_2 \text{ (tahanan horn RH) } = 4 \ \Omega$$

$$R_3 \text{ (tahanan relay) } = 60 \ \Omega$$

Dengan rumus (14) besar  $R_t$  adalah

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$1/R_t = 1/2,4 + 1/4 + 1/60$$

$$= 25/60 + 15/60 + 1/60 = 41/60$$

$$R_t = 60/41 = 1,463 \ \Omega$$

b) Besar arus yang mengalir melalui horn

$$\text{Horn LH} \quad I_1 = V/R_1 = 12/2,4 = 5 \text{ A}$$

$$\text{Horn RH} \quad I_2 = V/R_2 = 12/4 = 3 \text{ A}$$

c) Arus yang melalui horn switch merupakan arus yang melewati lilitan relay

$$I_3 = V/R_3 = 12/60 = 0,2 \text{ A}$$

d) Arus melewati fuse merupakan total arus yang melewati rangkaian

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 5 + 3 + 0,2 = 8,2 \text{ A}$$

Atau

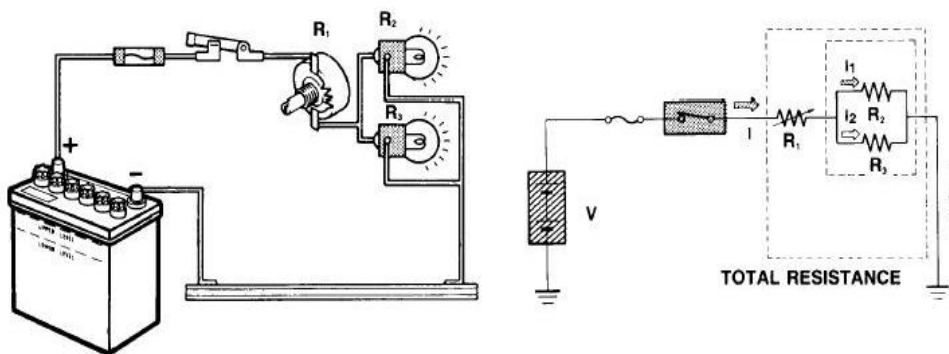
$$I = V / R_t = 12 / 1,463 = 8,2 \text{ A}$$

**Tabel 5.** Perbandingan besar arus yang melewati komponen dalam sistem Horn

No	Parameter	Tanpa relay	Dengan relay	Selisih
1	Horn LH <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daya</li> <li>• Tahanan</li> <li>• Arus</li> </ul>	60 W 2,4 Ω 5 A	60 W 2,4 Ω 5 A	0 0 0
2	Horn RH <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daya</li> <li>• Tahanan</li> <li>• Arus</li> </ul>	36 W 4 Ω 3 A	36 W 4 Ω 3 A	0 0 0
3	Horn switch	8 A	0,2 A	7,8 A
4	Fuse	8 A	8,2	0,2 A
5	Beban rangkaian	96 W	98,4 W	2,4 W

Dari pemasangan relay pada rangkaian tersebut mampu mengurangi arus yang melalui horn switch sebesar 7,8 A yaitu dari 8 A menjadi 0,2 A sehingga horn switch lebih awet. Dengan menambah relay arus listrik dari baterai bertambah 0,2 A atau beban listrik bertambah 2,4 W.

### Rangkaian Seri – Paralel



**Gambar 1.20.** Rangkaian seri parallel

Tahanan total ( $R_t$ ) :

$$R_t = R_1 + R_p \dots\dots\dots (10)$$

$R_p$  merupakan tahanan pengganti untuk  $R_2$  dan  $R_3$ .

$$R_p = (R_2 \times R_3) : (R_2 + R_3) \dots\dots\dots (11)$$

$$R_t = R_1 + (R_2 \times R_3) : (R_2 + R_3)$$

Tegangan pada rangkaian:

$$V = V_1 + V_{Rp}$$

$$V_1 = R_1 / R_t \times V$$

$$V_{Rp} = R_p / R_t \times V$$

Karena  $R_2$  dan  $R_3$  paralel maka

$$V_2 = V_3 = R_p / R_t \times V$$

Besar arus pada  $R_1$  = arus total

$$I = V / R_t$$

Besar arus pada  $R_2$  adalah

$$I_2 = V_2 / R_2$$

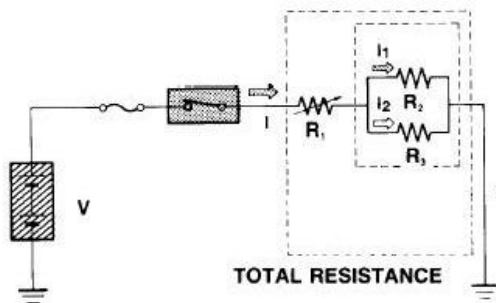
Besar arus pada  $R_3$  adalah

$$I_3 = V_3 / R_3 \dots\dots\dots (12)$$

Contoh :

Tentukan besar tahanan total ( $R_t$ ), tegangan pada  $R_1$ ,  $R_2$  dan  $R_3$  dan besar arus pada  $R_1$ ,  $R_2$  dan  $R_3$  pada rangkaian di bawah ini bila diketahui :

$$R_1 = 4,5 \Omega \quad , \quad R_2 = 10 \Omega \quad \text{dan} \quad R_3 = 30 \Omega$$



**Gambar 1.21** Menentukan arus dan tegangan pada rangkaian seri parallel

- a) Mencari tahanan total ( $R_t$ ) ditentukan dahulu besar tahanan pengganti ( $R_p$ ) untuk  $R_2$  dan  $R_3$ .

$$R_p = (R_2 \times R_3) : (R_2 + R_3) = (10 \times 30) : (10 + 30) \\ = 300 : 40 = 7,5 \Omega$$

$$R_t = R_1 + R_p = 4,5 + 7,5 = 12 \Omega$$

- b) Mencari  $V_1$  dengan rumus:

$$V_1 = R_1 / R_t \times V = 4,5 / 12 \times 12 = 4,5 \text{ V}$$

Karena  $R_2$  dan  $R_3$  paralel maka

$$V_2 = V_3 = R_p / R_t \times V = 7,5 / 12 \times 12 = 7,5 \text{ V}$$

- c) Besar arus pada  $R_1$  = arus total

$$I = V / R_t = 12 / 12 = 1 \text{ A}$$

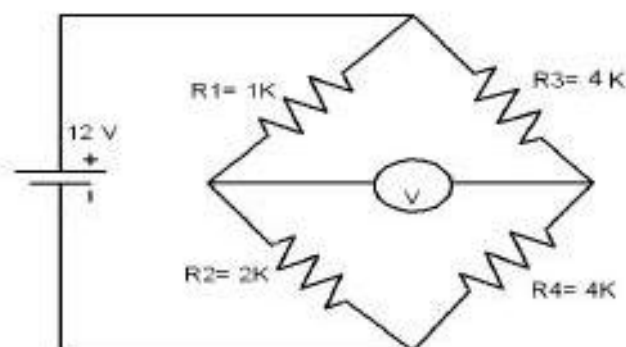
- d) Besar arus pada  $R_2$  adalah

$$I_2 = V_2 / R_2 = 7,5 / 10 = 0,75 \text{ A}$$

- e) Besar arus pada  $R_3$  adalah

$$I_3 = V_3 / R_3 = 7,5 / 30 = 0,25 \text{ A}$$

Jembatan Wheatstone merupakan rangkaian seri paralel yang sering digunakan. Penerapan rangkaian ini antara lain pada termometer, intensitas pengukur cahaya, air flow meter dan sebagainya.



**Gambar 1.22** Jembatan Wheatstone

Contoh:

Tentukan tegangan pada Volt meter pada gambar diatas. Tegangan yang ditunjukkan volt meter merupakan selisih tegangan pada titik A dengan titik B.

Tegangan pada titik A adalah

$$V_a = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} \times V = \frac{2}{(1+2)} \times 12 = 8 \text{ V}$$

Tegangan pada titik B adalah

$$V_b = \frac{R_4}{(R_3+R_4)} \times V = \frac{4}{(4+4)} \times 12 = 6 \text{ V}$$

Tegangan pada Volt meter adalah

$$V_a - V_b = 8 - 6 = 2 \text{ V}$$

Dengan konsep diatas bila salah satu nilai tahanan berubah maka tegangan pada Volt meter juga berubah.

### c. Rangkuman 2

Dalam rangkaian kelistrikan terdapat 5 komponen utama, yaitu: Sumber, proteksi, beban, kontrol dan konduktor. Rangkaian komponen dalam sistem kelistrikan ada tiga macam yaitu: rangkaian seri, rangkaian paralel dan rangkaian seri paralel atau kombinasi.

Rangkaian seri mempunyai karakteristik:

- 1) Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan semua tahanan ( $R_t = R_1 + R_2$ ).
- 2) Arus yang mengalir pada rangkaian sama besar ( $I_t = I_1 = I_2$ ).
- 3) Tegangan total ( $V_t$ ) merupakan penjumlahan tegangan ( $V_t = V_1 + V_2$ ).

Karakteristik rangkaian paralel:

- 1) Tegangan pada rangkaian sama,  $V = V_1 = V_2$
- 2) Besar arus yang mengalir tergantung bebannya.
- 3) Besar arus mengalir merupakan total arus yang mengalir setiap percabangannya  $I = I_1 + I_2$
- 4) Besar tahanan total ( $R_t$ ) atau tahanan pengganti adalah:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$



Karakteristik rangkaian Seri Paralel atau kombinasi

- 1) Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan tahanan dengan tahanan pengganti.

$$R_t = R_1 + R_p$$

- 2) Tegangan total pada rangkaian merupakan penjumlahan tegangan pada tahanan dan tahanan pengganti.

$$(V = V_1 + V_{Rp})$$

- 3) Besar arus pada rangkaian adalah tegangan dibagi tahanan total

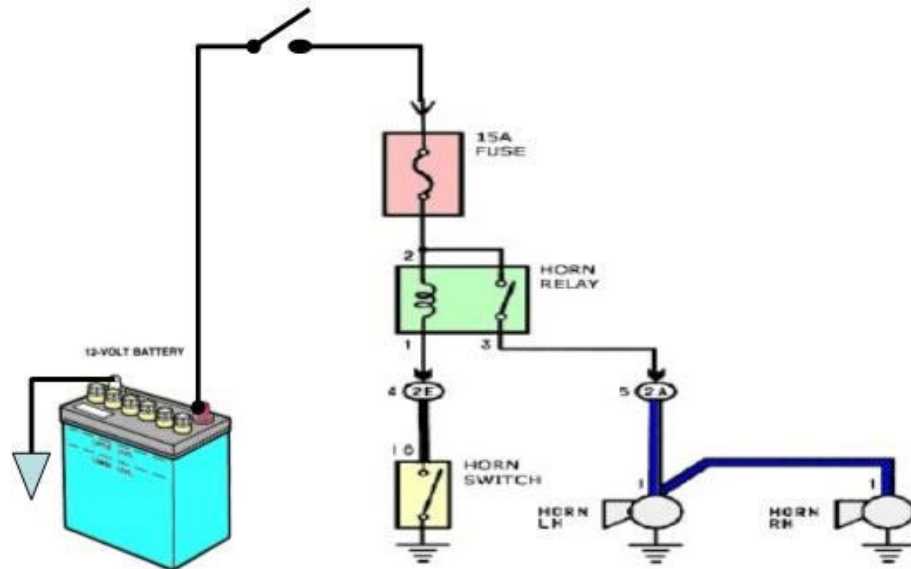
$$(I = V / R_t)$$

**d. Tugas 2**

Sebutkan contoh aplikasi rangkaian seri, parallel dan kombinasi pada sistem kelistrikan alat berat. Gambarkan rangkaian sistem tersebut.

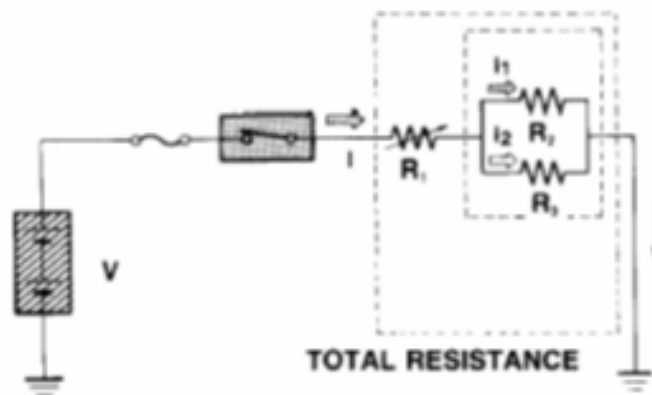
**e. Test Formatif 2**

- 1) Jelaskan karakteristik rangkaian seri, parallel dan kombinasi
- 2) Dua resistor dirangkai secara seri. Harga  $R_1 = 60 \Omega$  dan  $R_2 = 180 \Omega$ , tentukan besar arus listrik yang mengalir dan besar tegangan pada masing masing resistor bila tegangan sumber sebesar 12V
- 3) Tentukan besar arus listrik yang mengalir pada fuse bila diketahui tahanan lilitan relay 100  $\Omega$ , daya masing-masing horn 12V/36W tegangan baterai 12V. Berapakah tegangan pada titik 5 pada saat horn switch atau tombol OFF dan saat ON?



- 4) Tentukan besar tahanan total ( $R_t$ ), tegangan pada  $R_1$ ,  $R_2$  dan  $R_3$  dan besar arus pada  $R_1$ ,  $R_2$  dan  $R_3$  pada rangkaian di bawah ini bila diketahui :

$R_1 = 4 \text{ ?} \square$        $R_2 = 30 \text{ ?} \square$       dan       $R_3 = 60 \text{ ?}$



**f. Kunci Jawaban Formatif 2**

1) Rangkaian seri mempunyai karakteristik:

- a) Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan semua tahanan ( $R_t = R_1 + R_2$ ).
- b) Arus yang mengalir pada rangkaian sama besar ( $I_t = I_1 = I_2$ ).
- c) Tegangan total ( $V_t$ ) merupakan penjumlahan tegangan ( $V_t = V_1 + V_2$ ).

Karakteristik rangkaian parallel:

- a) Tegangan pada rangkaian sama ,  $V = V1 = V2$
- b) Besar arus yang mengalir tergantung bebannya.
- c) Besar arus mengalir merupakan total arus yang mengalir setiap percabangannya  $I = I1 + I2$
- d) Besar tahanan total ( $R_t$ ) atau tahanan pengganti adalah:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Karakteristik rangkaian Seri Paralel atau kombinasi

- a) Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan tahanan dengan tahanan pengganti.

$$R_t = R_1 + R_p$$

- b) Tegangan total pada rangkaian merupakan penjumlahan tegangan pada tahanan dan tahanan pengganti.

$$(V = V_1 + V_{Rp})$$

- c) Besar arus pada rangkaian adalah tegangan dibagi tahanan total ( $I = V / R_t$ )

2) Besar arus yang mengalir

$$I = V/R_t = 12 / (60+180) = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA.}$$

Tegangan pada  $R_1$  yaitu

$$V_1 = R_1 \times I = 60 \times 50 = 3000 \text{ mV} = 3 \text{ V}$$

Tegangan pada  $R_2$  yaitu

$$V_2 = R_2 \times I = 180 \times 50 = 9000 \text{ mV} = 9 \text{ V.}$$

1) Besar arus yang mengalir pada fuse merupakan total arus ke beban, dimana:

Beban 1 lilitan relay dengan

$$R = 100 \Omega \text{ berarti } I = V/R = 12/ 100 = 0,12 \text{ A}$$

Beban 2 adalah horn dengan daya 36W, berarti

$$I = P/V = 36/12 = 3 \text{ A}$$

Beban 3 sama dengan beban 2 yaitu horn 36 W jadi  $I = 3 \text{ A}$ .

Jadi besar arus yang mengalir adalah

$$I_t = 0,12 + 3 + 3 = 6,12 \text{ A}$$

Tegangan titik 5 saat tombol OFF adalah 0 Volt, sedangkan saat tombol ON adalah 12 Volt.

- 2) Mencari tahanan total ( $R_t$ ) ditentukan dahulu besar tahanan pengganti ( $R_p$ ) untuk  $R_2$  dan  $R_3$ .

$$R_p = (R_2 \times R_3) : (R_2 + R_3) = (30 \times 60) : (30 + 60) = 20$$

$$R_t = R_1 + R_p = 4 + 20 = 24 \square$$

Mencari  $V_1$  dengan rumus:

$$V_1 = R_1 / R_t \times V = 4 / 24 \times 12 = 2 \text{ V}$$

Karena  $R_2$  dan  $R_3$  paralel maka

$$V_2 = V_3 = R_p / R_t \times V = 20 / 24 \times 12 = 10 \text{ V}$$

Besar arus pada  $R_1$  = arus total

$$I = V / R_t = 12 / 24 = 0,5 \text{ A}$$

Besar arus pada  $R_2$  adalah

$$I_2 = V_2 / R_2 = 10 / 30 = 0,333 \text{ A}$$

Besar arus pada  $R_3$  adalah

$$I_3 = V_3 / R_3 = 10 / 60 = 0,167 \text{ A}$$

## f. Lembar Kerja 2

### Lembar Kerja 2a : Merangkai seri

**Tujuan :** Setelah mencoba lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

1. Merangkai 2 resistor lebih secara seri
2. Mengukur arus dan tegangan pada rangkaian seri

### Alat dan Bahan:

1. Papan percobaan yang dilengkapi resistor 1 K, 2 K dan 3 K
2. Multimeter dan Amper meter 0-1 Amper
3. Power suplay

### Keselamatan Kerja

Hati-hati dalam penggunaan multi meter maupun amper meter perhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Mengukur arus pada posisi Amper dengan pengukuran maksimal 500 mA. Cara pemasangan secara seri.
2. Mengukur tegangan pada posisi voltmeter, pastikan skala pengukuran diatas tegangan yang akan diukur, pastikan jenis tegangan yang diukur apakah tegangan AC atau DC.
3. Mengukur tahanan dengan Ohm meter, perhatikan skala tahanan yang akan diukur, kalibrasi alat sebelum digunakan

### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Lakukan pengukuran tahanan pada komponen berikut ini:

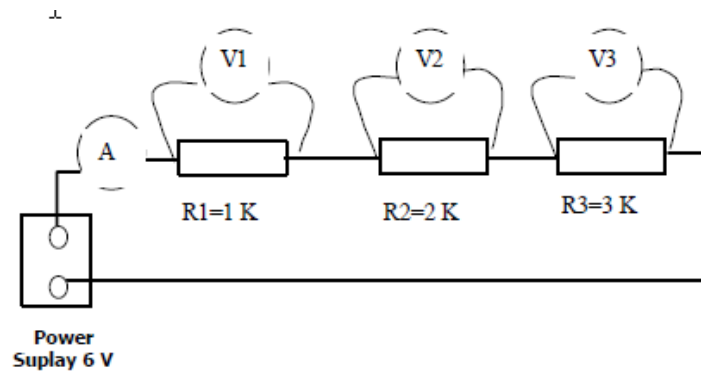
Resistor	Hasil Pengukuran
R1 = 1K $\Omega$	
R2 = 2K $\Omega$	
R3 = 3K $\Omega$	

- a) Atur dan periksa tegangan power suplay yang digunakan pada tegangan 6 V.
- b) Hitung besar arus dan tegangan secara teoritis dari rangkaian percobaan

Hasil perhitungan:

Tegangan Power Suplay	Arus	V1	V2	V3
6 V				

3. Buat rangkaian sebagai berikut, catat hasil pengukuran



Hasil Pengukuran

Tegangan Power Suplay	Arus	V1	V2	V3

Bersihkan tempat kerja dan Kembalikan alat dan bahan ke tempat semula.

**g. Tugas:**

Analisis data hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan secara teoritis.

**h. Lembar Kerja 2b : Merangkai Paralel**

**Tujuan :** Setelah mencoba lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

1. Merangkai 2 resistor lebih secara paralel
2. Mengukur arus dan tegangan pada rangkaian parallel

**Alat dan Bahan:**

- 1) Papan percobaan yang dilengkapi resistor 1 K, 2 K dan 3 K
- 2) Multimeter dan Amper meter 0-1 Amper
- 3) Power suplay

**Keselamatan Kerja:**

Hati-hati dalam penggunaan multi meter maupun amper meter perhatikan hal-hal sebagai berikut:

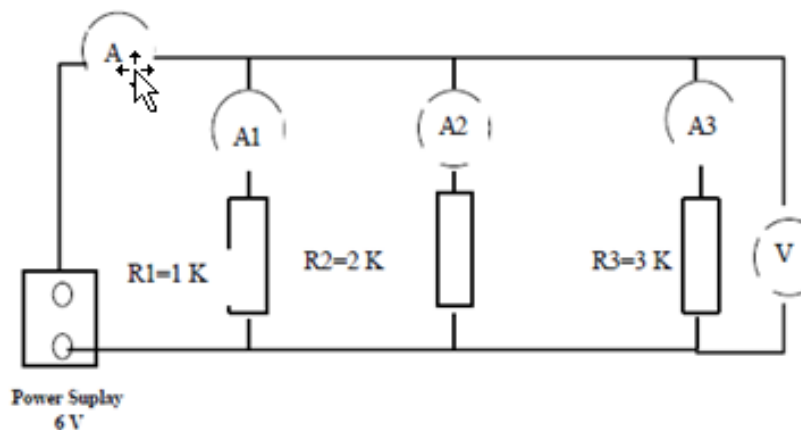
- 1) Mengukur arus pada posisi Amper dengan pengukuran maksimal 500 mA. Cara pemasangan secara seri.
- 2) Mengukur tegangan pada posisi voltmeter, pastikan skala pengukuran diatas tegangan yang akan diukur, pastikan jenis tegangan yang diukur apakah tegangan AC atau DC.
- 3) Mengukur tahanan dengan Ohm meter, perhatikan skala tahanan yang akan diukur, kalibrasi alat sebelum digunakan

### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Lakukan pengukuran tahanan pada komponen berikut ini:

Resistor	Hasil Pengukuran
R1 = 1K $\Omega$	
R2 = 2K $\Omega$	
R3 = 3K $\Omega$	

3. Atur dan periksa tegangan power suplay yang digunakan pada tegangan 6 V.
4. Hitung secara teoritis besar arus dan tegangan pada rangkaian dibawah ini



Hasil perhitungan:

Tegangan Power Suplay	V	A	A1	A2	A3
6 V					

- 1) Buat rangkaian seperti gambar diatas dengan skala Ampermeter dan volt meter diatas hasil perhitungan teoritis.

Catat hasil pengukuran:

Tegangan Power Suplay	V	A	A1	A2	A3

2) Bersihkan tempat kerja dan Kembalikan alat dan bahan ke tempat semula.

### **Tugas**

Analisis data hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan secara teoritis.

#### **i. Lembar Kerja 2c : Merangkai Kombinasi**

**Tujuan :** Setelah mencoba lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

- 1) Merangkai 3 resistor lebih secara seri-paralel atau kombinasi
- 2) Mengukur arus dan tegangan pada rangkaian seri-paralel

#### **Alat dan Bahan**

- 1) Papan percobaan yang dilengkapi resistor 1 K, 2 K dan 3 K
- 2) Multimeter dan Amper meter 0-1 Amper
- 3) Power suplay

#### **Keselamatan Kerja**

Hati-hati dalam penggunaan multi meter maupun amper meter perhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Mengukur arus pada posisi Amper dengan pengukuran maksimal 500 mA.  
Cara pemasangan secara seri.
- 2) Mengukur tegangan pada posisi voltmeter, pastikan skala pengukuran diatas tegangan yang akan diukur, pastikan jenis tegangan yang diukur apakah tegangan AC atau DC.
- 3) Mengukur tahanan dengan Ohm meter, perhatikan skala tahanan yang akan diukur, kalibrasi alat sebelum digunakan

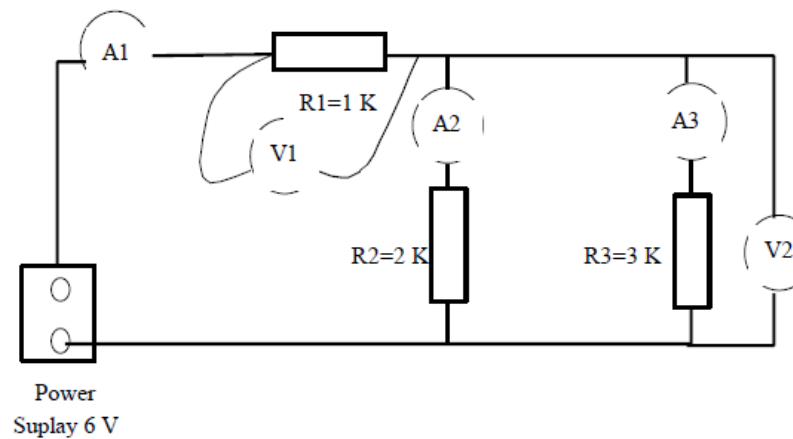


### Langkah Kerja

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
- 2) Lakukan pengukuran tahanan pada komponen berikut ini:

Resistor	Hasil Pengukuran
R1 = 1K $\Omega$	
R2 = 2K $\Omega$	
R3 = 3K $\Omega$	

- 3) Atur dan periksa tegangan power suplay yang digunakan pada tegangan 6 V.
- 4) Hitung secara teoritis besar arus dan tegangan pada rangkaian dibawah ini:



Hasil perhitungan:

Tegangan Power Suplay	V1	V2	A1	A2	A3
6 V					

- 5) Buat rangkaian seperti gambar diatas dengan skala Ampermeter dan voltmeter diatas hasil perhitungan teoritis.

Hasil Pengukuran:

Tegangan Power Suplay	V1	V2	A1	A2	A3

- 6) Bersihkan tempat kerja dan Kembalikan alat dan bahan ke tempat semula

## **Tugas**

Analisis data hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan secara teoritis.

### **3. Kegiatan Belajar 3: Mendemonstrasikan penggunaan magnet**

#### **a. Tujuan : Setelah mempelajari modul ini siswa harus dapat:**

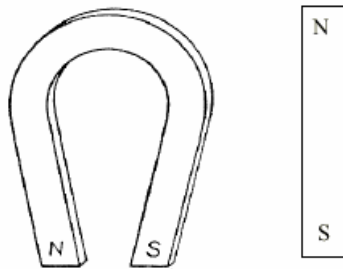
- 1) Menjelaskan macam magnet
- 2) Menjelaskan sifat magnet
- 3) Mendemonstrasikan pembuatan electromagnet
- 4) Menyebutkan aplikasi magnet pada sistem kelistrikan alat berat

### b. Uraian materi kegiatan belajar 3

Pada zaman dahulu telah ditemukan bahwa beberapa bijih besi khusus merupakan benda untuk menarik benda lain yang sama. Bijih besi ini ditemukan di daerah Magnesia, yaitu suatu daerah di Asia. Bijih besi tersebut mempunyai sifat magnetis yaitu sifat menarik benda logam dan bijih besi tersebut disebut magnet. Berdasarkan asalnya magnet dapat dikelompokkan menjadi magnet alam dan magnet buatan, sedangkan bila ditinjau ketahanan sifat magnetnya, maka magnet dapat dikelompokkan menjadi magnet tetap dan magnet tidak tetap.

#### **Magnet Tetap**

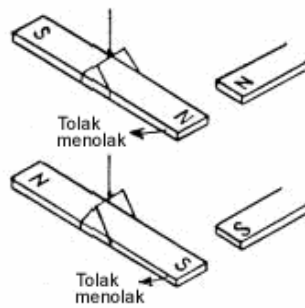
Magnet tetap merupakan magnet yang mempunyai daya magnetik untuk periode yang tidak dapat ditentukan setelah diberi sifat magnet. Magnet tetap dibuat dalam berbagai bentuk, yang paling umum magnet batang dan magnet tapal kuda. Jarum magnet kompas merupakan jenis magnet tetap berbentuk batang.



**Gambar 1.23** Magnet Tapal Kuda & Magnet Batang

#### **Kutub Magnet**

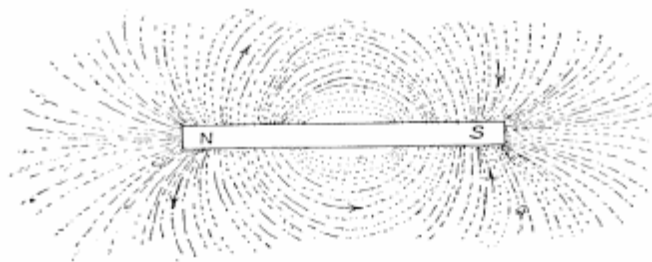
Jika magnet batang dijatuhkan pada tumpukan berisi besi, isinya akan menempel pada ujung magnet tapi tidak di tengahnya, karena sifat magnet mengumpul pada ujung magnet yang biasanya disebut kutub magnet. Kutub satu dinamakan kutub pencari arah utara dan yang lain dinamakan kutub pencari arah selatan. Istilahnya kutub utara dan kutub selatan. Reaksi kutub sejenis saling menolak dan yang tak sejenis saling menarik.



**Gambar 1.24** Kutub Sejenis Tolak-Menolak

### Medan Magnet

Daerah sekitar magnet terdapat medan magnet. Medan magnet digambarkan dengan garis-garis gaya magnet. Garis gaya magnet keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan. Daerah medan magnet yang mempunyai kekuatan yang besar adalah kutub magnet.



**Gambar 1.25** Medan Magnet Sekitar Magnet Batang

Garis gaya magnet mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- 1) Berbentuk kurva tertutup;
- 2) Selalu mengarah dari utara ke selatan;
- 3) Tidak saling memotong;
- 4) Mencari jarak terpendek (elastis)
- 5) Menembus bahan non magnet.

Garis-garis gaya bisa sangat panjang atau berbentuk melengkung tapi tidak memotong dan akan mencari jarak terpendek antara kutub utara dan kutub selatan sebisa mungkin.

Kumpulan garis gaya pada medan magnet disebut **fluks magnet**. Fluks magnet diukur dengan satuan webber (Wb). Jumlah garis gaya pada daerah tersebut di sebut **kerapatan fluks**. Diukur dalam Webber per meter persegi atau tesla (T).

Kuat medan magnet merupakan jumlah garis gaya magnet yang menembus seatu bidang tegak lurus terhadap garis gaya magnet. Secara matematis dapat ditulis:

$$B = F/A$$

B = kuat medan magnet (weber/m<sup>2</sup> = T)

F = fluks magnet (weber=Wb)

A = luas penampang (m<sup>2</sup> )

### **Reluktansi dan Permeabilitas**

Reluktansi terjadi dari seberapa sulit garis gaya magnet melewati sebuah benda. Secara teknis, reluktansi adalah sebuah ukuran kebalikan dari benda yang memiliki fluks magnet. Besi dan baja mempunyai reluktansi yang rendah dan udara memiliki reluktansi tinggi. Permeabilitas terjadi dari seberapa mudah untuk memberi sifat magnet lagi pada suatu benda. Dengan cara yang mudah permeabilitas dan reluktansi adalah ukuran yang berlawanan dari benda yang sama. Reluktansi menjadi lawan dari fluks magnet dan permeabilitas menjadi mudah jika benda dapat diberi sifat magnetis lagi. Motor listrik dibuat dengan jarak udara yang sangat kecil antara armatur dengan medan untuk mengurangi reluktansi rangkaian magnet. Ini membantu membuat medan magnet yang kuat.

### **Bahan Magnet**

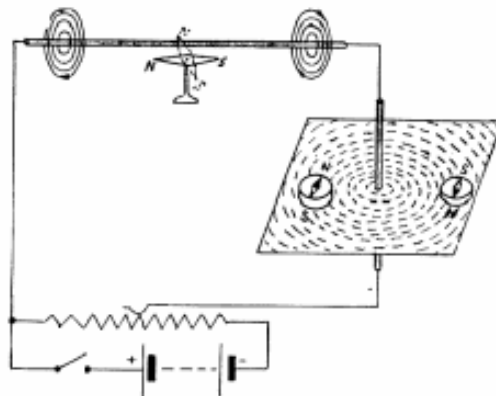
Dari sifat-sifat logam terhadap kemagnetannya dapat dikatakan bahwa tidak semua logam dapat dijadikan benda magnet.

Adapun bahan - bahan logam berdasarkan sifat kemagnetannya dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

- 1) **Ferro magnetik** : ialah jenis logam yang sangat mudah dibuat menjadi benda magnet dan sangat mudah dipengaruhi magnet. Contoh : besi, baja, dan nikel.
- 2) **Para magnetik** : ialah jenis logam yang tidak dapat dibuat menjadi benda magnet tetapi masih dapat dipengaruhi magnet. Contoh : platina dan mangan
- 3) **Dia magnetik** : ialah jenis logam yang tidak dapat dibuat magnet dan juga tidak dapat dipengaruhi oleh magnet. Contoh : tembaga, aluminium dan fosfor.

### Medan Magnet Pada Konduktor

Pada tahun 1820 seorang fisikawan asal Denmark Hans Christian Oersted menemukan fakta bahwa di sekitar kawat yang dialiri listrik terdapat medan magnet. Saat arus mengalir melalui konduktor, medan magnet terbentuk melingkar, jika arus bertambah, medan magnet menjadi kuat. Peta medan magnet dapat dilihat dengan meletakkan konduktor pada sebuah kertas dalam diagram berikut.



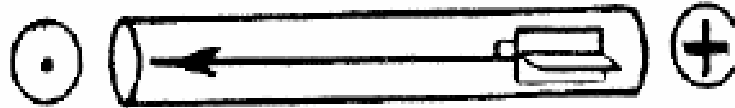
**Gambar 1.26** Medan Magnet Yang Mengelilingi Konduktor Lurus

Saat arus mengalir melalui konduktor, serbuk besi meloncat diatas kertas, serbuk besi membentuk lingkaran seperti konduktor melingkar.

### Arah Arus dan Garis Tangan Kanan Konduktor

Aliran arus dalam sebuah konduktor digambarkan dengan sebuah anak panah. Jika anak panah datang kearah anda, anda dapat dilihat sebagai

titik. Jika anak panah pergi meninggalkan anda, anda dapat dilihat sebagai bulu ekor ayam.



**Gambar 1.27** Aliran Arus Dalam Sebuah Konduktor

Arah medan magnet akibat aliran arus listrik dapat ditentukan dengan menggunakan garis tangan kanan. Pegang konduktor dalam tangan kanan dengan ujung ibu jari diarahkan pada aliran arus ujung jari-jari adalah arah medan magnet dengan konduktor melingkar.



**Gambar 1.28** Garis Tangan Kanan Untuk Konduktor

Beberapa orang menggambarkan arah arus dan arah garis gaya magnet dengan kaedah sekerup kanan.

### **Medan Magnet dalam 2 Konduktor Melingkar**

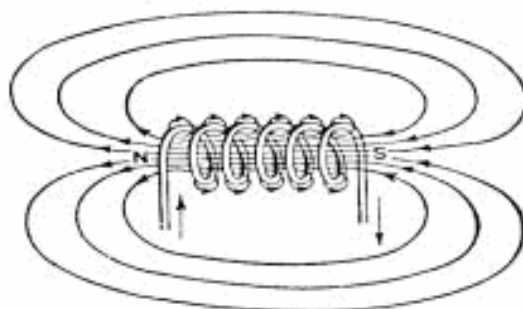
Saat dua atau lebih konduktor sisi-sisinya masing-masing mempunyai arah arus yang sama mereka akan membentuk medan magnet disekelilingnya. Saat dua konduktor yang sisisisinya mempunyai arah arus yang berlawanan, antara keduanya akan saling tolak-menolak.



**Gambar 1.29** Medan Magnet Yang Mengelilingi 2 Kkonduktor

### Medan Magnet Yang Melingkari Coil

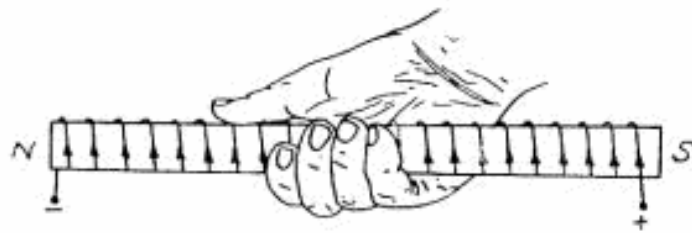
Jika konduktor dibentuk dalam coil (sebut sebuah selenoid) medan magnet akan terbentuk melingkar disekitarnya, medan magnet yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan lurus.



**Gambar 1.30** Medan Magnet Yang Mengelilingi

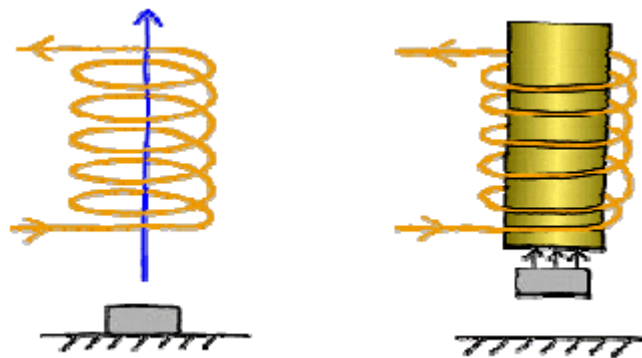
Medan magnet semacam itu melingkari batang magnet dengan kutub utara pada satu ujungnya dan kutub selatan pada ujung yang lain. Kutub utara pada elektromagnet dapat ditentukan dengan menggunakan garis tangan kanan untuk selenoid. Pegang selenoid dalam tangan kanan anda dengan ujung jari mengarah pada aliran arus. Ujung ibu jari merupakan arah ke kutub utara.





**Gambar 1.31** Garis Tangan Kanan Untuk Selenoid

Bila di dalam lilitan konduktor tersebut disisipkan besi maka kekuatan magnet yang dihasilkan menjadi sangat besar, peristiwa ini disebut gejala elektromagnetik.



**Gambar 1.32** Elektromagnetik

### Aplikasi Elektromagnet

Aplikasi konsep elektromagnet pada teknologi alat berat sangat banyak, diantaranya digunakan pada komponen relay, solenoid starter, motor starter, alternator, beberapa alat ukur dan lain-lain.

### Relay

Relay merupakan saklar yang dioperasikan secara elektrik dengan memanfaatkan gaya elektromagnet untuk menarik plat kontak. Aplikasi relay pada kendaraan sangat banyak sebab dengan relay maka arus yang melalui saklar utama dapat direduksi sehingga saklar utama lebih awet, ukuran dan tenaga untuk mengoperasikan dapat diperkecil, disain lebih kompak dan menarik.

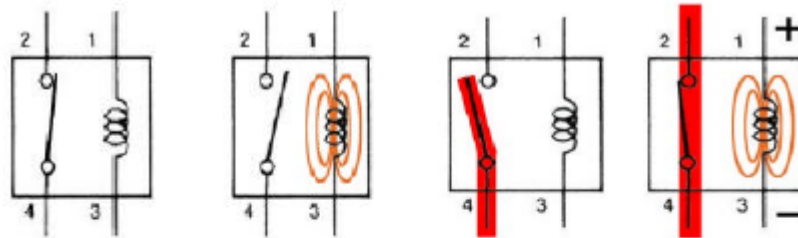
Secara umum relay dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu:

1) Relay Normaly Close (NC)

Relay NC yaitu relay yang pada kondisi normal kontaknya menutup.

2) Relay Normaly Open (NO)

Relay NO yaitu relay yang pada kondisi normal kontaknya membuka.



**Relay NC**

Relay NC yaitu relay yang pada kondisi normal kontaknya menutup, namun saat dialiri arus dari terminal 1 ke terminal 2 maka kontak membuka.

**Relay NO**

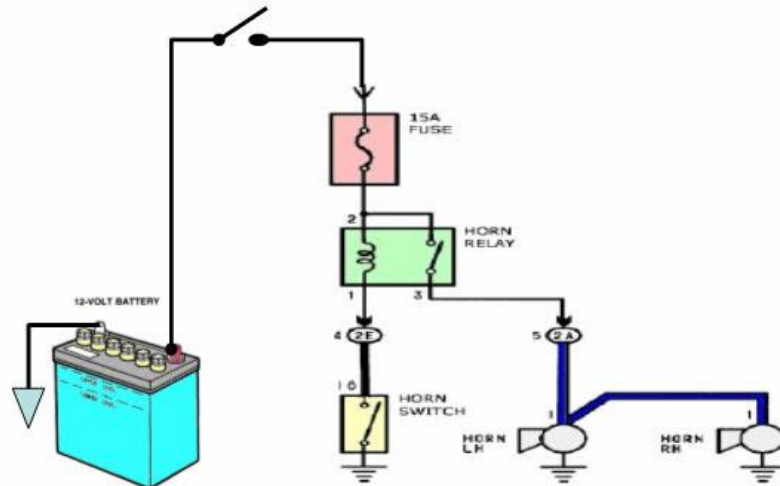
Relay NO yaitu relay yang pada kondisi normal kontaknya membuka, namun saat dialiri arus dari terminal 1 ke terminal 2 maka kontak menutup.

**Gambar 1.33** Macam Relay

**Prinsip kerja relay NO**

Gambar di bawah merupakan aplikasi relay NO pada rangkaian sistem bel (horn). Saat kontak “ON” dan tombol bel (horn switch) ditekan maka arus listrik akan mengalir dari terminal 2 relay, ke lilitan relay, terminal 1 relay, tombol bel dan ke massa. Arus listrik pada lilitan menyebabkan lilitan menjadi magnet dan menarik.

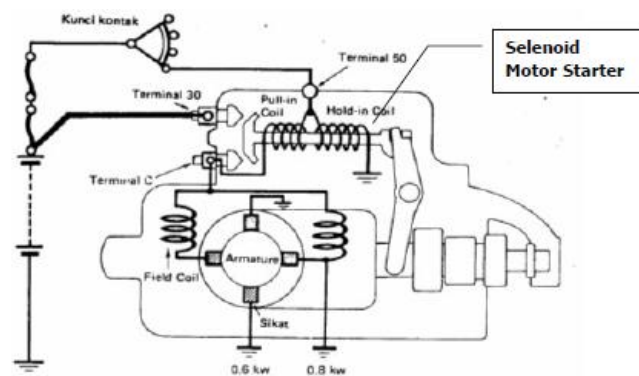
Kontak terminal 3 sehingga berhubungan dengan terminal 2. Terhubungnya terminal 3 dengan terminal 2 menyebabkan arus listrik mengalir ke bel (horn) sehingga bel berbunyi. Saat tekanan tombol dilepas maka arus yang melewati lilitan terhenti, kemagnetan hilang, hubungan antara terminal 3 dengan terminal 2 terputus, arus listrik ke bel juga terputus, sehingga bel mati.



**Gambar 34.** Rangkaian Sistem Bel Dengan Relay NO

### Solenoid

Jika sebuah penghantar digulung dalam beberapa lilitan, maka kumparan yang dibentuk oleh penghantar tersebut disebut solenoid. Aplikasi solenoid adalah untuk sakelar arus kuat dan atau digunakan untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Banyak solenoid mempunyai 2 kumparan untuk kerja yang lebih efisien. Contoh solenoid pada motor starter.



**Gambar 35.** Aplikasi Elektromagnetik Pada Solenoid Starter

Kumparan pertama berfungsi untuk menarik plunyer pada posisinya. Ini dinamakan kumparan penarik. Sedang kumparan kedua menahan plunyer pada tempatnya setelah plunyer tersebut ditarik. Kumparan itu disebut kumparan penahan. Kumparan penahan terdiri dari lilitan kawat yang banyak. Medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan tersebut tidak

cukup kuat untuk menarik plunyer masuk, tetapi cukup kuat untuk menahan plunyer pada tempatnya setelah plunyer digerakkan ke posisi masuk.

Kumparan penarik mempunyai lilitan yang lebih sedikit terdiri dari kawat dengan penampang lebih besar dan akibatnya menarik arus yang lebih besar dari pada kumparan penahan. Ketika solenoid diaktifkan, kedua kumparan mempunyai energi. Kumparan penahan secara permanen dimassakan, tetapi kumparan penarik pemassaannya melalui kumparan motor starter. Segera setelah kontak utama menutup kumparan penahan kehilangan massanya dan akibatnya tidak bekerja. Kumparan penahan tidak menahan plunyer pada posisinya.

### c. Rangkuman kegiatan belajar 3

Di Magnesia ditemukan biji besi yang mempunyai sifat magnetis yaitu sifat menarik benda logam dan biji besi tersebut disebut magnet. Magnet mempunyai sifat :

- 1) Mempunyai 2 kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan
- 2) Kutub senama tolak menolak, kutub berlainan tarik menarik
- 3) Menarik logam fero
- 4) Sekeliling magnet terdapat medan magnet

Besi, nikel, kobalt, dan logam campurannya merupakan benda Ferromagnetic yaitu logam yang mampu ditarik oleh magnet. Alnico, sebuah logam campuran aluminium nikel dan kobalt dapat dibuat magnet tetap yang sangat bagus. Sekeliling konduktor yang dialiri listrik timbul medan, arah garis gaya magnet mengikuti kaidah ibu jari tangan kanan. Saat dua konduktor yang sisi-sisinya mempunyai arah arus yang berlawanan, antara keduanya akan saling tolak-menolak, namun bila arah arus sama akan saling menguatkan, sehingga konduktor dibuat lilitan atau bentuk solenoid maka kemagnetan semakin kuat. Aplikasi solenoid dapat dilihat pada relay maupun solenoid starter.

**d. Tugas kegiatan belajar 3**

Identifikasi komponen pada kendaraan alat berat sebagai aplikasi elektromagnetik.

**e. Test formatif kegiatan belajar 3**

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud magnet. Bagaimana sifat magnet?
- 2) Sebutkan macam magnet berdasarkan asal maupun metode pembuatannya.
- 3) Jelaskan hubungan arah arus dan medan magnet yang dibentuk.
- 4) Bagaimana dampak suatu penghantar yang dilalui arus saling berdekatan dimana arah aliran searah dan arah aliran tidak searah.
- 5) Apa yang dimaksud selenoid ?, Sebutkan salah satu contoh aplikasi selenoid, jelaskan prinsip kerjanya.

**f. Kunci Jawaban Formatif Kegiatan Belajar 3**

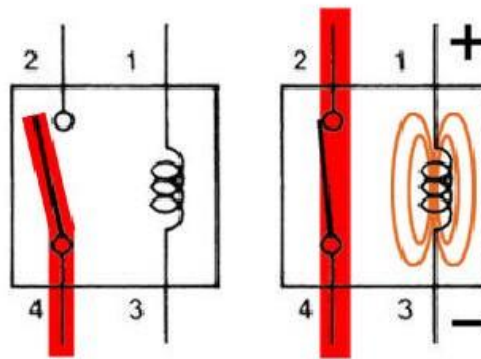
- 1) Magnet merupakan bahan yang mempunyai daya magnetis, yaitu sifat menarik benda feromagnetis seperti besi, kolbat, nikel. Sifat magnet antara lain:
  - a) Mempunyai 2 kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan
  - b) Kutub senama tolak menolak, kutub berlainan tarik menarik
  - c) Menarik logam fero magnetik
  - d) Sekeliling magnet terdapat medan magnet
- 2) Berdasarkan asalnya magnet dapat dikelompokkan menjadi magnet alam dan magnet buatan, sedangkan bila ditinjau ketahanan sifat magnetnya, maka magnet dapat dikelompokkan menjadi magnet tetap (permanent) dan magnet tidak tetap (remanent).
- 3) Sekeliling konduktor yang dialiri listrik timbul medan, arah garis gaya magnet mengikuti kaidah ibu jari tangan kanan. Ibu jari menunjukkan arah aliran listrik dan jari yang lain menunjukkan arah medan magnet yang dihasilkan.
- 4) Saat dua konduktor yang sisi-sisinya mempunyai arah arus yang berlawanan, maka medan magnet yang dihasilkan antara keduanya akan

saling tolak-menolak, namun bila arah arus sama akan saling menguatkan, sehingga konduktor dibuat.

- 5) Solenoid merupakan penghantar yang dibentuk menjadi lilitan, bila lilitan dialiri listrik maka akan menghasilkan magnet yang saling memperkuat, apalagi bila didalam lilitan disisipkan besi, maka akan menghasilkan magnet yang sangat kuat. Contoh aplikasi solenoid adalah relay.

Prinsip kerja:

Bila kaki 1 mendapat positif baterai dan kaki 3 mendapat negatif baterai maka terjadi aliran listrik pada lilitan relay, sehingga inti lilitan menjadi magnet dan menarik plat kontak sehingga terminal 4 berhubungan dengan terminal 2.



### g. Lembar Kerja 3

**Tujuan :** Setelah mencobah lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

- 1) Membuat elektro magnet
- 2) Menjelaskan sifat magnet

**Alat dan Bahan:**

- 1) Lilitan
- 2) Inti besi
- 3) Kertas
- 4) Serbuk besi
- 5) Baterai

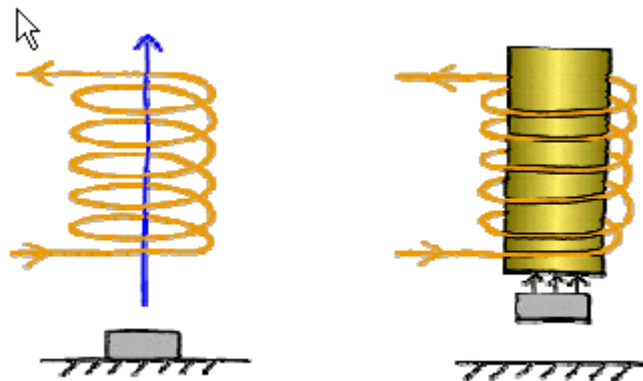
## Keselamatan Kerja

Lakukan percobaan dengan hati-hati, hindari pakaian anda kontak langsung dengan cairan baterai (elektrolit baterai).

## Langkah Kerja

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
- 2) Lakukan percobaan sebagai berikut:
  - a) Aliri lilitan dengan listrik
  - b) Letakkan sepotong besi di bawah lilitan
  - c) Sisipkan inti besi pada lilitan
  - d) Putus aliran listrik pada lilitan, Catan data yang anda peroleh

Kondisi Pengamatan	Posisi saklar	Akibat pada besi
Lilitan tanpa inti besi dengan besi dibawahnya	ON	
	OFF	
Lilitan dengan inti besi dengan besi dibawahnya	ON	
	OFF	



- 3) Letakkan selembar kertas sebelah lilitan yang dialiri listrik. Kemudian taburkan serbuk besi. Gambarkan medan magnet yang dibentuk.
- 4) Bersihkan tempat kerja dan Kembalikan alat dan bahan ke tempat semula.

## Tugas

- 1) Analisis data hasil percobaan yang saudara peroleh

- 2) Mengapa serbuk besi banyak mengumpul pada ujung lilitan atau inti besi ?

**4. Kegiatan Belajar 4 : Mendemonstrasikan timbulnya induksi sendiri dan mutual pada kemagnitan**

**a. Tujuan Kegiatan Belajar 4 : Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:**

- 1) Menjelaskan terjadinya induksi elektromagnetik
- 2) Menjelaskan terjadinya induksi diri

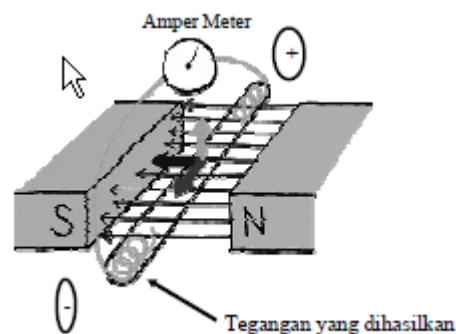


- 3) Menjelaskan terjadinya mutual induction
- 4) Menjelaskan prinsip kerja generator DC
- 5) Menjelaskan prinsip kerja generator AC
- 6) Menjelaskan kaedah tangan kiri Fleming
- 7) Menjelaskan prinsip kerja motor DC

#### **b. Uraian materi kegiatan belajar 4**

##### **Induksi Elektromagnetik**

Bila suatu penghantar digerakkan memotong suatu medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dihasilkan suatu arus listrik. Listrik yang dihasilkan disebut induksi elektromagnetik.



**Gambar 1.36** Induksi Elektromagnetik

Semakin cepat kita menggerakkan penghantar semakin besar induksi elektromagnetik yang dihasilkan, semakin banyak penghantar yang memotong medan magnet semakin besar induksi elektromagnetik yang dihasilkan, semakin kuat medan magnet yang dipotong oleh penghantar semakin besar induksi elektromagnetik yang dihasilkan.

Besarnya induksi elektromagnetik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = B \cdot L \cdot V$$

E = Besar induksi elektromagnetik

B = Kuat medan magnet

L = Panjang penghantar

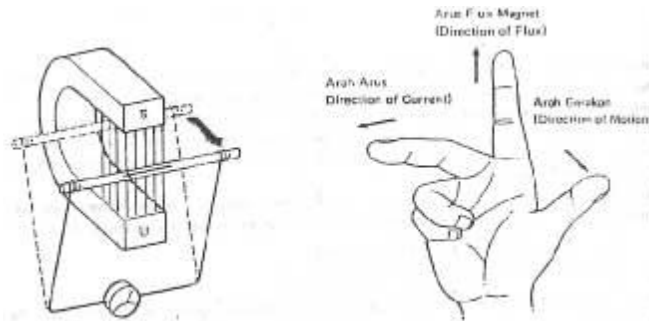
$V =$  Kecepatan memotong medan magnet

Dari rumus tersebut nampak bahwa besarnya induksi elektromagnetik yang dihasilkan berbanding lurus dengan:

- 1) Kecepatan pemotongan medan magnet.
- 2) Panjang penghantar yang memotong medan magnet
- 3) Kuat medan magnet

### **Kaedah Tangan Kanan Fleming**

Arah arus listrik ditentukan oleh arah gerakan penghantar dan arah garis gaya magnet dan arah gerak memotong. Kaedah tangan kanan Fleming's merupakan kaedah yang menunjukkan hubungan arah garis gaya magnet, arah gerak penghantar memotong dan arah arus yang dihasilkan, menurut kaedah Fleming, s ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, jari telunjuk menunjukkan arah garis gaya magnet dan jari tengah menunjukkan arah arus listrik yang dihasilkan.

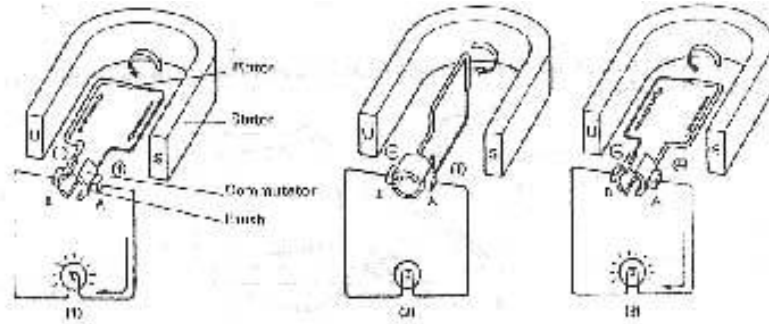


**Gambar 1.37** Kaedah Tangan Kanan Fleming

### **Prinsip Kerja Generator Listrik (Generator DC)**

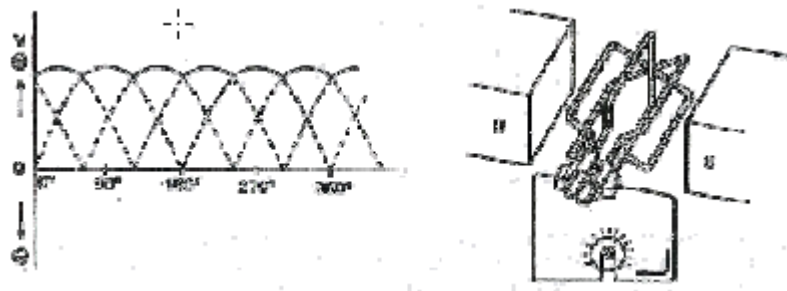
Sebuah penghantar dibentuk “U”, di ujung penghantar dipasang komutator, pada komutator menempel sikat. Sikat “A” merupakan sikat positif dan sikat “B” adalah sikat negatif. Saat penghantar diputar maka penghantar tersebut akan memotong medan magnet sehingga menghasilkan induksi elektromagnetik. Besar arus listrik berubah sesuai kuat medan magnet yang dipotong, dengan

pemasangan komutator memungkinkan arah arus yang dihasilkan tetap konstan karena hubungan sikat dengan penghantar akan berpindah dari sikat “A” ke sikat “B”, demikian seterusnya.

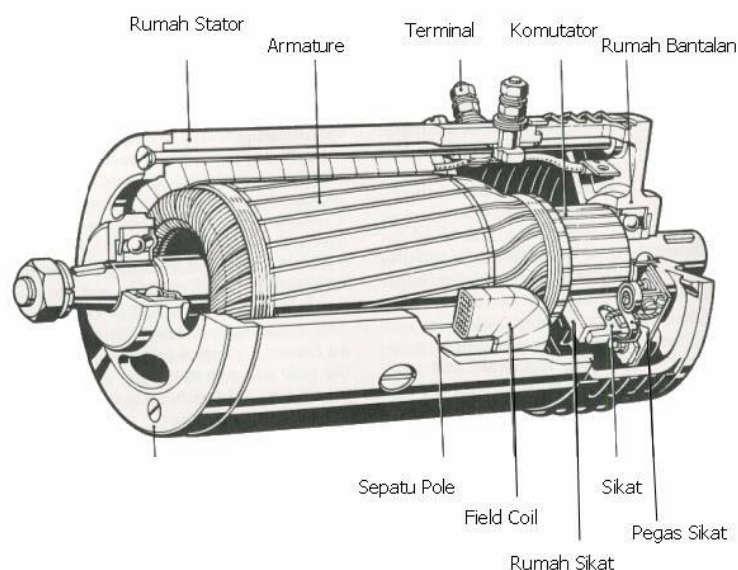


**Gambar 1.38** Prinsip generator DC

Dalam kenyataan jumlah penghantar sangat banyak, namun sikat tetap 2 buah, dengan banyaknya penghantar maka gelombang listrik yang dihasilkan menjadi lebih rapat, sehingga arus yang dihasilkan mendekati arus searah (DC).



**Gambar 1.39** Gelombang listrik generator DC



**Gambar 1.40** Konstruksi generator DC

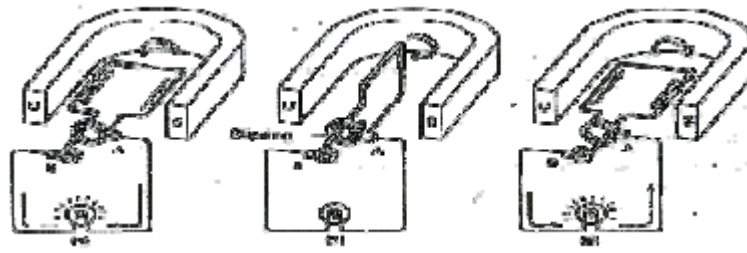
Sistem pengisian generator DC pada saat ini sudah jarang digunakan. Beberapa kelemahan sehingga tidak digunakan antara lain:

- 1) Ukuran generator lebih besar dibandingkan alternator untuk daya yang sama.
- 2) Diperlukan pemutus arus ke baterai saat generator belum bekerja (cut out), pada alternator menggunakan diode.
- 3) Usia sikat lebih pendek sebab sikat berhubungan dengan komutator yang konstruksinya bergaris-garis, sedangkan pada alternator menggunakan slip ring.

### **Prinsip Kerja Generator AC (Alternator)**

Bila pada generator DC sebuah penghantar dibentuk “U”, di ujung penghantar dipasang komutator, pada komutator menempel sikat. Sikat “A” merupakan sikat positif dan sikat “B” adalah sikat negatif, maka pada generator AC (alternator) kedua ujung penghantar

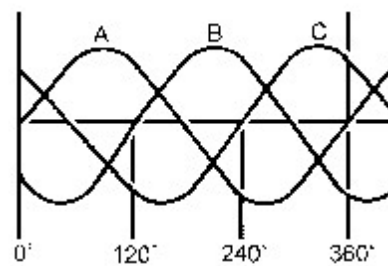
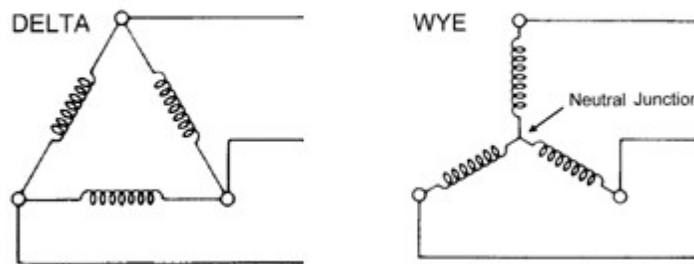
dihubungkan ke slip ring dan jenis sikat sudah tidak jelas karena berubah ubah sesuai posisi penghantar. Saat penghantar diputar maka penghantar tersebut akan memotong medan magnet sehingga menghasilkan induksi elektromagnetik. Arah arus yang dihasilkan akan berubah-ubah, pada posisi (1) arah arus menuju sikat “A”, namun pada posisi (2) arah arus berubah menuju sikat “B”. Perubahan tersebut dapat digambarkan dalam fungsi gelombang sinus.



**Gambar 1.41** Prinsip Alternator

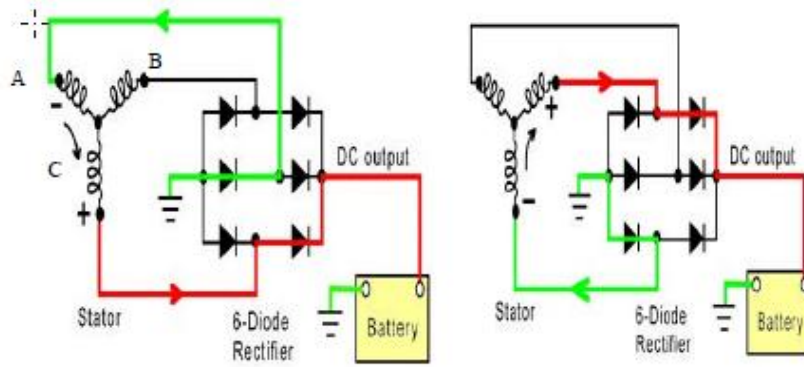
Dalam kenyataan pada alternator bagian yang bergerak adalah magnetnya, sedangkan penghantar merupakan lilitan yang diam atau stator coil. Model stator coil ada dua macam yaitu model segitiga (delta designs) dan model Y (WYE Designs). Listrik yang dihasilkan merupakan listrik tiga phase dengan selisih  $120^\circ$ .

Stator Designs



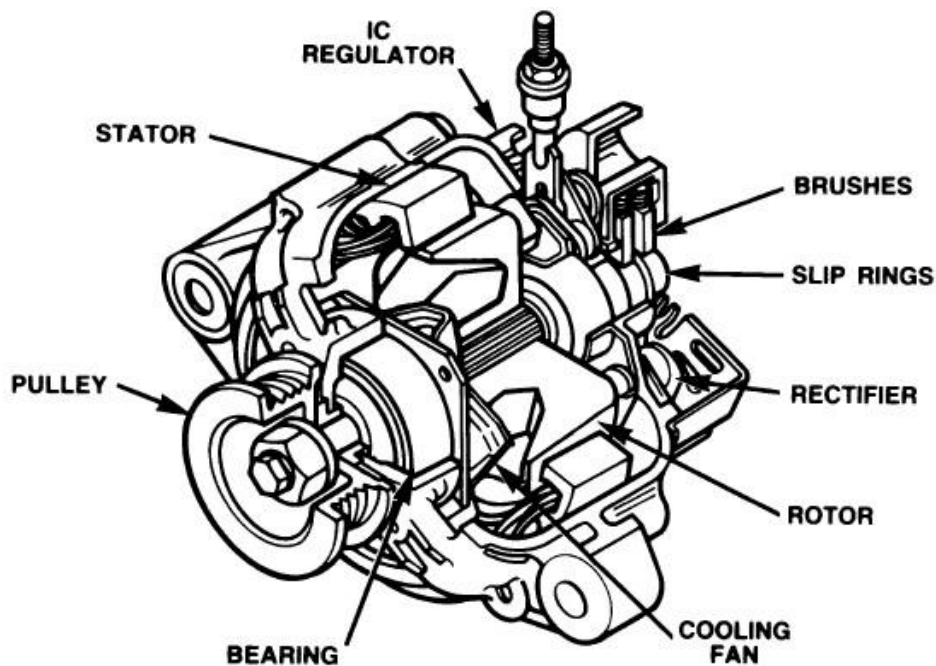
**Gambar 1.41** Model stator coil

Baterai merupakan arus searah, oleh karena itu listrik yang dihasilkan alternator harus disearahkan menggunakan diode. Prinsip kerja penyearahan arus listrik yang dihasilkan stator coil pada alternator adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.42** Prinsip penyearahan arus listrik dari stator coil

Saat rotor alternator berputar maka terjadi induksi elektromagnetik pada stator coil, gambar 10 a, menunjukkan bahwa ujung stator coil “A” negatif dan ujung stator coil “C” menghasilkan arus positif, arus yang dihasilkan stator coil “C” disearahkan oleh diode positif “C” , kemudian dialirkan ke baterai (battery). Rotor terus berputar sehingga stator coil “C” yang tadinya menghasilkan arus positif menjadi menghasilkan arus negatif, arus positif dihasilkan oleh stator coil “B”, arus yang dihasilkan stator coil “B” disearahkan oleh diode positif “B”, kemudian dialirkan ke baterai. Demikian seterusnya sehingga secara bergantian stator coil menghasilkan gelombang listrik dan disearahkan oleh diode, selisih gelombang satu dengan yang lain 120°.

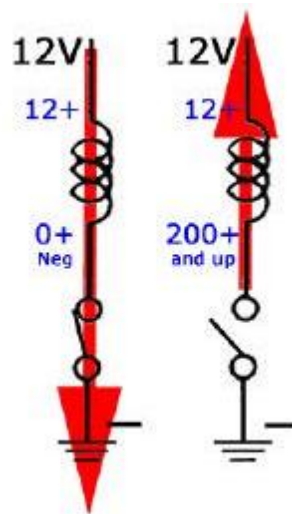


**Gambar 1.43** Konstruksi alternator

### Induksi Diri (Self Induction)

Fenomena induksi diri terjadi pada suatu lilitan yang dialiri arus listrik, kemudian aliran listrik diputus, maka pada lilitan akan dihasilkan tegangan induksi, arah aliran listrik yang dihasilkan berlawanan dengan arah arus masuk. Contoh tegangan induksi pada relay.

Perhatikan gambar berikut, dimana saat kontak ON maka arus listrik dari baterai sebesar 12 V mengalir melalui lilitan ke kontak dan ke massa. Akibat aliran listrik maka inti lilitan menjadi magnet. Saat kontak digerakan sehingga OFF maka aliran listrik terputus dan kemagnetan hilang. Adanya perubahan kemagnetan pada lilitan menyebabkan terjadi induksi diri pada lilitan sampai 200 V, dan arah aliran listrik hasil induksi berlawanan dengan arah aliran listrik saat masuk.

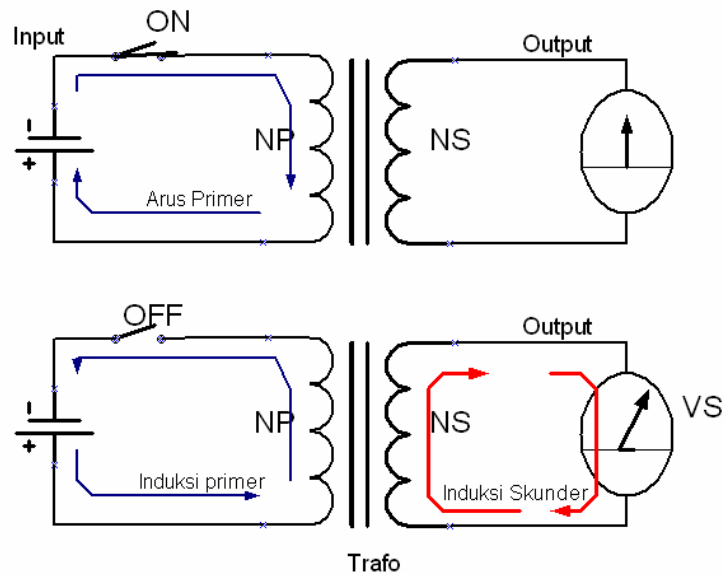


**Gambar 1.44** Induksi Diri Pada Rrelay

### Induksi Bersama (Mutual Induction)

Mutual induction terjadi bila terdapat dua lilitan yang saling berdekatan yaitu lilitan primer maupun lilitan sekunder. Konsep ini terjadi pada koil pengapian. Sumber energi listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan otomotif dengan tegangan 12 Volt, padahal busi memerlukan tegangan yang sangat tinggi yaitu puluhan ribu volt, untuk merubah tegangan 12 V menjadi tegangan tinggi

diperlukan Step-Up Trafo, pada sistim pengapian step-up trafo adalah koil pengapian (ignition coil).



**Gambar 1.45** Prinsip induksi

Saat kontak ON maka arus listrik mengalir ke primer, inti koil menjadi magnet. Saat kontak OFF, arus listrik mengalir ke primer koil terhenti, kemagnetan hilang, maka terjadi induksi pada lilitan primer dengan arah arus berlawanan dengan arah arus saat masuk. Pada skunder koil juga terjadi induksi hal ini dapat ditunjukkan pada voltmeter. Besar induksi pada sekunder koil sangat tinggi karena jumlah lilitan sekunder koil sangat banyak.

Besar tegangan induksi dapat dirumuskan:

$$E = N \cdot d \Phi / dt$$

E = tegangan induksi (Volt)

N = jumlah gulungan

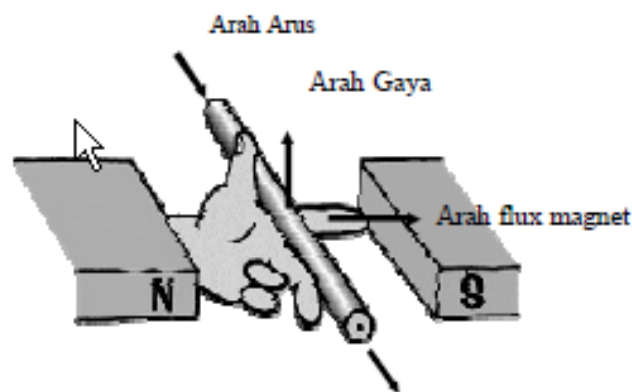
d  $\Phi$  = jumlah perubahan garis gaya magnet (Weber)

dt = perubahan waktu



### Kaedah Tangan Kiri Fleming

Bila penghantar dialiri listrik berada diantara kutup magnet maka penghantar tersebut akan bergerak. Hubungan antara arah arus listrik, arah garis gaya magnet dan arah gerakan digambarkan dengan kaidah tangan kiri Fleming. Jari telunjuk menggambarkan arah arus listrik, jari tengah merupakan arah garis gaya magnet (magnetic flux) dan ibu jari menunjukkan arah gerakan yang dihasilkan.

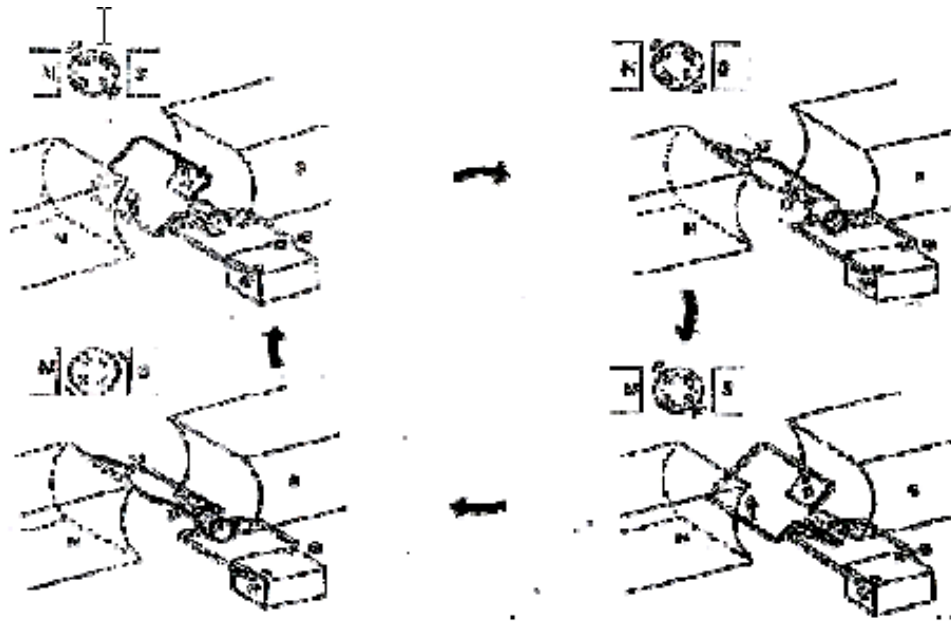


**Gambar 1.46** Kaedah tangan kiri Fleming

Aplikasi konsep ini dapat dilihat pada motor listrik, dimana suatu penghantar dibentuk “U” dan ujung penghantar dihubungkan dengan komutator dan komutator dihubungkan dengan sikat dan kedua sikat dihubungkan baterai, maka penghantar yang arah alirannya menjauh akan bergerak ke bawah dan yang arah aliran mendekat akan bergerak ke atas. Kedua arah gerak tersebut membuat gaya kopel atau momen.

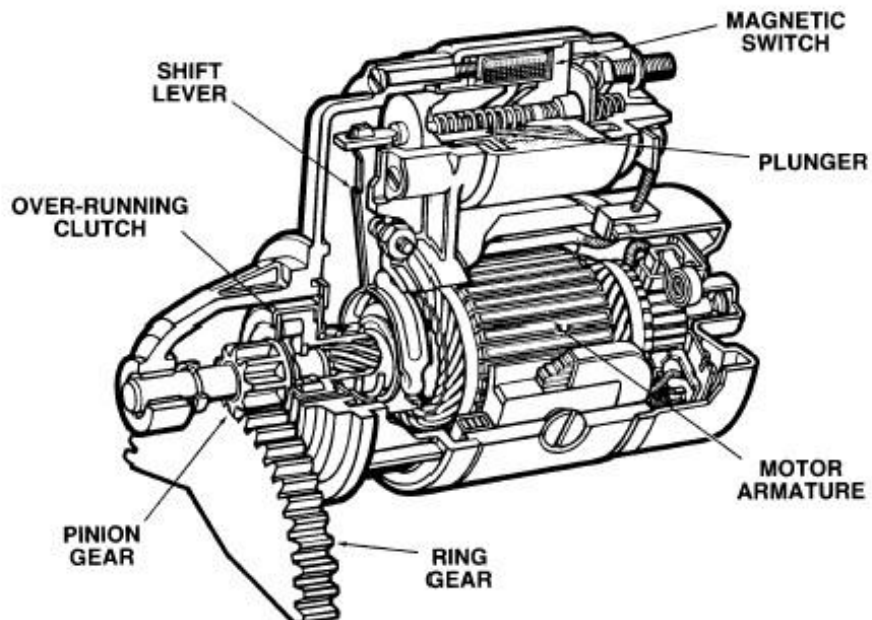
putar dengan arah putaran searah jarum jam. Kuat momen yang dihasilkan tergantung dari kuat medan magnet, besar arus yang mengalir dan panjang lilitan. Saat penghantar berputar maka kamutator yang berhubungan dengan sikat positif akan berpindah berhubungan dengan sikat negatif, demikian juga sebaliknya. Namun arah aliran listrik penghantar yang dekat kutub utara tetap yaitu menjauh dan yang dekat kutub selatan.

arah alirannya mendekat, dengan demikian maka arah gerak penghantar akan tetap yaitu searah jarum.



**Gambar 1.47** Prinsip kerja motor starter

Pada motor starter sebenarnya jumlah penghantarnya cukup banyak dan tiap ujung penghantar dihubungkan ke komutator, dengan banyaknya penghantar tersebut memungkinkan motor dapat berputar dengan stabil. Penghantar tersebut sering disebut rotor koil atau armatur.



**Gambar 1.48** Konstruksi motor starter

### **c. Rangkuman kegiatan belajar 4**

Bila suatu penghantar digerakkan memotong suatu medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dihasilkan induksi elektromagnetik, besar induksi elektromagnetik dipengaruhi oleh kecepatan pemotongan medan magnet, panjang penghantar yang memotong medan magnet dan kuat medan magnet. Hubungan antara arah gerakan, arah flux dan arah arus ditunjukkan oleh kaedah tangan kanan Fleming, s di mana ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, jari telunjuk menunjukkan arah garis gaya magnet dan jari tengah menunjukkan arah arus listrik yang dihasilkan. Konsep elektromagnetik diaplikasikan pada generator. Generator ada 2 macam yaitu generator DC dan generator AC. Generator AC saat ini lebih banyak digunakan pada kendaraan, generator AC juga disebut Alternator.

Induksi diri merupakan listrik yang dihasilkan saat pemutusan arus pada sebuah lilitan, arus induksi berlawanan dengan arah arus masuk. Fenomena ini dapat dijumpai pada lilitan relay. Induksi bersama merupakan listrik yang dihasilkan saat pemutusan arus pada dua buah lilitan yaitu induksi pada lilitan primer dan induksi pada lilitan sekunder.. Fenomena ini dapat dijumpai pada koil pengapian. Bila penghantar dialiri listrik berada diantara kutub magnet maka medan magnet maka penghantar tersebut akan ditolak bergerak keluar. Hubungan antara arah arus listrik, arah garis gaya magnet dan arah gerakan digambarkan dengan kaidah tangan kiri Fleming. Jari telunjuk menggambarkan arah arus listrik, jari tengah merupakan arah garis gaya magnet (magnetic flux) dan ibu jari menunjukkan arah gerakan yang dihasilkan. Konsep ini diaplikasikan pada motor listrik.

### **d. Tugas kegiatan belajar 4**

Identifikasi komponen kelistrikan yang mengaplikasikan konsep:

- 1) Elektromagnet
- 2) Induksi elektromagnetik
- 3) Induksi diri (Self induction)
- 4) Induksi bersama (mutual induction)

**e. Test Formatif kegiatan belajar 4**

- 1) Jelaskan bagaimana terjadinya induksi electromagnet
- 2) Jelaskan kaedah tangan kanan Fleming
- 3) Jelaskan prinsip kerja generator DC
- 4) Jelaskan prinsip kerja generator AC
- 5) Jelaskan terjadinya induksi diri
- 6) Jelaskan bagaimana terjadinya induksi bersama
- 7) Jelaskan kaedah tangan kiri Fleming
- 8) Jelaskan prinsip kerja motor listrik

**f. Kunci Jawaban Formatif kegiatan belajar 4**

- 1) Induksi electromagnet terjadi bila suatu penghantar memotong suatu medan magnet, atau medan magnet yang memotong penghantar dan pada penghantar tersebut akan dihasilkan listrik. Besar induksi elektromagnetik dipengaruhi oleh kecepatan pemotongan medan magnet, panjang penghantar yang memotong medan magnet dan kuat medan magnet.
- 2) Kaedah tangan kanan Fleming menggambarkan hubungan antara arah gerakan, arah flux magnet dan arah arus yang dihasilkan dimana ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, jari telunjuk menunjukkan arah garis gaya magnet dan jari tengah menunjukkan arah arus listrik yang dihasilkan
- 3) Prinsip kerja generator DC adalah sebagai berikut: Sebuah penghantar dibentuk "U", di ujung penghantar dipasang komutator, pada komutator menempel sikat. Sikat "A" merupakan sikat positif dan sikat "B" adalah sikat negatif. Saat penghantar diputar maka penghantar tersebut akan memotong medan magnet sehingga menghasilkan induksi elektromagnetik. Besar arus listrik berubah sesuai kuat medan magnet yang dipotong, dengan pemasangan komutator memungkinkan arah arus

- yang dihasilkan tetap konstan karena hubungan sikat dengan penghantar akan berpindah dari sikat “A” ke sikat “B”, demikian seterusnya.
- 4) Induksi diri terjadi pada suatu lilitan yang dialiri arus listrik, kemudian aliran listrik diputus, maka pada lilitan tersebut akan dihasilkan tegangan induksi, arah aliran listrik yang dihasilkan berlawanan dengan arah arus masuk
  - 5) Induksi bersama terjadi bila pada lilitan yang dialiri arus terdapat lilitan lain, dimana saat kontak ON maka arus listrik mengalir ke primer, inti koil menjadi magnet. Saat kontak OFF, arus listrik mengalir ke primer koil terhenti, kemagnetan hilang, maka terjadi induksi pada lilitan primer dan lilitan sekunder bersama-sama. Besar induksi tergantung dari jumlah lilitan, kecepatan perubahan kemagnetan, dan besar kemagnetan.
  - 6) Kaidah tangan kiri Fleming menggambarkan hubungan antara arah arus, arah flux magnet dan arah gerakan yang dihasilkan pada motor listrik, dimana jari telunjuk menggambarkan arah arus listrik, jari tengah merupakan arah garis gaya magnet (magnetic flux) dan ibu jari menunjukkan arah gerakan yang dihasilkan.
  - 7) Prinsip motor listrik adalah: Bila suatu penghantar dibentuk “U” dan ujung penghantar dihubungkan dengan komutator. Komutator dihubungkan dengan sikat dan kedua sikat dihubungkan baterai, maka penghantar yang arah alirannya menjauh akan bergerak ke bawah dan yang arah aliran mendekat akan bergerak ke atas. Kedua arah gerak tersebut membuat gaya kopel atau momen putar dengan arah putaran searah jarum jam. Kuat momen yang dihasilkan tergantung dari kuat medan magnet, besar arus yang mengalir dan panjang lilitan.

#### **g. Lembar Kerja kegiatan belajar 4**

**Tujuan :**Setelah membaca lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

- 1) Menjelaskan prinsip generator DC dan bagian-bagian generator
- 2) Menjelaskan prinsip motorDC dan bagian-bagian motor listrik

## Alat dan Bahan

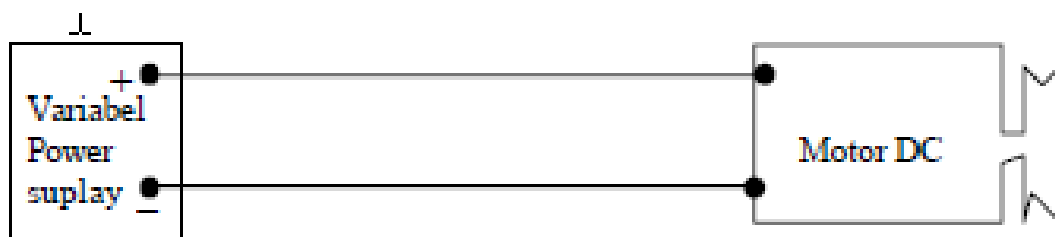
- 1) Motor DC
- 2) Variabel Power Suplay
- 3) Multimeter
- 4) Bola lampu
- 5) Kabel penghubung

## Keselamatan Kerja

Lakukan percobaan dengan hati -hati, hindari pakaian anda kontak langsung dengan cairan baterai (elektrolit baterai). Pemasangan Ampermeter dilakukan secara seri dan pemasangan voltmeter secara parallel.

## Langkah Kerja

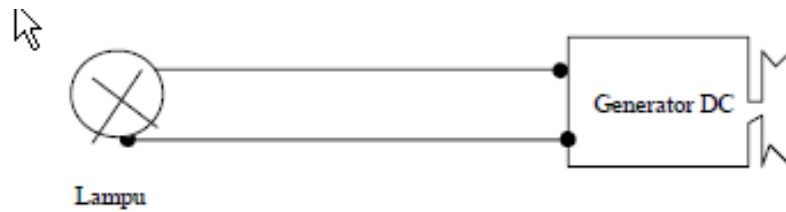
- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
- 2) Bongkar motor DC dan indentifikasi bagian-bagiannya, serta cara kerjanya, rakit kembali motor DC yang telah dibongkar.
- 3) Buatlah rangkaian seperti dibawah ini, dan atur tegangannya, amati perubahan putaran yang terjadi.



Tegangan	6V	9V	12 V
Putaran motor	L / M / H	L / M / H	L / M / H

Keterangan: L = lambat, M = menengah, H = cepat. Coret yang tidak perlu

- 4) Lepas power suplay dan hubungkan kabel output motor dengan lampu seperti gambar dibawah ini, Putar generator dan amati tingkat terang lampu



Putaran	Lambat	Menengah	Cepat
Putaran motor	R / AT / T	R / AT / T	R / AT / T

Keterangan: R = Redup, AT = Agak Terang, T = Terang.

Coret yang tidak perlu

- 5) Bersihkan tempat kerja dan Kembalikan alat dan bahan ke tempat semula

**h. Tugas:**

- 1) Bagaimana hubungan tegangan dan putaran motor DC?
- 2) Bagaimana hubungan putaran dengan tingkat terang lampu ?

## 5. Kegiatan Belajar 5 : Menggunakan *electric wire*

### a. Tujuan Kegiatan Belajar 5: Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

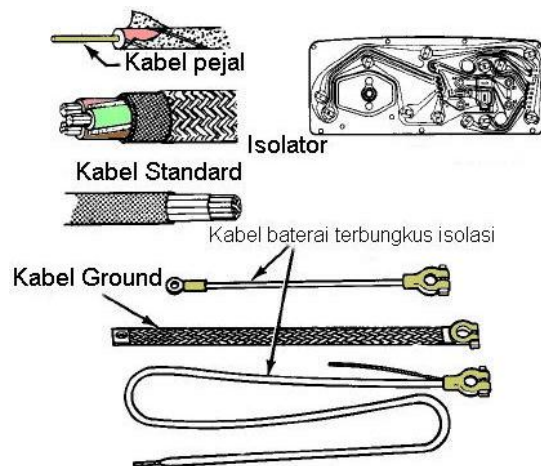
- 1) Menyebutkan macam kabel yang digunakan pada kendaraan
- 2) Mengidentifikasi kode warna yang digunakan pada kabel
- 3) Menentukan ukuran kabel yang digunakan
- 4) Menjelaskan fungsi dan macam konektor
- 5) Menjelaskan metode memperbaiki kabel

### b. Uraian materi kegiatan belajar 5

#### Kabel (Wires)

Kabel merupakan konduktor digunakan sebagai media mengalirkan listrik. Terdapat beberapa tipe kabel, diantaranya:

- 1) Kabel yang terbungkus isolator tipe pejal dan tipe serabut. Kabel tipe serabut yang paling banyak digunakan pada kelistrikan otomotif.
- 2) Kabel tanpa isolator, kabel jenis ini digunakan sebagai kabel bodi/ground. Kabel ini menghubungkan antara blok mesin dengan bodi/rangka kendaraan.



**Gambar 1.49** Macam kabel

Berdasarkan besar arus mengalir kabel dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

- 1) Kabel diameter kecil yaitu kabel yang digunakan untuk beban lampu dan asesoris lainnya.
- 2) Kabel diameter besar yaitu kabel yang digunakan untuk kabel baterai.



### Kode Warna Kabel

Guna mempermudah identifikasi maupun penelusuran bila terjadi kerusakan pada rangkaian kelistrikan maka isolator kabel dibuat warna. Pada wiring diagrams warna kabel ditunjukkan dalam kode abjad, karena terbatasnya warna maka warna isolator kabel ada yang model diberi garis strip. Pengkode kabel model ini warna kabel yang dominan diletakan depan sedangkan strip diletakkan dibelakang. Contoh: kabel satu warna dengan kode “B” berarti warna kabel adalah hitam (black), sedangkan kode “B-W” berarti warna kabel adalah hitam strip putih (white).

**Tabel 1** Kode Warna Kabel

Warna	Kode	Warna	Kode
Black (hitam)	B	Orange (oranye)	O
Brown (coklat)	BR	Pink(merah muda)	P
Green (hijau)	G	Red (merah)	R
Gray (abu-abu)	GR	Violet (ungu)	V
Blue (biru)	L	White (putih)	W
Light Blue (hijau muda)	LG	Yellow (kuning)	Y



### Hubungan Antara Diameter dan Panjang Kabel dengan

#### Tahanan Listrik

Tahanan listrik berbanding lurus dengan panjang kabel tetapi berbanding terbalik dengan diameter kabel. Ini berarti semakin panjang kabel listrik, semakin besar pula tahananannya, tetapi semakin besar diameter kabel listrik semakin kecil tahananannya. Berdasarkan pengertian diatas tahanan suatu kabel listrik dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

R = Tahanan listrik ..... ?

$\rho$  = Tahanan jenis ..... ? m

l = Panjang kabel ..... m

A = Luas penampang kabel ..... m<sup>2</sup>

**Tabel 2.** Tahanan jenis pada temperature 20 °C

Bahan	$\rho$ /m	Bahan	$\rho$ /m
Aluminium	$2,75 \times 10^{-8}$	Tungsten	$5,25 \times 10^{-8}$
Besi	$9,68 \times 10^{-8}$	Mangan	$48,2 \times 10^{-8}$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$	Karbon	$3 \times 10^{-5}$
Perak	$1,62 \times 10^{-8}$	Germanium	$5 \times 10^{-1}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	Silikon	0,1 - 60
Tembaga	$1,69 \times 10^{-8}$	Kaca	$10^9 - 10^{12}$

### Menentukan Ukuran Kabel

Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa semakin panjang kabel semakin besar tahanan listriknya, dan semakin kecil kabel tahanan semakin besar. Guna memudahkan pemakaian maka SAE ( Society of Automotive Engineer) mengeluarkan pedoman AWG (American Wire Gauge) seperti table berikut ini:

**Tabel 3.** Ukuran Kabel

Metric (mm <sup>2</sup> )	SAE AWG(gage)	Ohm per 1000 feet
0,5	20	10,0
0,8	18	6,9
1,0	16	4,7
2,0	14	2,8
3,0	12	1,8
5,0	10	1,1
8,0	8	0,7
13,0	6	0,4
19,0	4	0,3
32,0	2	0,2
40,0	1	0,14
50,0	0	0,11
62,0	00	0,09

### Contoh :

Tentukan besar tahanan untuk kabel 14 gage, dengan panjang 18 feet. Dari table diatas dapat diketahui tahanan kabel 14 gage adalah 2,8 Ohm tiap 1000 feet atau 0,0028 ohm per feet, sehingga besar tahanan =  $0,0028 \times 18 = 0,05$  Ohm.

Pemilihan kabel yang digunakan pada sistem kelistrikan tergantung dari besar arus yang akan mengalir atau beban. Semakin besar arus yang mengalir atau semakin besar beban semakin kesar ukuran kabel yang digunakan. Selain besar arus dan beban juga dipengaruhi jarak antara sumber dengan beban. Guna

memper memudahkan pemilihan SAE mengeluarkan pedoman pemilihan kabel seperti table berikut ini:

**Tabel 4.** Pedoman Pemilihan Ukuran Kabel (Wire Gage)

Arus Amp	Daya Watt	Panjang Kabel (feet)							
		3	5	7	10	15	20	25	30
1	12	20	20	20	20	20	20	20	20
1,5	18	20	20	20	20	20	20	20	20
2	24	20	20	20	20	20	20	20	20
3	36	20	20	20	20	20	20	20	20
4	48	20	20	20	20	20	20	20	18
5	60	20	20	20	20	20	20	18	18
6	72	20	20	20	20	20	18	18	18
7	84	20	20	20	20	18	18	18	16
8	96	20	20	20	18	18	18	16	16
10	120	20	20	20	18	18	16	16	16
11	132	20	20	20	18	16	16	16	14
12	144	20	20	20	18	16	16	14	14
15	180	20	20	20	18	16	14	14	12
18	216	20	20	18	16	14	14	12	12
20	240	20	20	18	16	14	12	12	10
22	264	20	18	16	14	12	12	10	10

**Contoh :**

Tentukan ukuran kabel untuk lampu penerangan dengan daya 200 W, bila jarak lampu sampai sumber listrik sejauh 18 feet. Tentukan pula penurunan tegangan akibat panjang kabel.

Besar arus yang mengalir adalah  $I = P / V = 200 / 12 = 16,6 \text{ A}$

Ukuran kabel untuk daya 200W dengan jarak 18 feet dari table diatas adalah 14 gage atau luas penampang 2,0 mm<sup>2</sup> .

Dari table diatas dapat diketahui tahanan kabel 14 gage adalah 2,80hm tiap 1000 feet atau 0,0028 ohm per feet, sehingga besar tahanan = 0,0028 x 18 = 0,05 Ohm. Dengan demikian besar voltage drop sebesar  $V = I \times R = 16,6 \times 0,05 = 0,83 \text{ Volt}$ .

**Hubungan Antara Temperatur dan Tahanan Listrik**

Tahanan listrik pada konduktor akan berubah dengan adanya perubahan temperatur konduktor/kabel. Biasanya tahanan listrik akan naik bila temperatur naik. Hal tersebut dapat dipahami dengan cara berikut. Bila sebuah lampu yang

dihubungkan dengan baterai dengan sebuah kawat tembaga, kemudian kawat tersebut dipanaskan dengan api maka lampu tersebut semakin lama akan semakin redup.

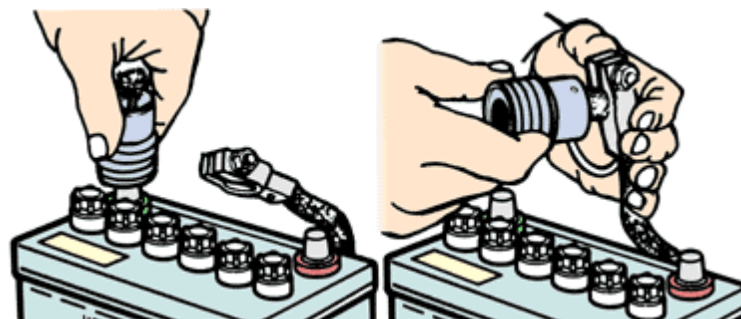


**Gambar 1.50** Beberapa Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Tahanan

### Tahanan Sambungan

Tahanan sambungan adalah tahanan yang diakibatkan oleh sambungan yang kendor atau kotor. Bila arus listrik melewati sambungan yang kendor akan menyebabkan sambungan menjadi panas. Panas ini akan memperbesar tahanan dan mempercepat timbulnya korosi. Tahanan sambungan dapat diperkecil dengan membersihkan sambungan dan mengeraskan sambungan.

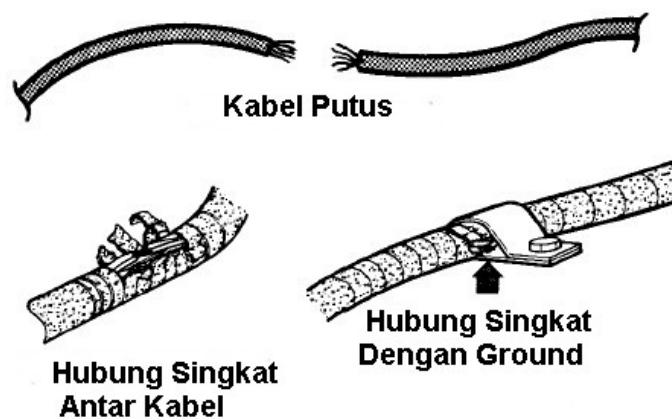
Terminal baterai merupakan terminal yang paling sering kendor dan kotor akibat korosi yang disebabkan asam sulfat dari uap elektrolit baterai. Akibat terminal kendor dan kotor menyebabkan tahanan meningkat sehingga menyebabkan gangguan suplai listrik terutama saat mesin distarter, oleh karena itu terminal ini harus sering diperiksa dan dibersihkan.



**Gambar 1.51** Membersihkan terminal baterai

## Tahanan Isolator

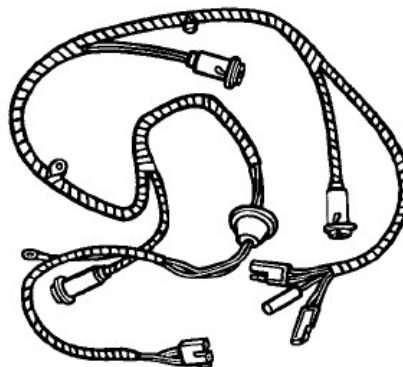
Seperti telah dijelaskan bahwa karet, vynil, plastik dan porselin dapat digunakan untuk menghalangi arus listrik antara konduktor. Sifat dari bahan-bahan ini disebut kemampuan tahanan isolator dan dinyatakan dengan nilai tahanan. Dalam kondisi tertentu isolator dapat berubah menjadi penghantar listrik/konduktor, misalnya karena retak, bocoran arus listrik yang akan menimbulkan percikan bunga api dan menimbulkan kotoran, menempelnya air atau kotoran lain pada isolator.



Gambar 1.52 Kerusakan isolator kabel listrik

## Wire Harness

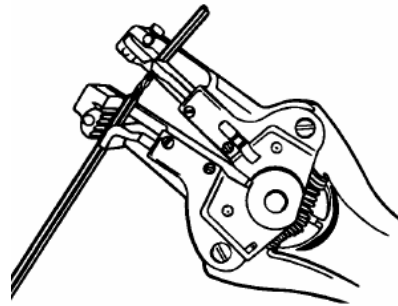
Wire harness merupakan sekumpulan kabel yang digunakan pada rangkaian kelistrikan, dimana sekumpulan kabel tersebut dijadikan satu dengan isolator, agar kabel lebih rapih. Pada ujung wire harness dipasang konektor sehingga pemasangan sistem perkabelan lebih mudah.



**Gambar 1.53** Wire Harnes

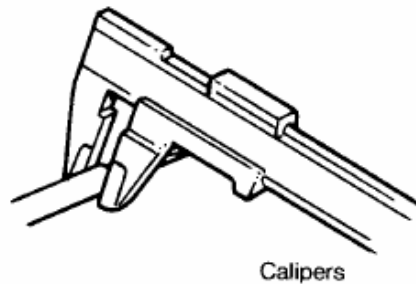
Memperbaiki Kabel

- 1) Potong kabel yang rusak, kemudian kupas kabel dengan tang pengupas dengan panjang 10 mm



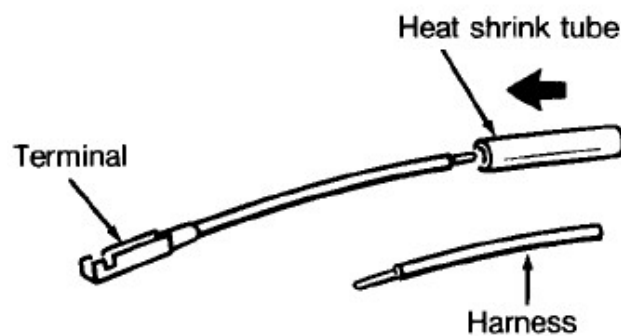
**Gambar 1.54** Mengupas kabel

- 2) Ukur diameter kabel untuk menentukan ukuran kabel penyambung yang akan digunakan.



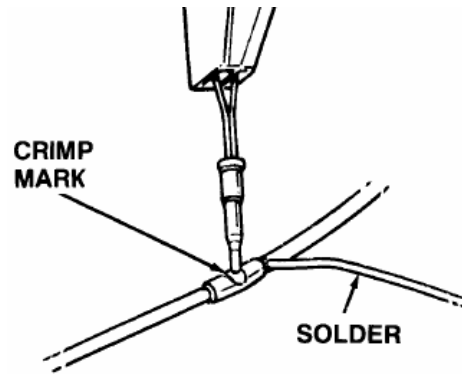
**Gambar 1.55** Mengukur diameter

- 3) Buat kabel penyambung yang akan digunakan, masukkan heat shrink tube ke kabel penyambung.



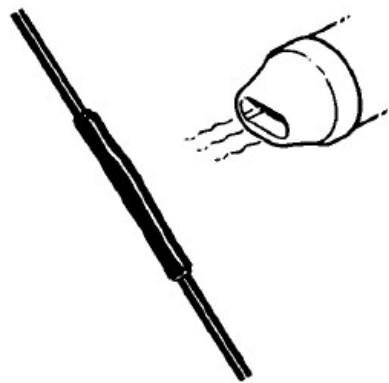
**Gambar 1.57** Memasukkan heat shrink

- 4) Sambung kedua kabel dengan Crimp mark, kemudian solder Sambungan.



**Gambar 1.58** Menyolder sambungan

- 5) Geser heat shrink tube ke kabel yang disambung, kemudian panasi heat shrink tube dengan heater.



**Gambar 1.59** Memanaskan heat shrink

### c. Rangkuman kegiatan belajar 5

Kabel merupakan konduktor digunakan sebagai media mengalirkan listrik. Terdapat beberapa tipe kabel diantaranya :

- 1) Kabel berisolator, contoh kabel yang umum digunakan
- 2) Kabel tanpa isolator, contoh kabel massa
- 3) Bebel kecil, contoh kabel yang digunakan secara umum
- 4) Kabel besar , contoh kabel baterai

Pada wiring diagrams warna kabel ditunjukkan dalam kode abjad, karena terbatasnya warna maka warna isolator kabel ada yang model diberi garis strip.

Pengkode kabel model ini warna kabel yang dominan diletakkan depan sedangkan strip diletakkan dibelakang.

Contoh: kabel satu warna dengan kode “B” berarti warna kabel adalah hitam (black), sedangkan kode “B-W” berarti warna kabel adalah hitam strip putih (white).

Guna memudahkan menentukan ukuran kabel yang akan digunakan SAE ( Society of Automotive Engineer) mengeluarkan pedoman AWG (American Wire Gauge) yang berisi nomor gage, ukuran kabel dan tahanan tiap 1000 feet. Selain itu juga ada pedoman yang memuat hubungan arus, panjang kabel dan nomor gage yang digunakan.

Tiap ujung kabel dipasang konektor, bentuk konektor ada beberapa macam diantara bentuk bulat maupun bentuk kotak. Jumlah kabel dalam satu konektor sangat bervariasi mulai dari satu kabel sampai puluhan kabel .

#### **d. Tugas kegiatan belajar 5**

Cari wiring diagram salah satu tipe kendaraan alat berat:

- 1) Identifikasi ukuran dan warna kabel yang digunakan
- 2) Identifikasi jenis konektor yang digunakan

#### **e. Test formatif kegiatan belajar 5**

Kerjakan soal-soal dibawah ini :

- 1) Sebutkan macam kabel yang digunakan pada kendaraan
- 2) Tentukan ukuran kabel untuk horn, bila diketahui daya horn 12V/36 W dirangkai paralel, jarak antara horn dengan sumber 3 m.
- 3) Sebutkan bahan yang sering digunakan untuk isolator kabel
- 4) Dimana titik-titik yang menjadi sumber gangguan pada kabel
- 5) Apa yang dimaksud heat shrink tube ?
- 6) Bagaimana cara menyambung kabel yang putus?



**f. Kunci jawaban formatif kegiatan belajar 5**

- 1) Macam kabel yang digunakan pada kendaraan yaitu dilihat dari serabutnya ada dua yaitu kabel serabut dan kabel pejal, dari penggunaan isolator yaitu kabel tanpa isolator dan kabel dengan isolator, dilihat dari ukurannya maka ada kabel kecil dan kabel besar.
- 2) Ukuran kabel untuk horn, bila diketahui daya horn 12V/ 36 W dirangkai paralel, jarak antara horn dengan sumber 3 m. Panjang kabel : 1 meter= 3,28 feet untuk 3 m = 3 x 3,28 = 9,84 feet beban : 12 V/ 36 W dirangkai paralel sehingga beban 12 V/ 36 W +12 V/ 36 W = 12V/ 72 W . Dari data tersebut diklarifikasi dengan tabel diperoleh ukuran kabel 20, yaitu kabel dengan luasan 0,5 mm<sup>2</sup>
- 3) Bahan yang sering digunakan untuk isolator kabel antara lain karet, vynil, atau plastik.
- 4) Titik-titik yang menjadi sumber gangguan pada kabel antara lain pada sambungan, ujung konektor, klem kabel pada bodi dan terminal kabel
- 5) Heat shrink tube merupakan salah satu model isolator sambungan kabel dengan metode pemanasan untuk menyusutkan isolator sehingga isolator dapat mengikat dengan kuat sambungan yang diisolasi.
- 6) Cara menyambung kabel yang putus adalah :
  - a) Putus bagian kabel yang rusak dan kupas isolator pada ujung kabel kurang lebih 10 mm.
  - b) Ukur diameter kabel untuk menentukan diameter kabel penyambung.
  - c) Ukur panjang kabel yang dibutuhkan dengan diameter sama dengan kabel yang disambung.
  - d) Masukkan dua heat shrink tube pada kabel penyambung.
  - e) Sambung kabel yang putus, dan solder sambungan kabel.
  - f) Geser heat shrink pada sambungan kabel yang telah disolder dan panasi heat shrink tube.

**g. Lembar kerja kegiatan belajar 5**

**Tujuan :** Setelah mencoba lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

- 1) Menyambung kabel yang putus
- 2) Memasang terminal kabel

**Alat dan Bahan**

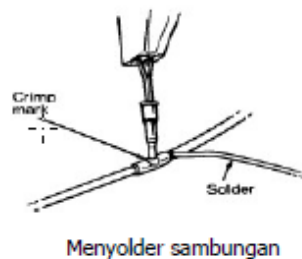
- 1) Solder
- 2) Tang pengupas kabel
- 3) Kabel, tenol, terminal kabel, heat shring tube

### **Keselamatan Kerja**

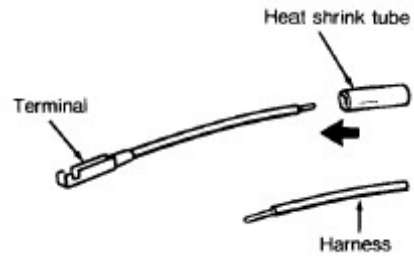
Hati-hati terhadap ujung solder saat panas, tempatkan iujung solder pada tempatnya, hindari ujung solder mengenai kabel listrik. Jangan memegang ujung solder untuk memastikan solder berfungsi atau tidak.

### **Langkah Kerja**

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
- 2) Latihan menyambung kabel
  - a) Potong dua buah kabel dengan panjang 100 mm, kupas isolator pada ujung kabel kurang lebih 10 mm.
  - b) Masukkan heat shrink tube pada salah satu kabel .
  - c) Sambung kabel, kemudian solder sambungan kabel.
  - d) Geser heat shrink pada sambungan kabel yang telah disolder.
  - e) Panasi heat shrink tube.



- 3) Latihan memasang terminal
  - a) Potong kabel dengan panjang 100 mm, kupas isolator pada ujung kabel kurang lebih 10 mm .
  - b) Masukkan heat shrink tube pada kabel.
  - c) Pasang kabel pada terminal kabel, cepit dengan tang penjepit terminal, solder sambungan kabel .
  - d) Geser heat shrink pada sambungan kabel yang telah disolder.
  - e) Panasi heat shrink tube.



4) Bersihkan alat dan tempat kerja, kembalikan ketempat semula.

### **Tugas**

Apa dampak kualitas sambungan kabel yang buruk pada sistem kelistrikan.

## 6. Kegiatan 6: Menggunakan Wire Conector

### a. Tujuan Kegiatan Belajar 6 : Setelah membaca modul ini siswa dapat:

- 1) Menyebutkan macam wire conector
- 2) Menjelaskan model penguncian wire conector
- 3) Melepas dan memasang wire conector
- 4) Memperbaiki wire conector yang rusak

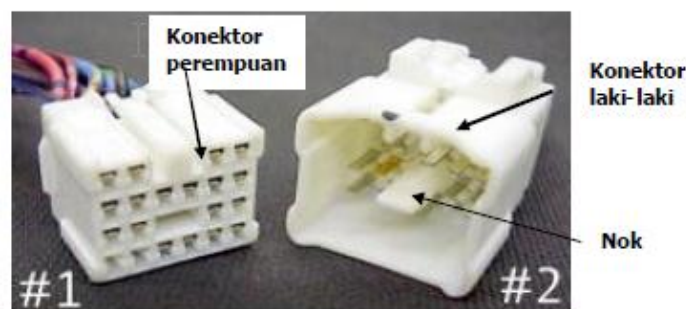
### b. Uraian Materi 6

#### Konektor kabel (Wire conector)

Konektor berfungsi tempat penyambungan kabel pada sistem kelistrikan, melindungi sambungan dari karat dan kotoran, dan memungkinkan sambungan dipisah lagi dengan mudah. Konektor terdiri dari konektor laki-laki dan konektor perempuan, rumah konektor terbuat dari plastic, dalam rumah tersebut terdapat lubang untuk memasukkan terminal kabel. Jumlah terminal pada konektor sangat beragam mulai dari satu terminal sampai puluhan terminal. Agar penyambungan konektor lebih mudah dan tidak salah maka pada konektor terdapat nok sehingga bila posisi tidak tepat maka konektor tidak dapat masuk, sedangkan untuk menjamin agar sambungan lebih kuat maka dipasang pengunci.

#### Bentuk Konektor

Bentuk konektor ada beberapa macam diantara bentuk bulat maupun bentuk kotak. Jumlah kabel dalam satu konektor sangat bervariasi mulai dari satu kabel sampai puluhan terminal.



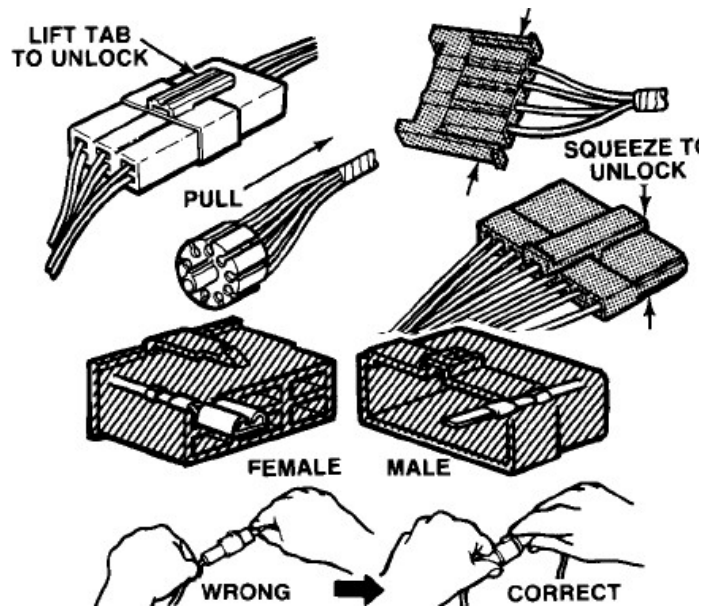
**Gambar 1.60** Kontruksi Konektor

Saat melepas konektor harus memperhatikan teknik penguncian yang digunakan, dan saat menarik konektor tidak boleh menarik kabelnya. Bagian yang ditarik adalah bagian konektornya. Teknik melepas penguncian terminal ada beberapa macam diantaranya:

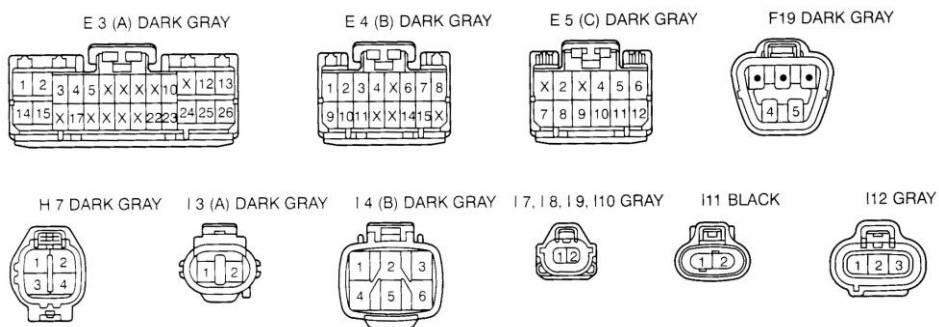
- 1) Mengangkat pengunci kemudian rumah konektor ditarik
- 2) Menekan pengunci kemudian rumah konektor ditarik
- 3) Langsung menarik rumah konektor

Lokasi pengunci :

- 1) Di tengah
- 2) Disamping



**Gambar 1.61** Bentuk dan Teknik Penguncian Pada Konektor Kabel.



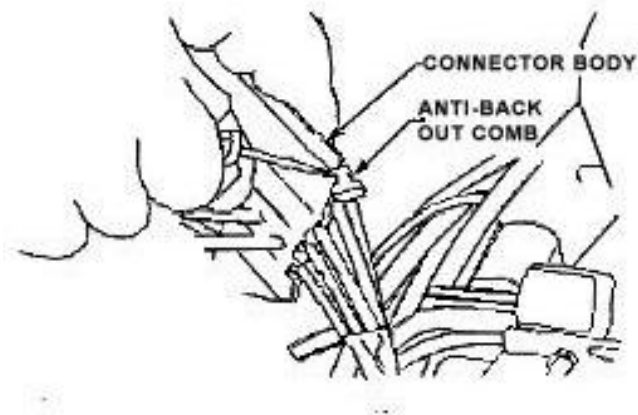
**Gambar 1.62** Macam Bentuk Konektor dan Jumlah Terminalnya

## Melepas dan memasang konektor kabel

Melepas konektor harus hati-hati, cara melepas yang salah dapat menyebabkan kabel putus. Perhatikan metode penguncian yang digunakan oleh konektor, jangan menarik kabel saat melepas.

Langkah melepas konektor kabel adalah sebagai berikut :

- 1) Tekan pengunci badan soket konektor dan pisahkan badan konektor laki dan perempuan (Male dan Female)
- 2) Jika sulit terlepas, angkat anti-back comb dari badan konektor dengan menggunakan obeng, lihat gambar 63.
- 3) Menggunakan obeng, masukkan obeng ke dalam bagian depan badan konektor, angkat pengunci penahan dari terminal dan tarik kabelnya dari konektor.



**Gambar 1.63** Melepas Terminal dari Konektor

Langkah memasang :

- 1) Perhatikan posisi pengunci maupun posisi nok
- 2) Masukkan terminal konektor sampai pengunci bunyi klik.
- 3) Pastikan konektor telah terkunci dengan baik dengan cara menarik konektor tanpa menekan pengunci, konektor tidak boleh terlepas.

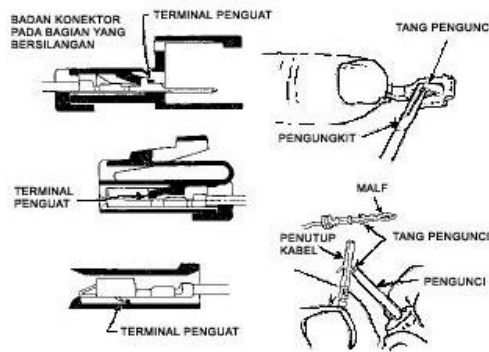
## Memperbaiki Kerusakan Konektor Kabel

Terminal konektor maupun kabel pada sambungan terminal sering mengalami gangguan. Gangguan pada terminal adalah karat dan terbakar, sedangkan pada

sambungan sering kabelnya putus, untuk mengatasi hal tersebut maka perlu perbaikan konektor kabel.

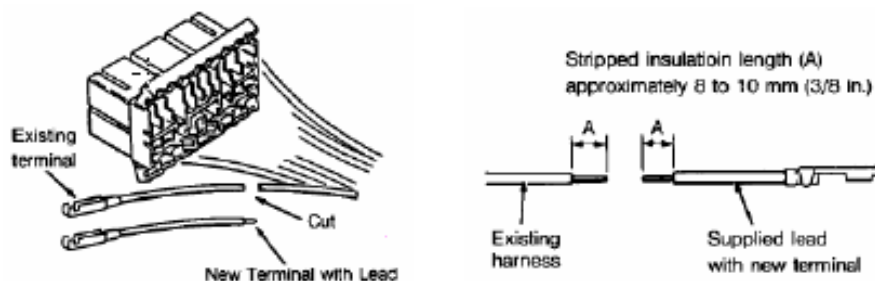
Langkah perbaikan adalah sebagai berikut:

- 1) Keluarkan terminal konektor dari rumah konektor dengan cara menekan pengunci menggunakan kawat atau obeng (-) ukuran kecil.



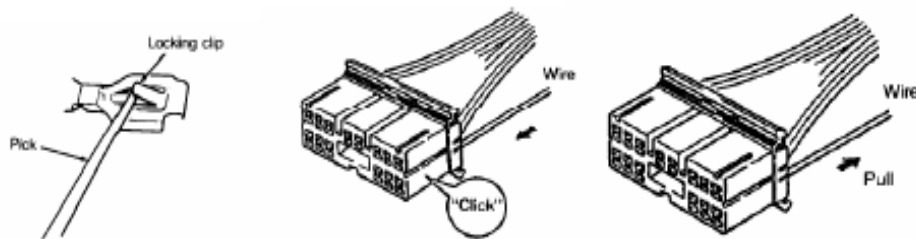
**Gambar 1.64** . Melepas Terminal Konektor

- 2) Dorong terminal konektor keluar.
- 3) Potong kabel yang rusak, dan kupas isolatnya kurang lebih 10 mm.
- 4) Ukur diameter kabel untuk menentukan ukuran kabel penyambung yang akan digunakan.
- 5) Buat kabel penyambung dengan ukuran kabel yang sama, kupas ujung kabel, pasang terminal konektor.



**Gambar 1.65** Menyambung Kabel Yang Putus

- 6) Potong kabel penyambung dengan panjang sesuai kabel yang dibutuhkan, kupas isolator pada ujung kabel, sambung kedua kabel dengan Crimp mark, kemudian solder sambungan.
- 7) Geser heat shrink tube ke kabel yang disambung, kemudian panasi heat shrink tube dengan heater.
- 8) Ungkit pengunci pada terminal konektor, masukkan terminal konektor ke rumah konektor sampai bunyi klik, kemudian tarik kabel untuk mengunci apakah terminal konektor sudah terpasang dengan baik.



**Gambar 1.66** Memasang Terminal Konektor

### c. Rangkuman 6

Sepasang konektor kabel terdiri dari dua buah, yaitu konektor laki-laki dan konektor perempuan. Bentuk konektor ada beberapa macam diantaranya bentuk bulat dan persegi. Jumlah terminal mulai dari satu buah sampai puluhan buah. Teknik penguncian dengan menekan maupun mengungkit.

Membuka konektor harus memperhatikan metode penguncianya, jangan menarik konektor pada kabelnya karena dapat menyebabkan kabel putus.

### d. Tugas 6

Cari buku pedoman perawatan salah satu alat berat, rangkum bentuk konektornya dan teknik penguncian yang diaplikasikan.

### e. Test Formatif 6

- 1) Sebutkan macam bentuk wire conector
- 2) Jelaskan metode melepas penguncian pada wire conector
- 3) Jelaskan yang harus diperhatikan saat melepas dan memasang wire conector.



- 4) Bagaimana cara mengatasi bila terdapat satu atau lebih terminal konektor yang rusak?.

**f. Kunci Jawaban Formatif 6**

- 1) Bentuk konektor kabel ada beberapa macam diantaranya bentuk bulat dan persegi. Jumlah terminal mulai dari satu buah sampai puluhan buah
- 2) Metode melepas penguncian terminal ada beberapa macam diantaranya:
  - a) Mengangkat pengunci kemudian rumah konektor ditarik
  - b) Menekan pengunci kemudian rumah konektor ditarik
  - c) Langsung menarik rumah konektor

Lokasi pengunci : Di tengah konektor dan disamping rumah konektor

- 3) Yang harus diperhatikan saat melepas adalah melepas penguncian, menarik rumah konektor kabel dan tidak boleh menarik kabel. Sedangkan saat memasang perhatikan bentuk, posisi nok dan posisi pengunci.
- 4) Mengatasi terminal konektor yang rusak adalah dengan mengganti terminal baru, dengan cara mengeluarkan terminal konektor lama, memotong kabel terminal yang rusak, membuat sambungan kabel dengan terminal konektor, menyambung kabel dan memasang terminal konektor pada rumahnya sampai bunyi klik.

**g. Lembar Kerja 6**

**Tujuan :** Setelah mencoba lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

- 1) Menyambung kabel yang putus
- 2) Memasang terminal konektor
- 3) Memperbaiki terminal kabel

**Alat dan Bahan**

- 1) Solder
- 2) Tang pengupas kabel
- 3) Kabel, tenol, terminal kabel, heat shring tube
- 4) Konektor kabel

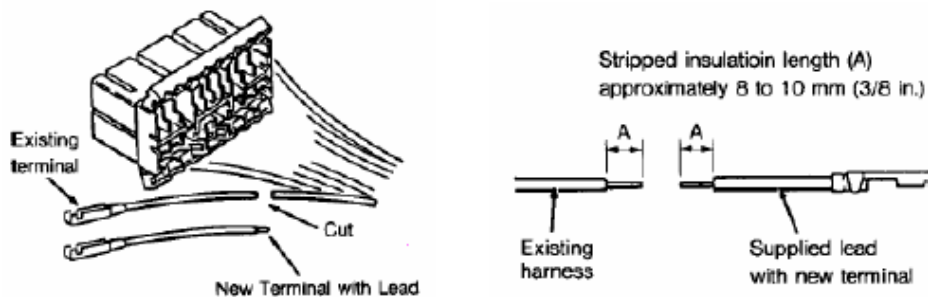
## Keselamatan Kerja

Hati-hati terhadap ujung solder saat panas, tempatkan ujung solder pada tempatnya, hindari ujung solder mengenai kabel listrik. Jangan memegang ujung solder untuk memastikan solder berfungsi atau tidak.

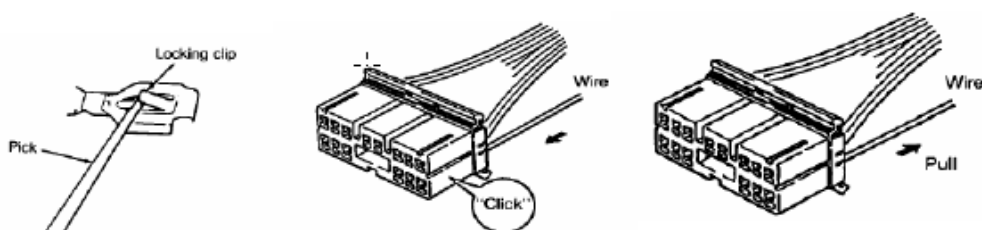
## Langkah Kerja

Siapkan alat dan bahan yang diperlukan

- 1) Keluarkan terminal konektor dari rumah konektor dengan cara menekan pengunci menggunakan kawat atau obeng (-) ukuran kecil dan dorong terminal konektor keluar.
- 2) Potong kabel yang rusak, dan kupas isolatornya  $\pm 10$  mm.
- 3) Buat kabel penyambung dengan ukuran kabel yang sama, kupas ujung kabel, pasang terminal konektor.
- 4) Potong kabel penyambung dengan panjang sesuai kabel yang dibutuhkan, kupas isolator pada ujung kabel, sambung kedua kabel dengan Crimp mark, kemudian solder sambungan.



- 5) Geser heat shrink tube ke kabel yang disambung, kemudian panasi heat shrink tube dengan heater.
- 6) Ungkit pengunci pada terminal konektor, masukkan terminal konektor ke rumah konektor sampai bunyi klik, kemudian tarik kabel untuk memastikan apakah terminal konektor sudah terpasang dengan baik.



7) Bersihkan tempat kerja, kembalikan alat yang digunakan ke tempat semula.

**h. Tugas:**

- 1) Identifikasi jenis dan penyebab kerusakan pada konektor kabel.
- 2) Buatlah laporan kerja.

## 7. Kegiatan Belajar 7 : Menggunakan Multi Meter

### a. Tujuan kegiatan belajar 7 : Setelah mempelajari modul ini, siswa dapat:

- 1) Menyebutkan bagian-bagian multi meter
- 2) Menggunakan multi meter untuk mengukur tahanan
- 3) Menggunakan multi meter untuk mengukur arus
- 4) Menggunakan multi meter untuk mengukur tegangan

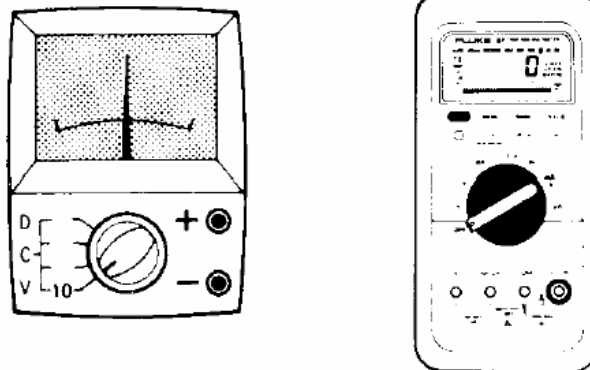
### b. Uraian materi kegiatan belajar 7

Multi meter merupakan alat sistem kelistrikan yang mempunyai multi fungsi yaitu untuk

- 1) Mengukur arus atau Amper meter
- 2) Mengukur tegangan atau Volt meter
- 3) Mengukur tahanan atau Ohm meter

Karena kemampuan sebagai Amper meter (A) , Volt meter (V) dan Ohm meter (O) maka alat ini juga sering disebut AVO meter.

Model multi meter yang banyak digunakan ada dua, yaitu model analog dan model digital. Model analog menggunakan jarum penunjuk, sedangkan model digital langsung menunjukkan angka hasil pengukuran.

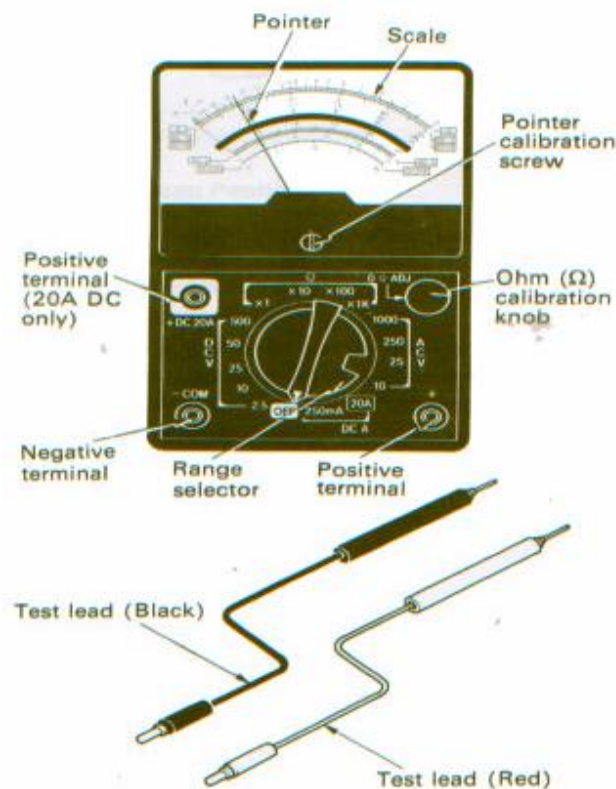


**Gambar 1.67** Model Multi Meter

## Multimeter Analog

Multi meter analog merupakan multi meter dengan penunjukan jarum ukur, multi meter jenis ini pada saat ini banyak digunakan karena harganya lebih murah, namun pembacaan hasil ukur lebih sulit karena sekala ukur pada display cukup banyak.

Bagian-bagian multi meter analog dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 1.68** Multi Meter Analog

## Menggunakan Multi meter Analog

### 1) Mengukur arus listrik

Sebelum menggunakan Amper meter untuk mengukur arus listrik perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

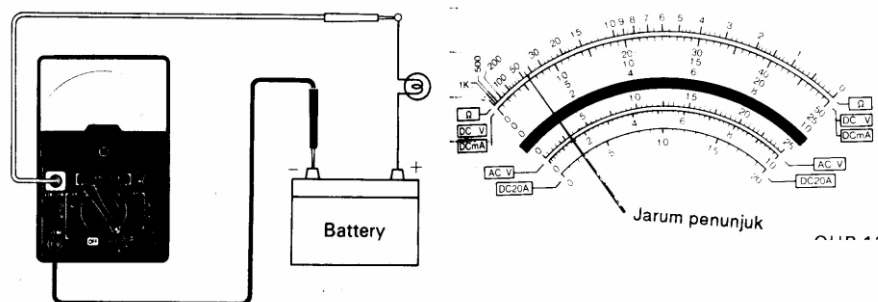
- a) Pastikan bahwa arus yang diukur lebih rendah dari skala ukur yang dipilih, beberapa multi meter mempunyai batas maksimal 500 mA atau 0,5 A.

- b) Metode memasang amper meter pada rangkaian adalah secara seri, pengukuran secara parallel dapat menyebabkan multimeter terbakar
- c) Pastikan pemasangan colok ukur (test lead) tepat.

Sekala ukur amper meter pada multi meter sangat beragam, diantara 250 mA dan 20 A. Contoh melakukan pengukuran arus kurang dari 250 mA.

### Langkah mengukur

- a) Putar selector ukur kearah 250 mA
- b) Pasang alat amper meter secara seri, yaitu colok ukur merah (+) ke beban atau lampu dan colok ukur hitam (negatif) ke arah negatif baterai
- c) Baca hasil pengukuran pada angka maksimal 25, kemudian hasilnya kalikan dengan 10.



**Gambar 1.69** Menggunakan Amper Meter

Dari penunjukan alat ukur di atas menunjukkan angka 3, maka besar arus yang mengalir adalah  $3 \times 10 = 30 \text{ mA}$ .

## 2) Mengukur tegangan

### a) Mengukur tegangan DC

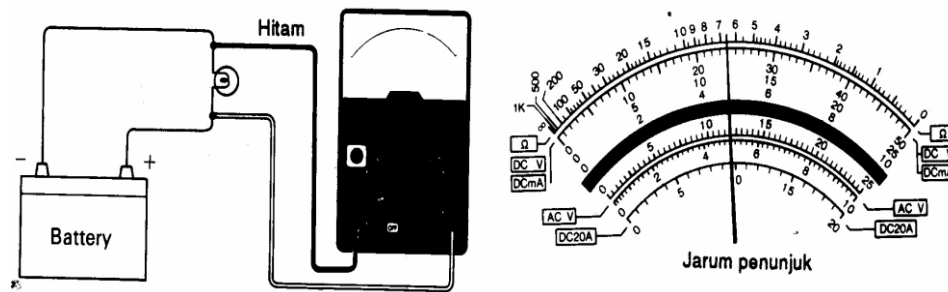
Baterai merupakan salah satu sumber listrik tegangan DC. Besar tegangan DC yang mampu diukur adalah 0 – 500 Volt DC. Posisi pengukuran terdiri dari 2,5 V, 10 V, 25 V, 50 V dan 500 V. Sebelum menggunakan Volt meter untuk mengukur arus listrik perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- (1) Pastikan bahwa tegangan yang diukur lebih rendah dari skala ukur yang dipilih, misal mengukur tegangan baterai 12V DC maka pilih skala 25V DC.

- (2) Metode memasang Volt meter pada rangkaian adalah secara paralel, pengukuran secara seri dapat menyebabkan multimeter terbakar.
- (3) Pastikan pemasangan colok ukur (test lead) tepat.

### Langkah mengukur tegangan baterai pada rangkaian

- (1) Putar selector ukur kearah 25 V DC.
- (2) Pasang alat volt meter secara paralel, yaitu colok ukur merah (+) ke positif baterai dan colok ukur hitam (negatif) ke arah negatif baterai.
- (3) Baca hasil pengukuran pada angka maksimal 25.



**Gambar 1.70** Menggunakan Volt Meter

Dari penunjukan alat ukur di atas menunjukkan angka 12 V DC

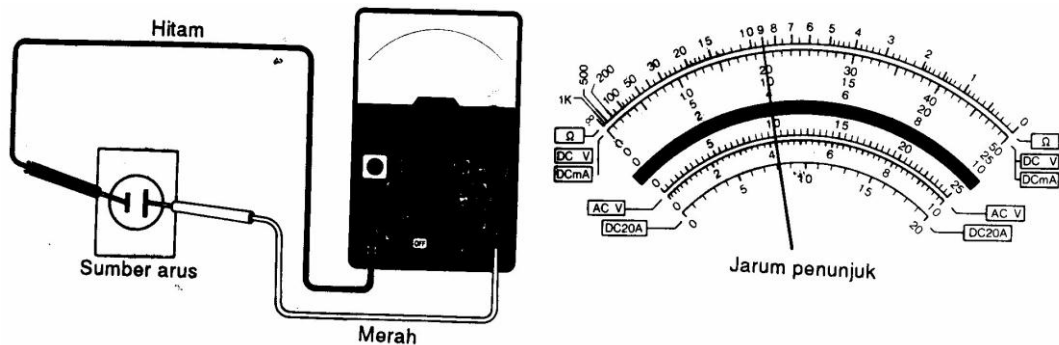
### b) Mengukur tegangan AC

Multi meter mampu mengukur tegangan AC sebesar 0 – 1000 Volt. Posisi pengukuran terdiri dari 10 V, 25 V, 250 V dan 1000 V. Sebelum menggunakan Volt meter untuk mengukur arus listrik perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- (1) Pastikan bahwa tegangan yang diukur lebih rendah dari skala ukur yang dipilih, misal mengukur tegangan listrik sebesar 220 V maka pilih skala 250V AC.
- (2) Metode memasang Volt meter pada rangkaian adalah secara paralel, pengukuran secara seri dapat menyebabkan multimeter terbakar
- (3) Pemasangan colok ukur (test lead) dapat dibolak-balik.

### Langkah mengukur tegangan listrik

- (1) Putar selector ukur ke arah 250 V AC
- (2) Pasang alat volt meter secara paralel, yaitu memasukkan colok ukur merah (+) dan colok ukur hitam (-) pada lubang sumber listrik.
- (3) Baca hasil pengukuran pada angka maksimal 25, kalikan hasil pengukuran dengan 10.



**Gambar 1.71** Menggunakan Volt Meter Mengukur Tegangan AC

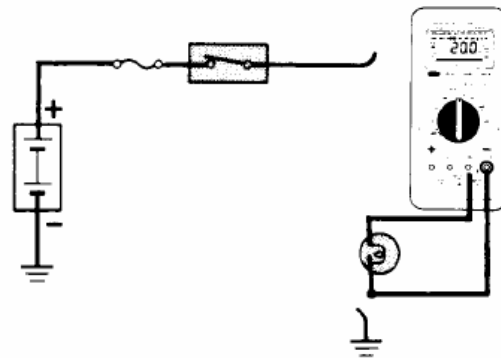
Dari penunjukan alat ukur di atas menunjukkan angka 10, maka besar tegangan sumber listrik adalah  $10 \times 10 = 100$  Volt AC. Bila tegangan jaringan seharusnya 220 V, maka terjadi penurunan tegangan pada sumber listrik.

### 3) Mengukur tahanan

Sebelum menggunakan Ohm meter untuk mengukur tahanan perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Pastikan bahwa tahanan yang diukur dalam rentang pengukuran efektif tahanan yang diukur, misal mengukur tahanan 220  $\Omega$  maka pilih skala 1 X, tahanan 800  $\Omega$  menggunakan 10 X, tahanan 8 K  $\Omega$  menggunakan 1 x 1K.
- Kalibrasi alat ukur sebelum digunakan, dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol).
- Pengukuran tidak boleh pada rangkaian yang dialiri listrik, jadi matikan sumber dan lepas komponen saat melakukan pengukuran.

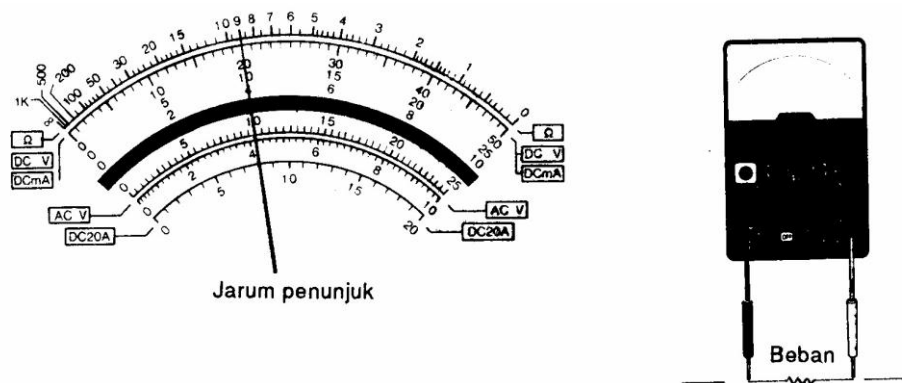




**Gambar 1.72** Mengukur Tahanan Lampu

**Langkah mengukur tahanan**

- a) Putar selector ukur kearah 1X O.
- b) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
- c) Hubungkan colok ukur ke tahanan yang diukur.
- d) Baca hasil pengukuran.



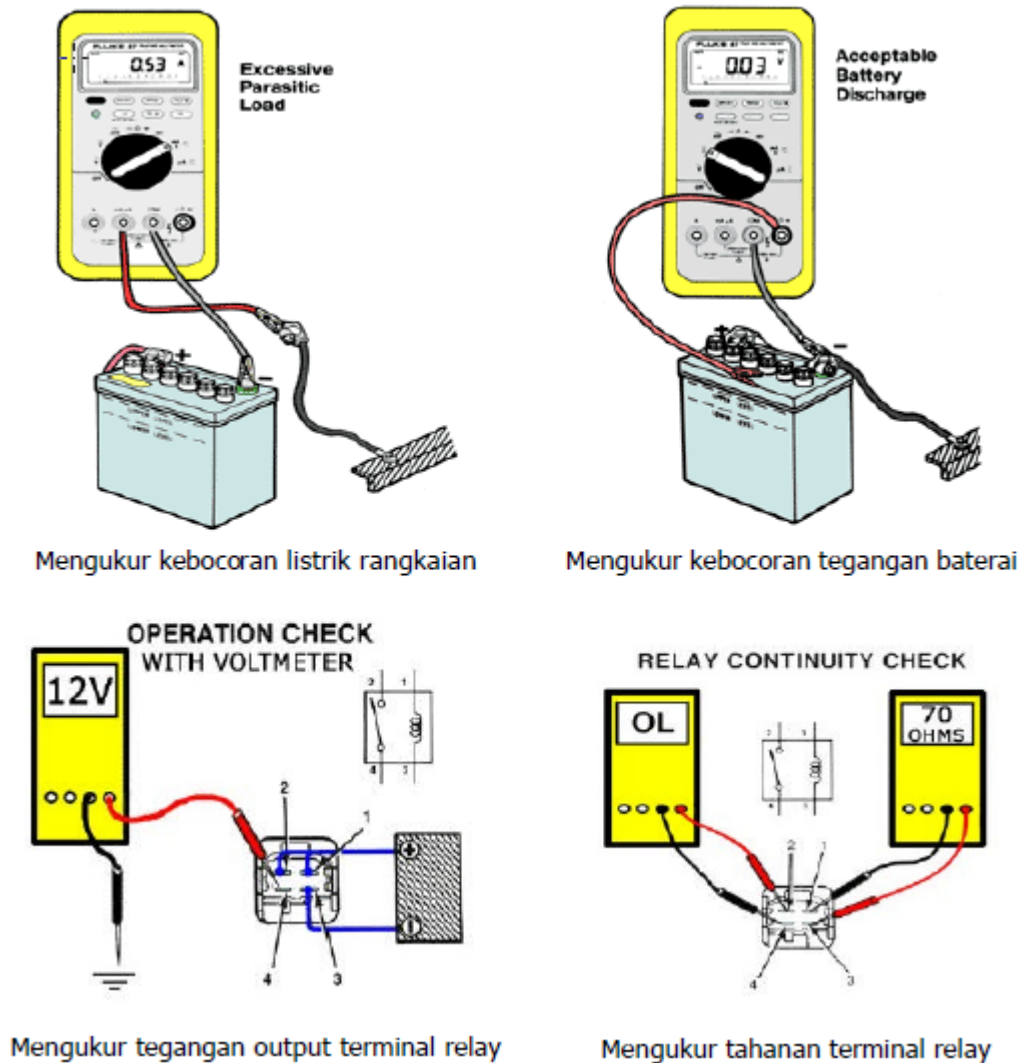
**Gambar 1.73** Mengukur Tahanan

Hasil pengukuran menunjukan besar tahanan adalah 9 O Bila posisi pengukuran pada 10 X, maka hasil diatas dikalikan 10, sehingga  $9 \times 10 = 90 \text{ O}$ .

**Multi Meter Digital**

Multi meter digital pada saat ini lebih banyak digunakan karena hasil lebih akurat dan pembacaan lebih mudah. Pada multi meter digital terdapat sekala ukur dengan tulisan M (Mega), K (Kilo), m (milli), U (mikro). Cara menggunakan

multimeter digital sama dengan multi meter analog. Contoh penggunaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Mengukur kebocoran listrik rangkaian

Mengukur kebocoran tegangan baterai

Mengukur tegangan output terminal relay

Mengukur tahanan terminal relay

**Gambar 1.74** Menggunakan Multimeter Digital

### c. Rangkuman kegiatan belajar 7

Multi meter berfungsi untuk mengukur arus atau Amper meter, mengukur tegangan atau Volt meter, mengukur tahanan atau Ohm meter, karena kemampuan tersebut maka alat ini juga sering disebut AVO meter.

Hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan multi meter antara lain:

- 1) Posisi skala ukur harus lebih tinggi dari beban yang diukur
- 2) Melakukan kalibrasi alat
- 3) Mengukur arus posisi Amper, secara seri

- 4) Mengukur Tegangan posisi Volt AC atau DC secara paralel
- 5) Mengukur tahanan tidak boleh ada sumber listrik atau posisi terlepas.

Penggunakan multi meter analog maupun digital pada dasarnya sama saja, untuk multi meter digital pembacaan hasil ukur lebih mudah.

**d. Tugas kegiatan belajar 7**

Cari artikel dari internet tentang multi meter Analog dan multi meter digital

**e. Test formatif kegiatan belajar 7**

- 1) Sebutkan fungsi multi meter ?
- 2) Faktor apa saja yang perlu diperhatikan saat menggunakan multi meter.
- 3) Bagaimana cara melakukan kalibrasi ohm meter .
- 4) Jelaskan langkah mengukur tahanan koil pengapian bila diketahui standard tahanan primer 2  $\Omega$  dan tahanan skunder 8  $\text{K}\Omega$ .
- 5) Jelaskan dampak mengukur arus listrik dengan cara paralel.

**f. Kunci jawaban formatif kegiatan belajar 7**

- 1) Multi meter berfungsi untuk mengukur arus atau Amper meter, mengukur tegangan atau Volt meter, mengukur tahanan atau Ohm meter, karena kemampuan tersebut maka alat ini juga sering disebut AVO meter.
- 2) Hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan multi meter antara lain:
  - a) Posisi skala ukur harus lebih tinggi dari beban yang diukur
  - b) Melakukan kalibrasi alat
  - c) Mengukur arus posisi Amper, secara seri
  - d) Mengukur Tegangan posisi Volt AC atau DC secara paralel
  - e) Mengukur tahanan tidak boleh ada sumber listrik atau posisi terlepas
- 3) Kalibrasi alat ukur adalah dengan cara:
  - a) Menghubungkan singkat colok ukur,
  - b) Melihat apakah jarum ukur pada posisi 0 (nol), bila tidak tepat
  - c) Atur jarum dengan memutar Ohm calibration sampai jarum pada posisi 0 (nol), bila tidak bias periksa baterai multi meter

- 4) Langkah mengukur tahanan koil pengapian bila diketahui standard tahanan primer 2  $\Omega$  dan tahanan skunder 8  $\text{K}\Omega$ , adalah:

**Mengukur tahanan primer:**

- a) Putar selector ukur ke arah 1X  $\Omega$
- b) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
- c) Hubungkan colok ukur ke terminal positif dan terminal negatif koil pengapian.
- d) Baca hasil pengukuran bandingkan dengan spesifikasi

**Mengukur tahanan skunder:**

- a) Putar selector ukur ke arah 1X $\text{K}\Omega$
- b) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
- c) Hubungkan colok ukur ke terminal positif dan terminal tegangan tinggi koil pengapian
- d) Baca hasil pengukuran bandingkan dengan spesifikasi
- 5) Dampak mengukur arus listrik dengan cara parallel adalah multi meter akan terbakar karena arus listrik akan mengalir langsung ke multi meter dengan besar arus tak terhingga.

**g. Lembar kerja kegiatan belajar 7**

**Tujuan :** Setelah mencoba lembar kerja ini maka siswa harus dapat :

- 4) Menggunakan multi meter untuk mengukur tahanan
- 5) Menggunakan multi meter untuk mengukur arus
- 6) Menggunakan multi meter untuk mengukur tegangan

**Alat dan Bahan**

- 1) Koil pengapian, baterai 12V, lampu 12V/12W

2) Multimeter

**Keselamatan Kerja**

- 1) Posisi skala ukur harus lebih tinggi dari beban yang diukur.
- 2) Melakukan kalibrasi alat.
- 3) Mengukur arus posisi Amper, secara seri.
- 4) Mengukur Tegangan posisi Volt AC atau DC secara parallel.
- 5) Mengukur tahanan tidak boleh ada sumber listrik atau posisi terlepas.

**Langkah Kerja**

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Lakukan pengukuran tahanan koil pengapian

**Mengukur tahanan primer:**

- 1) Putar selector ukur kearah 1X O
- 2) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
- 3) Hubungkan colok ukur ke terminal positif dan terminal negatif koil pengapian
- 4) Baca hasil pengukuran bandingkan dengan spesifikasi

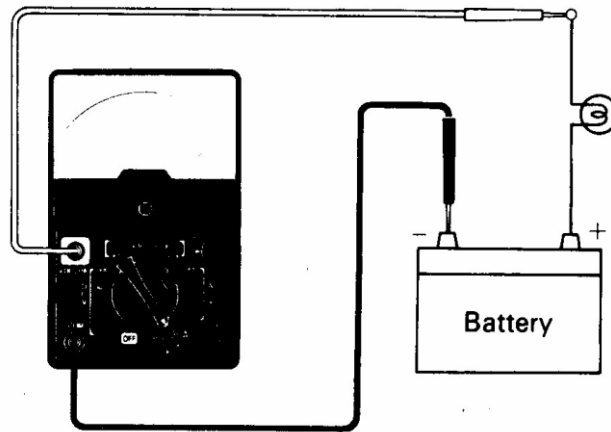
**Mengukur tahanan skunder:**

- 1) Putar selector ukur kearah 1XkO
- 2) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
- 3) Hubungkan colok ukur ke terminal positif dan terminal tegangan tinggi koil pengapian
- 4) Baca hasil pengukuran bandingkan dengan spesifikasi

Bagian yang diukur	Posisi selector	Hasil Pengukuran	Spesifikasi
Primer			2 O
Skunder			8 KO

- 5) Ukur arus yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu seperti dibawah ini
  - a) Putar selector ukur kearah 20 A .

- b) Pasang alat amper meter secara seri, yaitu colok ukur merah (+) ke beban atau lampu dan colok ukur hitam (negatif) ke arah negatif baterai.
- c) Baca hasil pengukuran.



Beban	Arus Teoritis	Hasil Pengukuran
12V / 12 W	A	A

- 6) Mengukur tegangan baterai
  - a) Putar selector ukur ke arah 25 V DC
  - b) Pasang alat volt meter secara paralel, yaitu colok ukur merah (+) ke positif baterai dan colok ukur hitam (negatif) ke arah negatif baterai
  - c) Baca hasil pengukuran pada angka maksimal 25

Data Baterai	Hasil Pengukuran

- 7) Mengukur tegangan sumber listrik
  - a) Putar selector ukur ke arah 250 V AC
  - b) Pasang alat volt meter secara paralel, yaitu memasukkan colok ukur merah (+) dan colok ukur hitam (-) pada lubang sumber listrik.
  - c) Baca hasil pengukuran pada angka maksimal 25, kalikan hasil pengukuran dengan 10.

## BAB III EVALUASI

### A. EVALUASI

#### 1. Uji Kompetensi Pengetahuan (Waktu 120 menit)

- a. Bagaimana mengukur arus listrik?, apa nama alat ukurnya?, apa satuan ukurannya ?, apa yang dimaksud dengan 1 ampere?
- b. Jelaskan karakteristik rangkaian seri, paralel dan kombinasi
- c. Dua resistor dirangkai secara seri. Harga  $R_1 = 60 \Omega$  dan  $R_2 = 180 \Omega$ , tentukan besar arus listrik yang mengalir dan besar tegangan pada masing masing resistor bila tegangan sumber sebesar 12V
- d. Jelaskan bagaimana terjadinya induksi electromagnet
- e. Jelaskan apa yang dimaksud magnet. Bagaimana sifat magnet?
- f. Jelaskan langkah mengukur tahanan koil pengapian bila diketahui standard tahanan primer  $2 \Omega$  dan tahanan skunder  $8 \text{ KO}$
- g. Tentukan ukuran kabel untuk horn, bila diketahui daya lampu 12V/60 W dirangkai paralel, jarak antara lampu dengan sumber 3 m.
- h. Jelaskan metode melepas penguncian pada wire connector

#### 2. Uji Kompetensi Sikap dan Keterampilan

Demonstrasikan dihadapan guru/ instruktur kompetensi saudara dalam waktu yang telah ditentukan

No	Kompetensi	Waktu
1	Merangkai seri 2 resistor dan mengukur arus dan tegangannya.	15 menit
2	Merangkai paralel 2 resistor dan mengukur arus dan tegangannya.	15 menit
3	Merangkai kombinasi 3 resistor dan mengukur arus dan tegangannya.	15 menit
4	Merangkai selenoid	5 menit
5	Mengidentifikasi komponen generator	5 menit
6	Mengidentifikasi komponen motor	5 menit
7	Membuat sambungan kabel	10 menit
8	Menggunakan multimeter	10 menit
Total		80 menit

## B. KUNCI JAWABAN

### 1) Rangkaian seri mempunyai karakteristik

- Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan semua tahanan ( $R_t = R_1 + R_2$ )
- Arus yang mengalir pada rangkaian sama besar ( $I_t = I_1 = I_2$ )
- Tegangan total ( $V_t$ ) merupakan penjumlahan tegangan ( $V_t = V_1 + V_2$ )

### Karakteristik rangkaian paralel:

- Tegangan pada rangkaian sama,  $V = V_1 = V_2$
- Besar arus yang mengalir tergantung bebannya.
- Besar arus mengalir merupakan total arus yang mengalir setiap percabangannya  $I = I_1 + I_2$
- Besar tahanan total ( $R_t$ ) atau tahanan pengganti adalah:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

### Karakteristik Rangkaian Seri Paralel atau Kombinasi

- Tahanan total ( $R_t$ ) merupakan penjumlahan tahanan dengan tahanan pengganti.
  - $R_t = R_1 + R_p$
  - Tegangan total pada rangkaian merupakan penjumlahan tegangan pada tahanan dan tahanan pengganti. ( $V = V_1 + V_{Rp}$ )
  - Besar arus pada rangkaian adalah tegangan dibagi tahanan total ( $I = V / R_t$ )
- 2) Besar arus yang mengalir  $I = V/R_t = 12 / (60+180) = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$  Tegangan pada  $R_1$  yaitu  $V_1 = R_1 \times I = 60 \times 50 = 3000 \text{ mV} = 3 \text{ V}$  .Tegangan pada  $R_2$  yaitu  $V_2 = R_2 \times I = 180 \times 50 = 9000 \text{ mV} = 9 \text{ V}$  .
- 3) Mengukur arus dengan merangkai secara seri, alat ukur arus listrik adalah Amper meter, satuan amper, dan pengertian 1 Ampere adalah Perpindahan elektron sebanyak  $6,25 \times 10^{18}$  suatu titik konduktor dalam waktu satu detik.
- 4) Induksi electromagnet terjadi bila suatu penghantar memotong suatu medan magnet, atau medan magnet yang memotong penghantar dan pada penghantar



tersebut akan dihasilkan listrik. Besar induksi elektromagnetik dipengaruhi oleh kecepatan pemotongan medan magnet, panjang penghantar yang memotong medan magnet dan kuat medan magnet.

- 5) Magnet merupakan bahan yang mempunyai daya magnetis, yaitu sifat menarik benda feromagnetis seperti besi, kolbat, nikel. Sifat magnet antara lain:
  - a) Mempunyai 2 kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan
  - b) Kutub senama tolak menolak, kutub berlainan tarik menarik
  - c) Menarik logam fero magnetik
  - d) Sekeliling magnet terdapat medan magnet
- 6) Langkah mengukur tahanan koil pengapian bila diketahui standard tahanan primer 2  $\Omega$  dan tahanan skunder 8  $\text{K}\Omega$ , adalah:

**Mengukur tahanan primer:**

- a) Putar selector ukur kearah 1X  $\Omega$
- b) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
- c) Hubungkan colok ukur ke terminal positif dan terminal negatif koil pengapian
- d) Baca hasil pengukuran bandingkan dengan spesifikasi

**Mengukur tahanan skunder:**

- a) Putar selector ukur kearah 1Xk $\Omega$
  - b) Kalibrasi alat ukur dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar Ohm calibration.
  - c) Hubungkan colok ukur ke terminal positif dan terminal tegangan tinggi koil pengapian
  - d) Baca hasil pengukuran bandingkan dengan spesifikasi
- 7) Ukuran kabel untuk horn, bila diketahui daya horn 12V/ 36 W dirangkai paralel, jarak antara horn dengan sumber 3 m. Panjang kabel : 1 meter = 3,28 feet untuk 3 m =  $3 \times 3,28 = 9,84$  feet. Beban lampu adalah 12 V/ 60 W dirangkai paralel sehingga beban  $12 \text{ V/ } 60 \text{ W} + 12 \text{ V/ } 60 \text{ W} = 12\text{V/ } 120 \text{ W}$  . Dari data tersebut diklarifikasi dengan tabel diperoleh ukuran kabel SAE 18, yaitu kabel dengan luasan 0,8 mm<sup>2</sup>

8) Metode melepas penguncian terminal antara lain adalah :

- a) Mengangkat pengunci kemudian rumah konektor ditarik
- b) Menekan pengunci kemudian rumah konektor ditarik
- c) Langsung menarik rumah konektor

Lokasi pengunci : Di tengah konektor dan disamping rumah Konektor

### C. KRITERIA KELULUSAN

Aspek	Skor (0-10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Sikap		2		Syarat kelulusan nilai minimal 70, dengan skor setiap aspek minimal 7
Pengetahuan		4		
Keterampilan		4		
Nilai Akhir				

#### Kisi-Kisi Penilaian Sikap

Komponen yang dinilai	Skor (0-10)	Bobot	Nilai
Kelengkapan pakaian kerja		0,1	
Penataan alat dan kelengkapan yang memperhatikan pekerja dan alat		0,2	
Menggunakan alat sesuai fungsinya		0,6	
Membersihkan alat dan tempat kerja		0,1	
Nilai akhir			

#### Kisi-Kisi Penilaian Keterampilan

Komponen yang dinilai	Skor (0-10)	Bobot	Nilai
Ketepatan Alat		0,1	
Ketepatan Prosedur Kerja		0,3	
Ketepatan Hasil Kerja		0,4	
Ketepatan waktu		0,2	
Nilai akhir			

## **BAB IV**

### **PENUTUP**

Kompetensi melaksanakan pekerjaan dasar kelistrikan dengan kode “TM-KM/KEN 1” terdiri dari 4 kompetensi dasar pengetahuan dan 4 kompetensi dasar keterampilan dengan durasi 60 jam pelajaran @ 45 menit. 7 kegiatan belajar tersebut, yaitu :

1. Merangkai hubungan seri, parallel dan gabungan .
2. Mendemonstrasikan penggunaan magnet
3. Mengukur tegangan, tahanan dan arus
4. Mendemonstrasikan timbulnya induksi pada kemagnitan
5. Menggunakan electric wire
6. Menggunakan electric wire connector
7. Menggunakan multimeter

Kompetensi ini merupakan kompetensi dasar yang berguna untuk mempelajari sistem kelistrikan sehingga harus dikuasai dengan baik. Setelah siswa merasa menguasai kompetensi dasar tersebut, siswa dapat memohon uji kompetensi, uji kompetensi dilakukan secara teoritis dan praktik. Uji teoritis dengan cara siswa menjawab pertanyaan yang pada soal evaluasi, sedangkan uji praktik dengan mendemonstrasikan kompetensi yang dimiliki pada guru/instruktur. Guru/instruktur akan menilai berdasarkan lembar observasi yang ada, dari sini kompetensi siswa dapat diketahui.

Bagi siswa yang telah mencapai syarat kelulusan minimal dapat melanjutkan ke modul berikutnya, namun bila syarat minimal kelulusan belum tercapai maka harus mengulang modul ini, atau bagian yang tidak lulus dan karena tidak diperkenankan mengambil modul berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brady, Robert N. (1983) *Electrikand Electronic System for Automobiles and Truck*, Viginia, Reston Publishig Company, Inc.
- Bosch (1995), *Automotive Electric/Electronic System*, Germany, Robert Bosch Gmbh.
- Honer Jim, 1986, *Automotive Electrical Handbook*, Los Angeles, Price Stern Sloan.
- Sullivan`s Calvin R. (2004), *Analog and Digital Meter*, WWW.Autoshop 101. com
- Sullivan`s Calvin R. (2004), *Electric Circuit*, WWW.Autoshop 101.com
- Sullivan`s Calvin R. (2004), *Wire and Conectors*, WWW.Autoshop101. com
- Sullivan`s Calvin R. (2004), *Electric Fundamentals*, WWW.Autoshop 101. com
- Sullivan`s Calvin R. (2004), *Wiring Diagrams*, WWW.Autoshop 101.com
- Toyota Astra Motor (t.th). *Materi engine group step 2*, Jakarta, Toyota Astra Motor
- TEAM (1995), *New Step 1 Training Manual*, Jakarta, Toyota Astra Motor
- TEAM (1996), *Electrical Group Step 2*, Jakarta, Toyota Astra Motor