

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sistem Kelistrikan Kapal

#### 1. Pembangkit dan Sumber Tenaga Listrik Utama

##### a. Generator

##### (1) Diesel Generator

*Generator* jenis ini adalah *generator* yang digunakan oleh hampir setiap kapal di dunia pelayaran. *Diesel generator* digerakan oleh *motor diesel*. Kelebihan dari *diesel generator* adalah dapat digunakan keadaan saat berlayar maupun di pelabuhan karena digerakan oleh *auxiliary engine*. Selama penggerakannya siap dijalankan maka *generator* siap dioperasikan. Kekurangan *diesel generator* adalah membutuhkan bahan bakar dan perawatan yang hampir sama dengan *main engine*.(Mirza S, 2004 : 146)



**Gambar 1 Diesel Generator**

( Jennylai 2013 Jack power, Tersedia : <http://www.genset-dieselgenerator.com/contactus.html>)

##### (2) Steam Generator

*Steam generator* merupakan *generator* yang digerakan oleh *steam* melalui tahapan beberapa proses konversi energi. Auxiliary boiler dibutuhkan untuk memproduksi *steam*. Selanjutnya *steam* digunakan untuk menggerakkan turbin dan energi mekanik turbin dimanfaatkan untuk menggerakkan

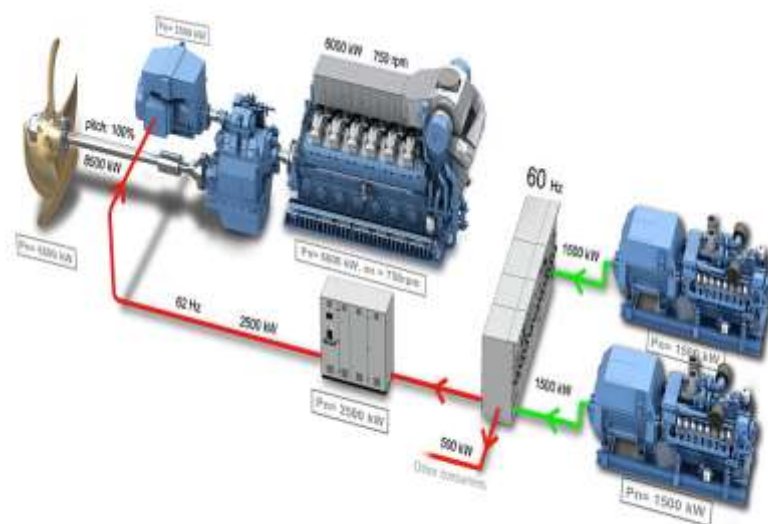
*generator*. Kelebihan dari *steam generator* adalah mempunyai energi potensial yang besar dan lebih menghemat bahan bakar. Kekurangannya adalah dibutuhkan proses yang panjang agar sampai ke tahap menghasilkan energi listrik. (Mirza S, 2004 : 146)



**Gambar 2** *Steam Generator*

( Jennylai 2013 Jack power, Tersedia : <http://www.genset-dieselgenerator.com/contactus.html>)

### (3) *Shaft Generator*



**Gambar 3** *Shaft Generator*

( Jennylai 2013 Jack power, Tersedia : <http://www.genset-dieselgenerator.com/contactus.html>)

Pada gambar *Shaft generator* tersebut merupakan salah satu pembangkit listrik di atas kapal yang sering dijumpai. *Shaft generator* digerakan oleh *shaft main engine* yang di-*couple* dengan *shaft generator*. *Generator* jenis ini biasanya digunakan pada saat kapal berlayar berada di lepas pantai. Tujuannya adalah untuk penghematan bahan bakar dari penggunaan *diesel generator* maupun *steam generator*. Tetapi tidak bisa digunakan pada saat kapal berlabuh, *manouver* dan cuaca buruk karena putaran *main engine* cenderung tidak konstan. (Mirza S, 2004 : 146)

(4) *Emergency Generator*

*Emergency generator* adalah sumber listrik utama ketika akan mengoperasikan kapal saat kapal berada di pelabuhan sebelum beralih ke *main bus bar*. Suplai daya darurat sangat dibutuhkan untuk mengantisipasi adanya *blackout* saat pengoperasian kapal. *Emergency generator* digerakan oleh *motor diesel* dan dijalankan menggunakan *hydraulic oil pump* dan *electro motor starter*. (Mirza S, 2004 : 146)



**Gambar 4** *Emergency Generator*  
( Jennylai 2013 Jack power, Tersedia : <http://www.genset-dieselgenerator.com/contactus.html>)

## b. Baterai

Baterai merupakan bagian yang sangat penting pada sistem kelistrikan kapal. Baterai berfungsi untuk menyimpan arus sementara yang kemudian digunakan untuk memenuhi kebutuhan arus listrik pada peralatan listrik kapal diantaranya sistem *starter* mesin, sistem penerangan lampu-lampu *emergency* dan komponen kelistrikannya. Baterai terbagi menjadi dua tipe yaitu:

### (1) Baterai Primer

Baterai yang hanya dapat digunakan sekali pakai melalui proses kimia untuk menciptakan energi listrik. Setelah semua arus tegangan baterai dialirkan untuk dipergunakan, maka baterai harus diganti seluruhnya. Banyak jenis dari baterai primer yaitu seperti baterai *Alkaline*, *Zinc-Carbon*, *Lithium* dan *Silver Oxide*. Baterai primer banyak digunakan pada *torches* dan radio. (Hanafi, 1993 : 46)



**Gambar 5** Baterai Primer

(Wiki 2018 Wikikomponen, Tersedia :

<https://www.wikikomponen.com/pengertian-jenis-baterai-primer-dan-sekunder/>)

## (2) Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau *rechargeable battery*. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan baterai primer. Hanya saja, reaksi kimia pada baterai sekunder ini dapat berbalik (*reversible*). Jenis-jenis baterai yang dapat di isi ulang (*rechargeable battery*) yang sering kita temukan antara lain seperti baterai *Ni-cd* (*Nickel-Cadmium*), *Ni-MH* (*Nickel-Metal Hydride*) dan *Li-Ion* (*Lithium-Ion*). Baterai sekunder banyak digunakan pada otomotif dan peralatan perkapalan. (Hanafi, 1993 : 46)



**Gambar 6** Baterai Sekunder

(Wiki 2018 Wikikomponen, Tersedia :

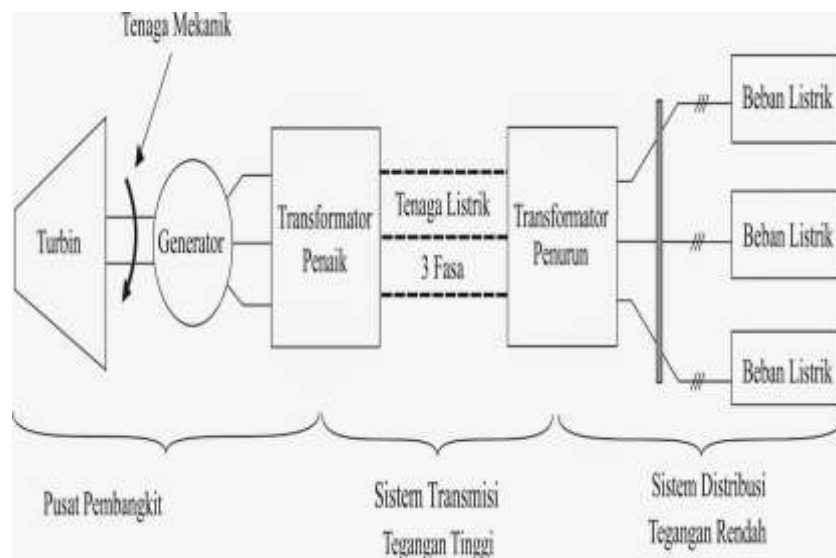
<https://www.wikikomponen.com/pengertian-jenis-baterai-primer-dan-sekunder/>)

## 2. Sistem Distribusi Kelistrikan Kapal

Sistem distribusi AC disuplai oleh *alternator* melalui *main switch board*. Tegangan yang biasa digunakan adalah 440 V, tetapi untuk instalasi besar dapat mencapai tegangan 3300 V. Tegangan tinggi

disuplai ke peralatan penunjang melalui *circuit breaker*. Suplai tegangan rendah 220 V digunakan untuk misal penerangan diperoleh dari transformator step down pada jaringan distribusi.

Sistem distribusi menggunakan tiga kawat dengan insulasi atau kawat netral yang terhubung ke *ground*. Kawat netral yang terinsulasi lebih disukai walaupun terkadang kawat netral yang terhubung ke ground masih digunakan. Sistem dengan kawat netral yang terinsulasi dapat mengalami tegangan surja yang tinggi akibat dari *switching* atau kesalahan sistem sehingga dapat merusak alat-alat yang lain. Penggunaan sistem pembumian atau *ground* dapat mengakibatkan hilangnya layanan penting seperti sistem kemudi karena kesalahan pembumian. Kesalahan pembumian pada sistem yang terinsulasi tidak merusak suplai dan tetap dapat dideteksi oleh lampu display pembumian. Oleh karena itu sistem terinsulasi lebih disukai karena kegagalan pembumian/ground sering terjadi di kapal dan hal tersebut tidak diinginkan. (Hanafi, 1993 : 46)



**Gambar 7** Sistem Distribusi Kelistrikan Kapal  
(Wiki 2018 Wikikomponen, Tersedia :

<https://www.wikikomponen.com/pengertian-jenis-baterai-primer-dan-sekunder/>)

## 2.2. Klasifikasi Sistem Kelistrikan Kapal

### 1. *Lighting Load System*

*Lighting load system* merupakan seluruh sistem penerangan yang berada di atas kapal beserta penerangan darurat. Sistem penerangan di atas kapal diantaranya sebagai berikut:

- (1) Beban lampu utama tiap ruang, *gangway*, beban lampu tambahan, beban lampu darurat.
- (2) Beban *stop* kontak (televisi, peralatan kantor, *exhaust fan*, lemari pendingin).



**Gambar 8** Lampu Penerangan Kabin

(Afif 2014 Detik Travel, Tersedia :

[https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522\\_nah1.jpg?w=455&q=90](https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522_nah1.jpg?w=455&q=90) )

### 2. *Power Load System*

*Power load system* merupakan sistem kelistrikan yang berfungsi untuk menyuplai permesinan kapal berupa *electric power source*. *Power load system* dibagi menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut:

- (1) *Engine room machinery* (*mechanical, pneumatic, hydraulic, pump, fan, dan heater*)
- (2) *Hull/deck machinery* (*crane, windlass, acc.ladder, dan winch*)
- (3) *Galley, pantry, dan laundry*



**Gambar 9** *Electro Motor Pada Booster Pump*

(Afif 2014 Detik Travel, Tersedia :

[https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522\\_nah1.jpg?w=455&q=90](https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522_nah1.jpg?w=455&q=90) )

### 3. *Navigation, Communication and Safety Load System*

Sistem ini merupakan penggunaan energi listrik untuk kebutuhan navigasi, komunikasi dan keselamatan seperti:

- (1) Lampu navigasi (*morse light, anchor light, mast head light, dan side light*)
- (2) Peralatan navigasi (*RADAR, gyro compass, echo sounder, GPS, dan NavTex*), AIS (*Automatic Identification System*)
- (3) (*INMARSAT-B, INMARSAT-C, public addressor dan intercom*)
- (4) *General alarm*



**Gambar 10** *Navigation, Communication and Safety Load System*

(Afif 2014 Detik Travel, Tersedia :

[https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522\\_nah1.jpg?w=455&q=90](https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522_nah1.jpg?w=455&q=90) )



#### 4. *Emergency Source System*



**Gambar 11** *Emergency Steering Gear*

(Afif 2014 Detik Travel, Tersedia :

[https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522\\_nah1.jpg?w=455&q=90](https://images.detik.com/content/2014/11/24/1519/081522_nah1.jpg?w=455&q=90) )

Sistem pada gambar diatas dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan yang bersifat darurat di atas kapal, yaitu:

- (1) Menggunakan baterai (aki) sebagai sumber daya dengan tegangan kerja sesuai dengan rules yang terletak di ruang ESEP (*Emergency Source of Electrical Power*).
- (2) Peralatan yang disuplai dari *emergency generator* adalah: *emergency steering gear, compressor, navigation system* dsb.
- (3) Semua peralatan navigasi, komunikasi dan keselamatan yang bekerja pada arus searah (DC).
- (4) Semua lampu-lampu darurat termasuk lampu ruangan dan gangway.
- (5) Kapasitas baterai harus mampu mensuplai kebutuhan listrik selama minimal separuh dari waktu perjalanan kapal pada rute kapal yang terjauh.

### 2.3. **Alat Pengaman Kelistrikan di Atas Kapal**

#### 1. *Circuit Breaker*

*Circuit breaker* adalah sebuah alat pemutus arus tegangan secara otomatis saat terjadinya kesalahan pada sitem jaringan listrik. Alat ini dikhususkan untuk mengamankan perangkat listrik saat terjadi hubungan

arus pendek ataupun kelebihan beban. *Circuit breaker* akan memutuskan arus yang disuplai dari *main switch board* sehingga dapat mengamankan perangkat listrik yang sedang digunakan atau yang lain. (Hanafi, 1993 : 253)



**Gambar 12** *Circuit Breaker*

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, Tersedia :  
<https://dgkeiyip.en.made-in-china.com/product/QoZnJMHIInKWw> )

## 2. Fuse



**Gambar 13** *Fuse*

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, Tersedia :  
<https://dgkeiyip.en.made-in-china.com/product/QoZnJMHIInKWw> )

*Pada gambar Fuse* atau sering disebut sekering adalah alat utama yang digunakan untuk melindungi jaringan listrik saat terjadi hubungan arus pendek. Jika arus tersebut melewati jumlah nilai aman dari jaringan listrik maka *fuse* akan meleleh dan mengisolasi main switch board dari kesalahan sistem. (Hanafi, 1993 : 253)

### 3. *Over Current Relay*

*Over current relay* digunakan terutama pada panel lokal dan *main switch board* untuk melindungi dari arus bertegangan tinggi. Alat ini dipasang sinyal daya rendah sebagai sebuah pengontrol. Biasanya *relay* diatur setara dengan arus beban penuh beserta waktu delay. (Hanafi, 1993 : 253)



**Gambar 14** *Over Current Relay*

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, Tersedia :  
<https://dgkeiyip.en.made-in-china.com/product/QoZnJMHIInKWw> )

### 4. *Dead Front Panel*

Alat ini merupakan alat pengaman lain pada panel tersendiri *main switch board* yang mana kita tidak bisa membuka panelnya sampai panel tersebut dimatikan. Tujuannya adalah mencegah pengguna tersetrum oleh arus bertegangan tinggi. (Hanafi, 1993 : 253)



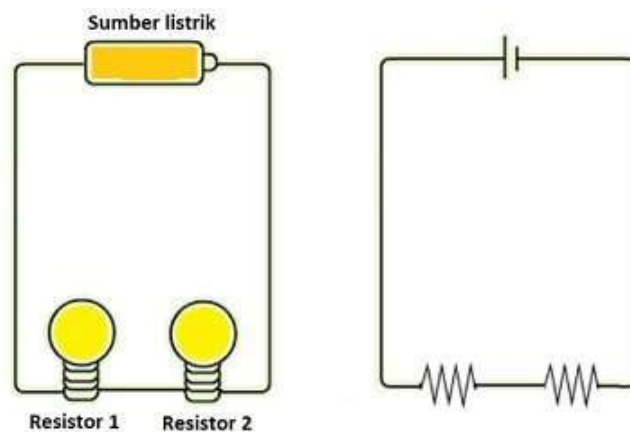
**Gambar 15** Rangkaian *Dead Front Panel*

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, Tersedia :  
<https://dgkeiyip.en.made-in-china.com/product/QoZnJMHIInKWw> )

## 2.5. Rangkaian Listrik

### 1. Rangkaian Seri

Rangkaian seri merupakan sebuah rangkaian listrik yang komponennya disusun secara berderetan hanya melalui satu jalur aliran listrik. Contohnya adalah sebuah rangkaian yang memiliki dua resistor, tapi hanya terdapat satu jalur kabel untuk mengalirkan listrik seperti pada gambar dibawah ini. (Taufik, 2013 : 55)



**Gambar 16** Rangkaian Seri

(Juan Prastyadi 2017 Listrik Dasar. Tersedia : <https://www.teknik-otomotif.com/2017/09/listrik-dasar-sifat-dan-rangkaian.html>)

Pada rangkaian seri, arus listrik yang mengalir besarnya sama tiap elemen dan dirumuskan dengan:

$$I_{masuk} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = I_{keluar}$$

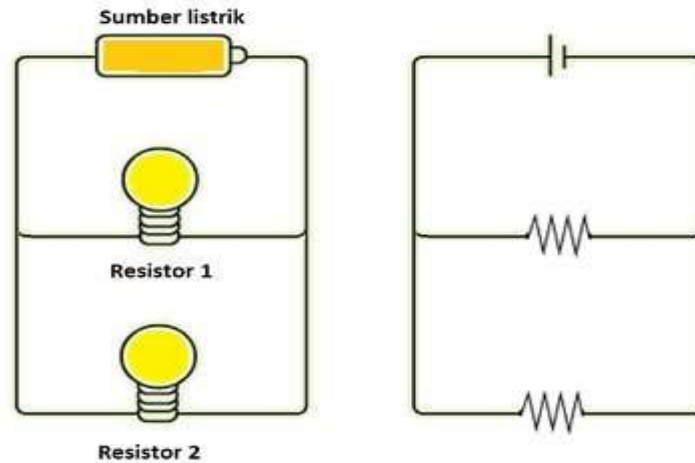
Total hambatan resistor pada rangkaian seri merupakan penjumlahan masing-masing hambatannya yang dirumuskan dengan:

$$R_{seri} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

### 2. Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel merupakan sebuah rangkaian listrik yang komponennya disusun sejajar dimana terdapat lebih dari satu jalur listrik (bercabang) secara paralel. Contohnya adalah sebuah rangkaian yang

memiliki dua resistor dimana terdapat satu jalur kabel untuk setiap resistor seperti pada gambar dibawah ini.(Taufik, 2013 : 55)



**Gambar 17** Rangkaian Paralel

(Juan Prastyadi 2017 Listrik Dasar. Tersedia : <https://www.teknik-otomotif.com/2017/09/listrik-dasar-sifat-dan-rangkaian.html>)

Sesuai dengan Hukum Kirchoff 1, arus listrik yang masuk harus sama dengan arus keluar. Sehingga pada rangkaian paralel besarnya arus sebelum masuk ke cabang sama dengan besar arus setelah keluar dari cabang dan dirumuskan dengan:

$$I_{masuk} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Sesuai dengan Hukum Ohm, maka total hambatan resistor pada rangkaian paralel merupakan jumlah dari kebalikan hambatan tiap-tiap komponen dan dirumuskan dengan:

$$1/R_{paralel} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$$

## 2.6. Penerapan Listrik

Adapun pengaplikasian listrik 3 phase. Phase = Arus listrik positive [ (+) = L ] maka listrik 1 phase adalah listrik yang menggunakan 1 line Arus

listrik positive. Listrik 2 phase menggunakan 2 phase arus listrik positive begitu juga listrik 3 phase, menggunakan 3 line Arus listrik positive.

#### 1. Definisi Listrik 1 phase

Listrik 1 phase bertegangan 220 volt dan Arus listrik di salurkan oleh Sumber (PLN) menggunakan jenis kabel SR dan terdiri dari 2 kabel berwarna hitam, Dimana kedua kabel tersebut adalah Arus listrik positive dan Negative (+ -). Ciri ciri kabel SR penghantar arus listrik positive biasanya jika diperhatikan memiliki satu garis halus pada kulit kabel. Ciri kabel SR penghantar arus listrik negative biasanya hanya hitam polos. Namun Sebaiknya Gunakan test pen untuk mengujinya.(Hanafi, 1993 : 145)

#### 2. Definisi Listrik 2 phase

Pembangkit Listrik 2 Phase memang belum ada karena alat yang menggunakan listrik 2 phase juga belum ada. Dari Pembangkit 3 phase sebenarnya bisa digunakan untuk 1 phase atau jika mau untuk 2 phase juga bisa.(Hanafi, 1993 : 145)

#### 3. Definisi Listrik 3 phase

Listrik 3 phase umumnya bertegangan 380 Volt dan Menggunakan 4 kabel SR sebagai penghantar arus. tiga di antaranya adalah Arus listrik positive dan satu arus listrik negative. Ciri kabel SR penghantar arus listrik negative adalah hitam polos. Dan ciri kabel phase 1, phase 2, phase 3 (L1, L2 dan L3) memiliki satu garis halus untuk phase 1 (Line satu) untuk phase 2 memiliki dua garis halus untuk Line 2 dan ciri kabel phase 3 di tandai dengan 3 garis halus pada kulit kabel.(Hanafi, 1993 : 145)

### **2.7. Pengertian Alat Ukur Listrik**

Alat ukur listrik adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran – besaran listrik yang mengalir seperti hambatan listrik (R), Kuat Arus listrik

(I), Beda Potensial listrik (V), Daya listrik (P), dan lainnya. Terdapat dua jenis alat ukur yang digunakan yaitu alat ukur analog dan alat ukur digital.

### 1. Amperemeter

Amperemeter ialah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik baik untuk arus DC maupun AC yang terdapat dalam rangkaian tertutup. Amperemeter biasa dipasang berderet dengan elemen listrik. Jika Anda akan mengukur arus yang mengalir pada sebuah penghantar dengan memakai Amperemeter maka wajib Anda pasang secara seri dengan cara memotong penghantar agar arus mengalir melalui Amperemeter. (Mirza S, 2004 : 201)



**Gambar 18** Ampere Meter

(Lestariningsih 2019. Alat Ukur Listrik Tersedia :

<http://rangkaianelektronika.info/macam-macam-alat-ukur-elektronika/>)

### 2. Ohm Meter

Ohm meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur hambatan listrik pada rangkaian tertutup atau daya untuk menahan mengalirnya arus listrik pada sebuah konduktor. Besarnya satuan hambatan yang diukur oleh alat ini dinyatakan dalam ohm. Alat Ohm meter ini menggunakan galvanometer untuk mengukur besarnya arus listrik yang lewat atau mengalir pada sebuah hambatan listrik (R) , yang kemudian dikalibrasikan ke satuan ohm. (Mirza S, 2004 : 201)



**Gambar 19** Ohm Meter

(Lestariningsih 2019. Alat Ukur Listrik Tersedia :

<http://rangkaiaelektronika.info/macam-macam-alat-ukur-elektronika/>)

### 3. Voltmeter

Voltmeter ialah alat yang digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik pada sebuah rangkaian listrik tertutup. Voltmeter disusun secara paralel terhadap letak komponen yang diukur dalam rangkaian. Alat ini terdiri dari tiga buah lempengan tembaga yang terpasang pada sebuah bakelite yang dirangkai dalam sebuah tabung kaca atau plastik. Lempengan luar berfungsi sebagai Anode sedangkan yang di tengah sebagai Katode. (Mirza S, 2004 : 201)



**Gambar 20** Volt Meter

(Lestariningsih 2019. Alat Ukur Listrik Tersedia :

<http://rangkaiaelektronika.info/macam-macam-alat-ukur-elektronika/>)



#### 4. Multimeter

Multimeter ialah alat yang digunakan untuk mengukur listrik tegangan (Voltmeter), hambatan listrik (Ohm meter), juga arus listrik (Ampere). Ada dua jenis multimeter, yaitu multimeter digital atau DMM (Digital Multi Meter), dan multimeter analog. Kelebihan dari multimeter digital daripada multimeter analog adalah tingkat ketelitian lebih tinggi dalam pengukuran. Namun, dari kedua jenis multimeter tersebut dapat mengukur listrik AC maupun DC. (Mirza S, 2004 : 201)



**Gambar 21** Multi Meter

(Lestariningsih 2019. Alat Ukur Listrik Tersedia :

<http://rangkaianelektronika.info/macam-macam-alat-ukur-elektronika/>)