

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Observasi terhadap rancangan kapasitor bank serta mencari referensi dari beberapa sumber yang berkaitan dengan judul yang diambil. Berikut beberapa referensi yang berkaitan dengan judul penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Jurnal teknik yang ditulis oleh Muhammad Chanif, Ir. Sardono Sarwito, dan Eddy Setyo K. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) yang berjudul “*Analisa Pengaruh Penambahan kapasitor Terhadap Proses Pengisian Baterai Wahana Bawah Laut*” yang ditulis pada tahun 2014. Penelitian ini membahas tentang proses mempercepat pengisian Baterai pada wahana bawah laut, memodifikasi *charger* dengan penambahan kapasitor. Sebuah rangkaian baterai charger apabila jumlah kapasitas kapasitor ditambah dan dirangkai secara parallel, maka muatan yang dihasilkan juga akan bertambah, arus dan voltase juga bertambah terhadap fungsi waktu.
2. Jurnal teknik yang ditulis oleh Syamsudin Noor dan Noor Saputera. Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin yang berjudul “*Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank*” yang ditulis pada tahun 2014. Penelitian ini membahas tentang prinsip kapasitor bank yang bermanfaat menyuplai daya reaktif ke beban sehingga menaikkan faktor daya. Kapasitor bank lebih banyak membantu baik dari segi operasional peralatan listrik maupun efisiensi daya listrik, seperti peralatan listrik bekerja normal dan menekan kerugian biaya operasional.

Dari dua *literature review* yang ada, telah banyak penelitian mengenai kinerja dari rancangan dan rumusan kapasitor bank. Untuk membuat variasi penelitian yang telah ada, maka penulis melakukan penelitian perihal “*Analisis Pengaruh Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Kinerja Kelistrikan Isuzu Panther 25 New Royale tahun 2000*”.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Dasar Dasar Kelistrikan

Suatu benda jika dibagi sampai bagian terkecilnya tanpa meninggalkan sifat aslinya maka akan didapat partikel yang disebut molekul. Kemudian jika molekul dibagi maka akan didapatkan bahwa molekul terdiri dari beberapa atom.

Semua atom terdiri dari inti yang dikelilingi oleh partikel-partikel yang sangat tipis, yang biasa disebut elektron-elektron. Inti sendiri terdiri dari proton dan neutron dalam jumlah yang sama (kecuali atom hidrogen yang kekurangan jumlah neutron). Proton dan elektron mempunyai suatu hal yang sama yaitu muatan listrik (*electrical charge*). Muatan listrik pada proton diberi muatan muatan (+) sedangkan listrik pada electron diberi muatan (-) sedangkan neutron sendiri tidak bermuatan (netral).

Elektron-elektron yang orbitnya paling jauh dari inti disebut *valence electron*. Karena elektron yang mempunyai orbit paling jauh dari inti gaya tarik menariknya lemah, maka elektron ini mempunyai gaya keluar dari orbitnya dan berpindah ke atom lain. Dengan demikian elektron ini disebut elektron bebas. Berbagai karakteristik dan macam aksi kelistrikan seperti loncatan bunga api, pembangkitan panas, reaksi kimia atau aksi magnet dapat terjadi karena adanya aliran listrik, hal ini disebabkan adanya elektron bebas.

A. Arus Listrik

Arus listrik dinyatakan dengan I (*Intensity*) sedangkan besar arus listrik dinyatakan dengan satuan ampere, disingkat A. Satu ampere A sama dengan pergerakan $6,25 \times 10^{18}$ elektron bebas yang melewati konduktor setiap detik.

B. Tegangan Listrik

Tegangan listrik disebut dengan perbedaan potensial atau biasa disebut *voltage* (kadang-kadang juga disebut dengan *electromotive force*). Satuan tegangan listrik dinyatakan dengan volt dengan simbol V. Satu volt adalah tegangan listrik atau potensial listrik yang dapat mengalirkan arus listrik sebesar 1 ampere pada konduktor dengan tahanan 1 ohm.

C. Hambatan Listrik

Bila arus listrik melalui sebuah benda, elektron bebas tidak dapat bergerak maju dengan lembut karena elektron akan tertahan atom-atom yang dibentuk oleh benda tersebut. Derajat kesulitan dari elektron untuk bergerak lewat benda tersebut (yaitu derajat kesulitan dari arus listrik dapat mengalir melalui material tersebut), disebut dengan tahanan listrik.

Tahanan listrik dinyatakan dengan huruf R, dan diukur dengan satuan ohm dengan simbol Ω = omega. Satu ohm adalah tahanan listrik yang mampu menahan arus listrik yang mengalir sebesar satu ampere dengan tegangan satu volt.

D. Hukum Ohm

Bila tegangan diberikan pada sirkuit kelistrikan, maka arus akan mengalir ke sirkuit. Ukuran arus yang mengalir akan berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan tahanan. Hukum ohm dinyatakan sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.1)$$

Dimana:

I = Arus listrik yang mengalir pada sirkuit (A)

V = Tegangan listrik (V)

R = Tahanan pada sirkuit (Ω)

E. Rangkaian Seri

Bila dua atau lebih lampu (tahanan R_1 dan R_2 dsb) dirangkai dalam sirkuit, hanya ada satu jalur dimana arus dapat mengalir. Tipe penyambungan seperti ini disebut rangkaian seri. Besar arus listrik yang mengalir selalu sama pada tiap tempat atau titik pada rangkaian seri. Tahanan kombinasi R_0 pada sirkuit adalah sama dengan jumlah dari masing-masing tahanan R_1 dan R_2 .

$$R_0 = R_1 + R_2 \quad (2.2)$$

Selanjutnya, kuat arus listrik I yang mengalir pada sirkuit dapat dihitung sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R_0} = \frac{V}{R_1 + R_2} \quad (2.3)$$

F. Penurunan Tegangan

Bila arus listrik mengalir di dalam sebuah sirkuit, dengan adanya tahanan listrik di dalam sirkuit akan menyebabkan tegangan turun setelah melewati tahanan. Besarnya perubahan tegangan dengan adanya tahanan disebut dengan penurunan tegangan.

Bila arus I mengalir pada sirkuit, penurunan tegangan V_1 dan V_2 setelah melewati R_1 dan R_2 dapat dihitung dengan hukum ohm (besar arus I adalah sama dengan pada R_1 dan R_2 karena dirangkai secara seri).

G. Rangkaian Paralel

Pada rangkaian paralel, dua atau lebih tahanan (R_1 , R_2 , dst) dihubungkan di dalam sirkuit, salah satu dari setiap ujung *resistance* dihubungkan ke bagian yang bertegangan tinggi (positif) dari sirkuit dan ujung lainnya dihubungkan ke bagian yang lebih rendah (negatif). Tahanan R_0 (kombinasi tahanan R_1 dan R_2) pada rangkaian paralel dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.4)$$

H. Daya Listrik (*Electrical Power*)

Bila arus listrik mengalir ke dalam suatu sirkuit, energi listrik dirubah dalam bentuk panas, energi radiasi (sinar), energi mekanis dan sebagainya ke dalam beberapa bentuk kerja. Bila tegangan 12 V dihubungkan ke sebuah lampu dengan tahanan 12 Ω , maka arus sebesar 1 A akan mengalir dan menyalakan lampu. Hal ini disebabkan energi listrik (yang diberikan dari baterai) diubah ke dalam bentuk energi panas pada *filament* lampu dan menghasilkan sinar, sehingga *filament* akan menyala disebabkan oleh energi listrik. Jumlah energi yang dilakukan oleh listrik ini dalam satuan waktu

(misalnya 1 detik) disebut dengan daya listrik dengan simbol P (Power) dan diukur dalam satuan Watt (W).

Dengan mengumpamakan tegangan (V) dihubungkan ke lampu dan arus I akan mengalir ke lampu tersebut, maka akan didapatkan suatu hubungan atau rumus yang menyatakan daya listrik P pada lampu tersebut:

$$P = V \times I \quad (2.5)$$

Dengan kata lain, 1 W adalah didefinisikan sebagai daya listrik yang diburuhkan bila tegangan 1 V dihubungkan ke lampu dan arus 1 A mengalir melalui lampu tersebut. Untuk satuan daya listrik yang sangat kecil ataupun sangat besar, lihat di tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Tabel Satuan Daya Listrik

	Satuan Dasar	Daya Kecil	Daya Besar	
Simbol	W	mW	kW	MW
Dibaca	Watt	Miliwatt	Kilowatt	Megawatt
Perkalian	1	1×10^{-3}	1×10^3	1×10^6

(Toyota, 1995)

I. Energi Listrik

Jumlah energi yang dilakukan oleh listrik disebut sebagai energi listrik. Simbol W (jangan diartikan sama dengan “W” singkatan dari “watt”) digunakan untuk menyatakan energi listrik, yang dihitung dalam satuan watt detik (Ws). Jumlah energi listrik W yang digunakan dapat ditentukan sebagai berikut bila tenaga listrik P dipergunakan untuk beberapa waktu t.

$$W = P \times t \quad (2.6)$$

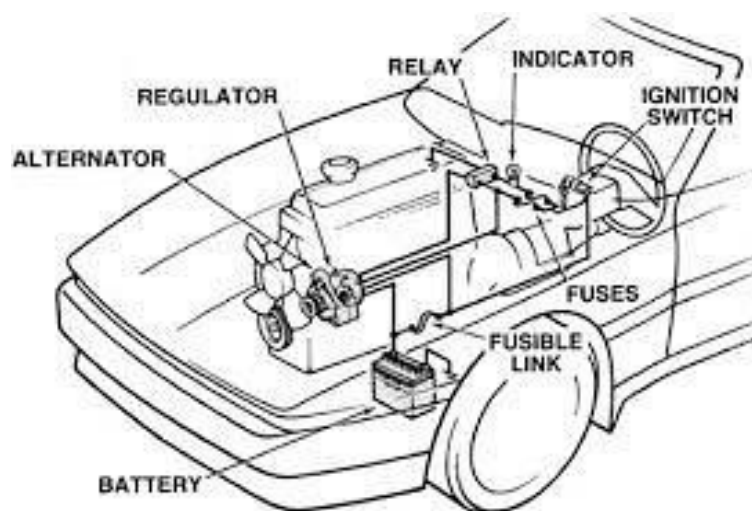
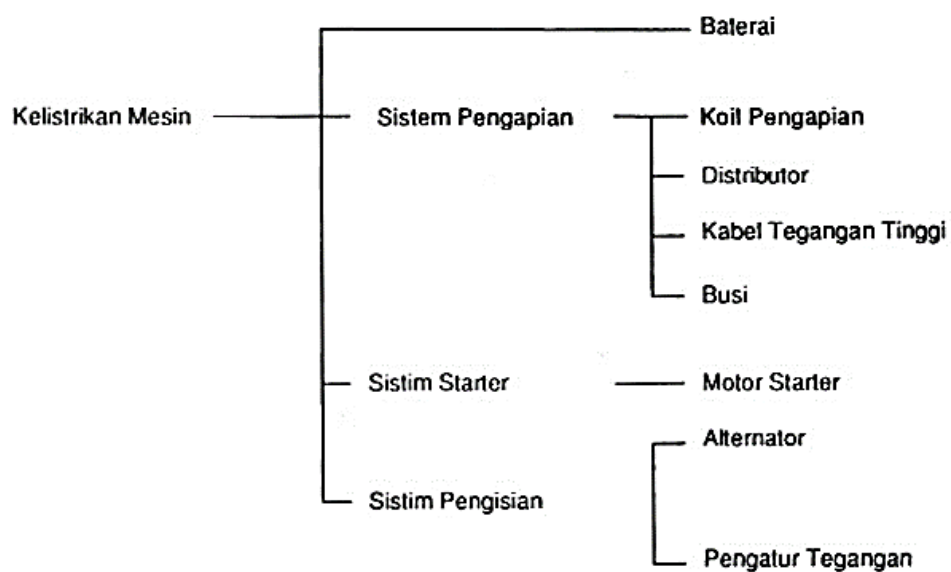
Selain satuan watt detik (Ws) digunakan juga satuan:

Wh = watt jam, adalah energi listrik yang digunakan bila daya listrik 1 W berlangsung selama 1 jam

kWh = kilowatt jam, adalah energi listrik yang digunakan bila daya listrik 1 kW berlangsung selama 1 jam (satuan ini digunakan untuk mengitung rekening listrik PLN). (Toyota, 1995).

2.2.2 Sistem Kelistrikan Kendaraan

Sistem kelistrikan kendaraan ialah sistem kelistrikan otomatisasi yang dipergunakan untuk menghidupkan mesin serta untuk mempertahankannya agar tetap hidup. Bagian-bagiannya terdiri atas baterai yang menyuplai listrik ke komponen kelistrikan lainnya, sistem pengisian yang menyuplai listrik ke baterai, sistem *starter* yang memutar mesin pertama kali, sistem pengapian yang membakar campuran udara-bahan bakar, yang dihisap ke dalam silinder, dan perlengkapan kelistrikan lainnya.

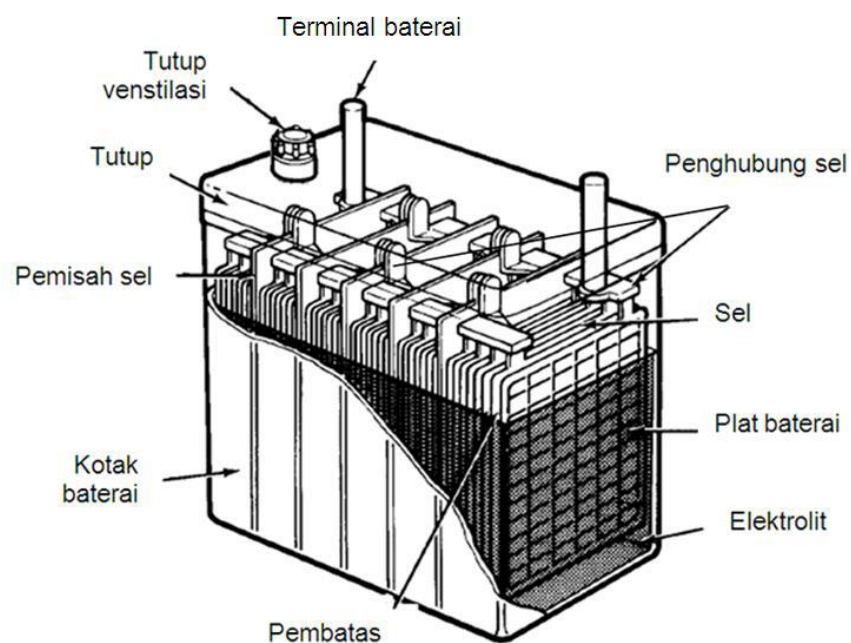


Gambar 2.1. Sistem Kelistrikan Kendaraan
(Toyota, 1995)

A. Baterai

Baterai ialah alat elektro kimia yang dibuat untuk menyuplai listrik ke sistem *starter* mesin, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya. Alat ini menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia yang dikeluarkannya bila diperlukan dan menyuplainya ke masing-masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya. Karena di dalam proses baterai kehilangan energi kimia, maka alternator menyuplainya kembali ke dalam baterai (yang disebut pengisian). Baterai menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia. Siklus pengisian dan pengeluaran ini terjadi berulang kali secara terus menerus.

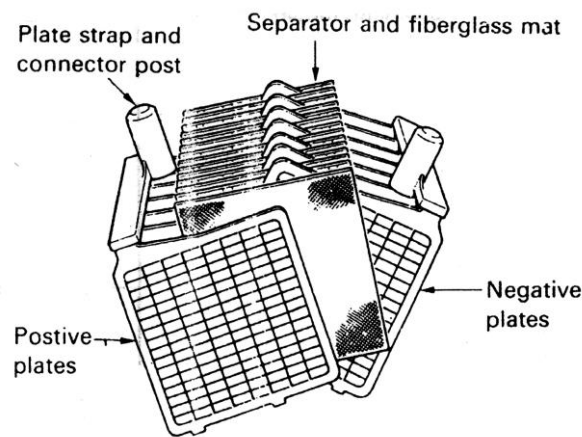
Di dalam baterai mobil terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat terbuat dari timah atau berasal dari timah. Ruangan dalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit.



Gambar 2.2 Konstruksi Baterai
(Toyota, 1995)

1. Elemen Baterai

Antara pelat-pelat positif dan negatif masing-masing dihubungkan oleh *plate strap* (pengikat pelat) terpisah. Ikatan pelat-pelat positif dan negatif ini dipasang secara berselang-seling, yang dibatasi oleh separator dan *fiberglass*. Jadi satu kesatuan dari pelat, separator dan *fiberglass* disebut elemen baterai. Penyusunan pelat-pelat seperti ini tujuannya memperbesar luas singgungan antara bahan aktif dan elektrolit, agar listrik yang dihasilkan besar. Dengan kata lain kapasitas baterai menjadi kasar.



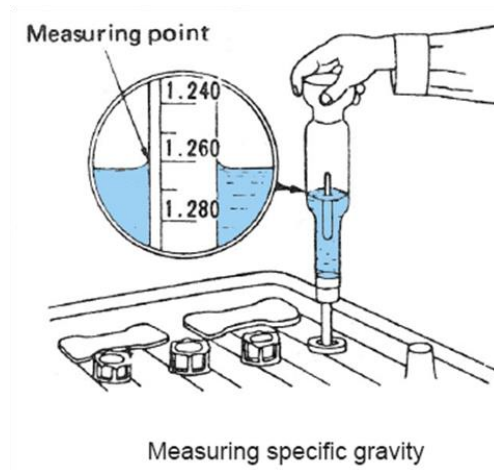
Gambar 2.3 Elemen Baterai
(Toyota, 1995)

Gaya elektrolit EMP (*Electromagnetic Pulse*) yang dihasilkan satu sel kira-kira 2,1 V, pada segala ukuran pelat. Karena baterai mobil mempunyai 6 sel yang dihubungkan secara seri, EMP *output* nominal yang dihasilkan ialah kira-kira 12 Volt.

2. Elektrolit

Elektrolit baterai adalah larutan asam sulfat dengan air sulingan. Berat jenis elektrolit pada baterai saat ini dalam keadaan terisi penuh ialah 1,260 atau 1,280 (pada temperatur 20°C). Perbedaan ini disebabkan perbandingan antara air sulingan dengan asam sulfat pada masing-masing tipe berbeda. Elektrolit yang berat jenisnya 1,260 mengandung 65% air

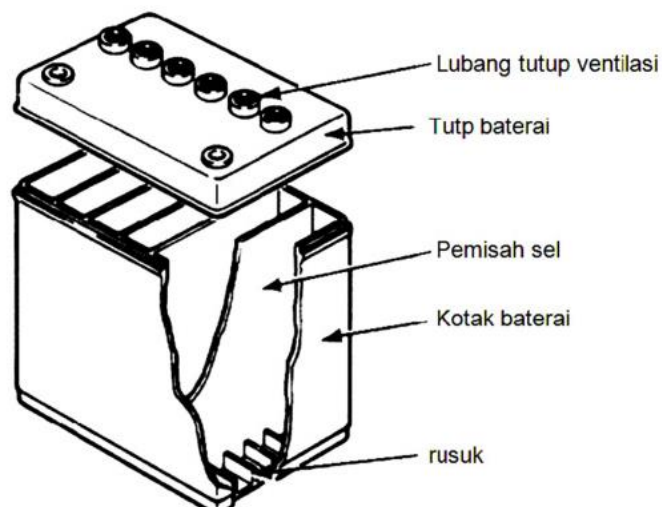
sulingan dari 35% asam sulfat sedangkan elektrolit yang berat jenisnya 1,280 mengandung 63% air sulingan dan 37% asam sulfat.



Gambar 2.4 Pengukuran Massa Jenis (Toyota, 1995)

3. Kotak Baterai

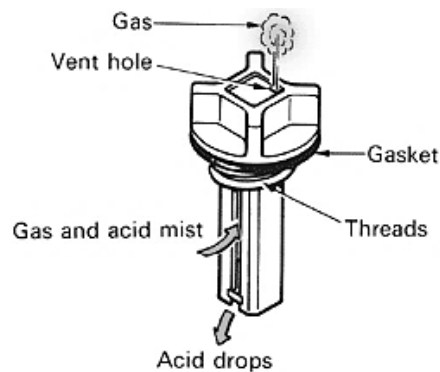
Wadah yang menampung elektrolit dan elemen baterai disebut kotak baterai. Ruangan dalamnya dibagi menjadi 6 ruangan atau sel. Pada kotak baterai terdapat garis tanda permukaan atas dan bawah (*upper and lower*). Pelat-pelat posisinya ditinggalkan dari dasar dan diberi penyekat, tujuannya agar tidak terjadi hubungan singkat apabila ada bahan aktif (timah dan lain-lain) terjatuh dari pelat.



Gambar 2.5 Kotak Baterai (Toyota, 1995)

4. Sumbat Ventilasi

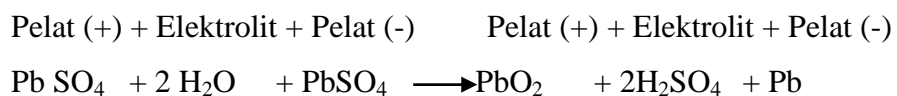
Sumbat ventilasi berfungsi untuk memisahkan gas hidrogen (yang terbentuk saat pengisian) dan uap asam sulfat di dalam baterai dengan cara membiarkan gas hidrogen keluar lewat lubang ventilasi, sedangkan uap asam sulfat mengembun pada tepian ventilasi dan menetes kembali ke bawah.



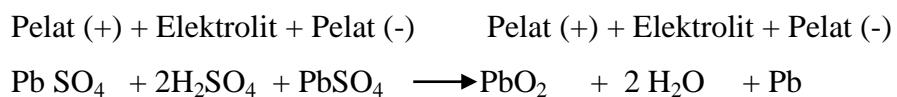
Gambar 2.6 Sumbat Ventilasi
(Toyota, 1995)

5. Reaksi Kimia pada Baterai

Saat baterai dihubungkan dengan sumber listrik arus searah maka terjadi proses pengisian (*charge*). Proses tersebut secara kimia dapat dirumuskan sebagai berikut:



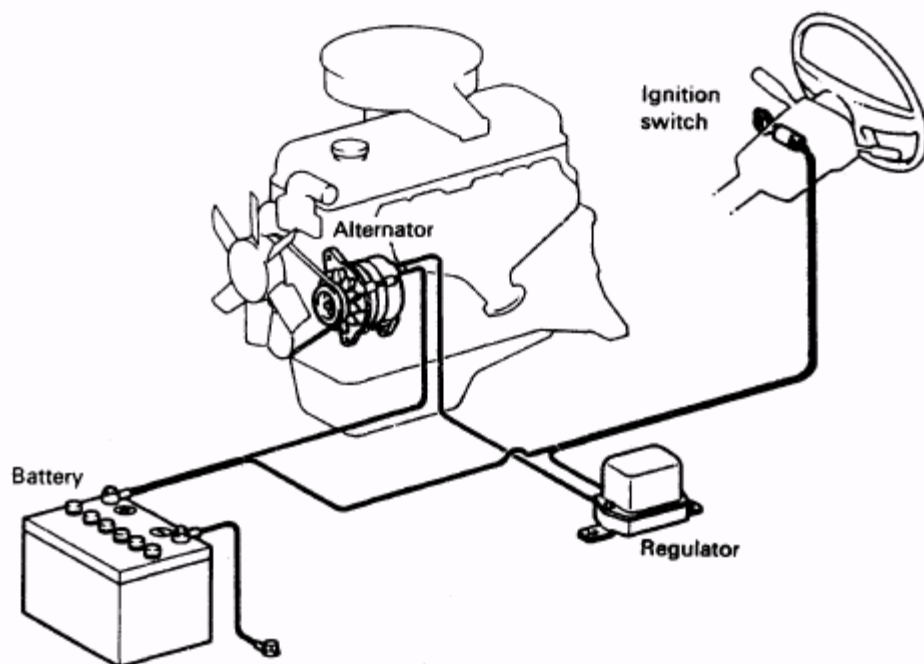
Proses pengosongan secara kimia dapat dirumuskan sebagai berikut:



Dari reaksi kimia tersebut terdapat perbedaan elektrolit baterai saat kapasitas baterai penuh dan kosong, dimana saat baterai penuh elektrolit terdiri dari $2\text{H}_2\text{SO}_4$, sedangkan saat kosong elektrolit baterai adalah $2\text{H}_2\text{O}$.

B. Sistem Pengisian Diesel

Sistem kelistrikan pada mobil selain sistem pengapian dan sistem *starter* adalah sistem pengisian. Sistem ini merupakan sistem yang mempunyai fungsi menyediakan atau menghasilkan arus listrik yang nantinya dimanfaatkan oleh komponen kelistrikan pada kendaraan dan sekaligus mengisi ulang arus pada baterai. Ada 3 komponen utama dalam sistem pengisian yaitu Baterai, Alternator, dan Regulator.



Gambar 2.7 Sistem Pengisian Diesel
(Toyota, 1995)

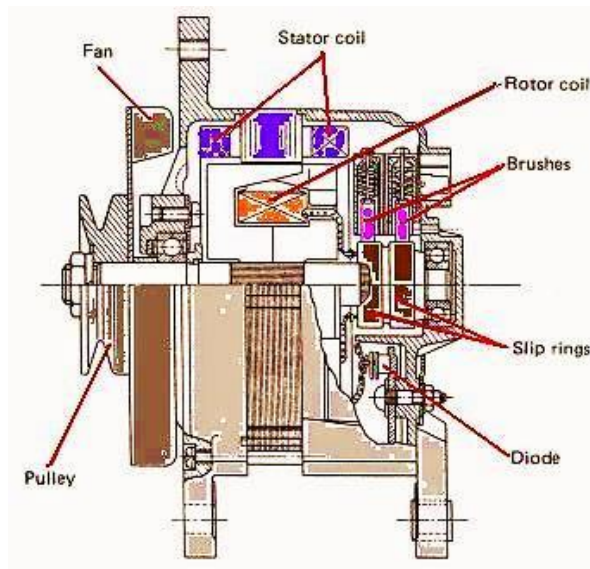
Fungsi baterai pada *automobile* adalah untuk menyuplai kebutuhan listrik pada komponen-komponen listrik pada mobil tersebut seperti *motor starter*, lampu-lampu besar dan penghapus kaca. Namun demikian kapasitas baterai sangatlah terbatas, sehingga tidak akan dapat menyuplai tenaga listrik secara terus menerus.

Dengan demikian, baterai harus selalu terisi penuh agar dapat menyuplai kebutuhan listrik setiap waktu yang diperlukan oleh tiap-tiap komponen-komponen listrik. Untuk itu pada mobil diperlukan sistem

pengisian yang akan memproduksi listrik agar baterai selalu terisi penuh. Sistem pengisian (*charging system*) akan memproduksi listrik untuk mengisi kembali baterai dan menyuplai kelistrikan ke komponen yang memerlukannya pada saat mesin dihidupkan.

1. Alternator

Fungsi alternator adalah untuk mengubah energi mekanis yang didapatkan dari mesin tenaga listrik. Energi mekanik dari mesin disalurkan sebuah puli, yang memutar roda dan menghasilkan arus listrik bolak-balik pada stator. Arus listrik bolak-balik ini kemudian diubah menjadi arus searah oleh dioda-dioda.



Gambar 2.8 Alternator
(Toyota, 1995)

Alternator digerakkan oleh mesin melalui *v-belt*. Jika arus dari baterai mengalir ke rotor melalui regulator, maka akan terjadi kemagnetan pada lilitan rotor. Selanjutnya jika mesin berputar, rotor juga berputar. Hal ini menyebabkan terjadinya induksi tegangan dari rotor ke kumparan stator. Pada kumparan stator akan dibangkitkan tegangan arus bolak balik yang selanjutnya disearahkan oleh dioda. Arus yang sudah disearahkan akan disalurkan ke baterai. Adapun pengaturan besar kecilnya tegangan pengisian diatur oleh regulator. Konstruksi alternator

bagian-bagiannya terdiri dari puli, *fan* (kipas), rotor, stator, dan *rectrifier* (*silicon diode*).

Bagian-bagian Konstruksi Alternator:

a. Puli

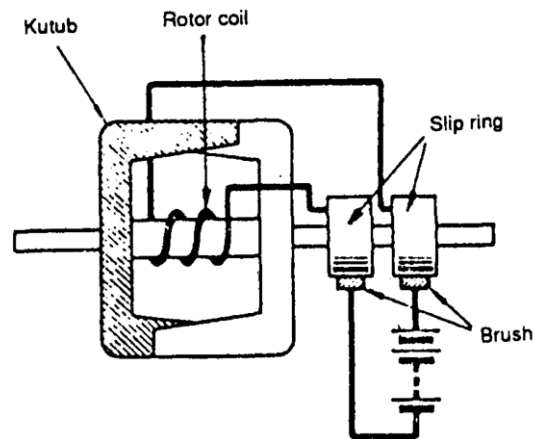
Puli berfungsi untuk tempat tali kipas penggerak rotor.

b. *Fan* (Kipas)

Fungsi *fan* untuk mendinginkan dioda dan kumparan-kumparan dari alternator.

c. Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar di dalam alternator, pada rotor terdapat kumparan rotor (*rotor coil*) yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. *Brush* yang terdapat pada rotor berfungsi sebagai kutub-kutub magnet, dua *slip ring* yang terdapat pada alternator berfungsi sebagai penyalur listrik ke kumparan rotor. Rotor ditumpu oleh dua buah *bearing*, pada bagian depannya terdapat puli dan kipas, sedangkan di bagian belakang terdapat *slip ring*.

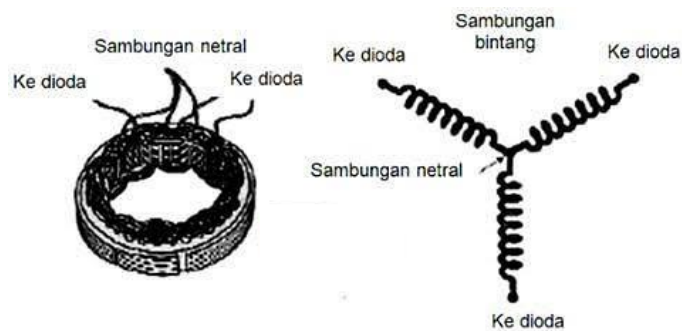


Gambar 2.9 Rotor
(Toyota, 1995)

d. *Stator Coil*

Kumparan stator adalah bagian yang diam dan terdiri dari tiga kumparan yang pada salah satu ujung-ujungnya dijadikan satu. Pada gambar sebelah kanannya terlihat teori gambar konstruksi dari stator.

Konstruksi ini disebut hubungan "Y" atau bintang tiga fase. Bagian tengah yang menjadi satu adalah pusat gulungan dan bagian ini disebut titik netral (*neutral point*) atau biasa disebut terminal "N". Pada bagian ujung kabel lainnya akan menghasilkan arus bolak-balik (AC) tiga fase.

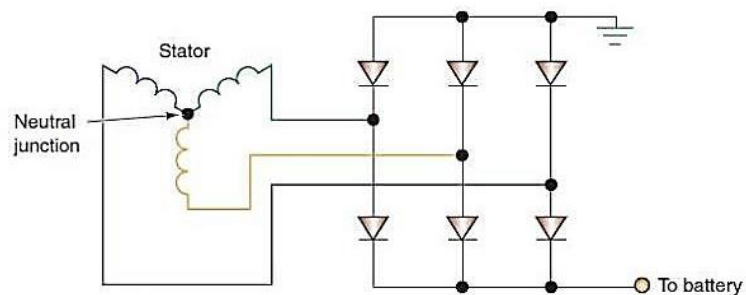


Gambar 2.10 *Stator Coil*
(Toyota, 1995)

e. *Rectifier (Silicon Diode)*

Ketiga ujung dari stator dihubungkan dengan kedua macam dioda. Pada model yang lama terdapat dua bagian yang terpisah antara dioda positif (+) dan dioda negatif (-). Bagian positif (+) mempunyai rumah yang lebih besar daripada yang negatif (-). Selain perbedaan tersebut ada lagi perbedaan lainnya yaitu strip merah pada dioda positif dan strip hitam pada dioda negatif.

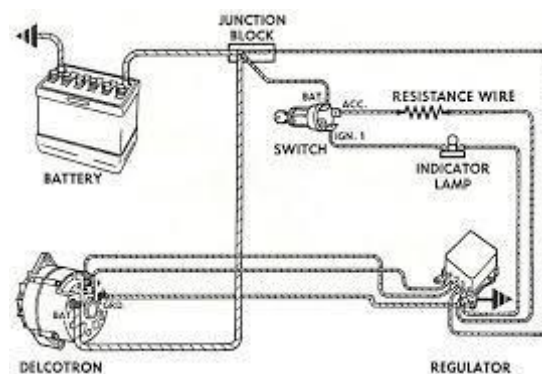
Fungsi dari dioda adalah menyearahkan arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh stator koil menjadi arus searah (DC). Dioda juga berfungsi mencegah arus balik dari baterai ke alternator.



Gambar 2.11 Hubungan *Stator Coil* dengan Dioda
(Toyota, 1995)

2. Regulator

Regulator berfungsi untuk mengatur besar arus listrik yang masuk ke dalam rotor koil sehingga tegangan yang dihasilkan oleh alternator tetap *constant* (sama) menurut harga yang telah ditentukan walaupun putarannya berubah-ubah. Selain daripada itu regulator juga berfungsi untuk mematikan tanda dari lampu pengisian, lampu tanda pengisian akan secara otomatis mati apabila alternator sudah menghasilkan arus listrik.

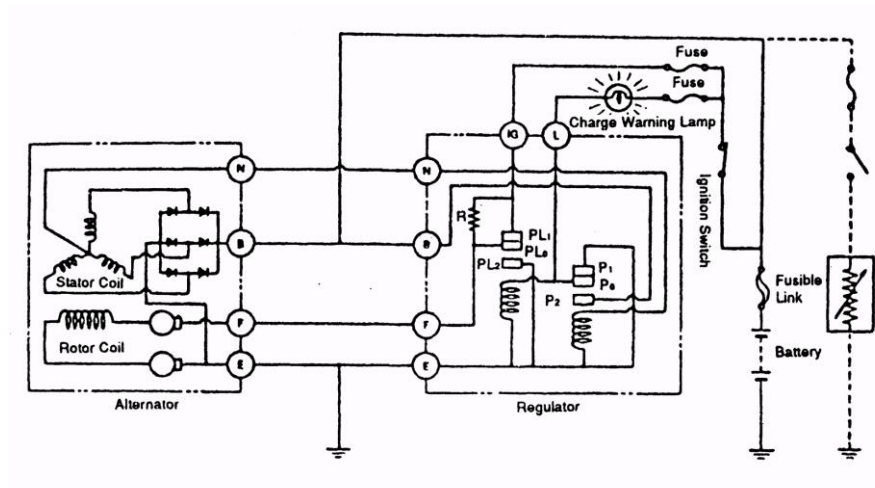


Gambar 2.12 Regulator
(Toyota, 1995)

Gambar diatas memperlihatkan fungsi dari regulator, alternator dan baterai. Apabila alternator tidak menghasilkan listrik, maka hanya dari baterai saja untuk mengatasi kebutuhan kelistrikan, bila hal ini terjadi maka regulator akan bekerja memberi tanda pada pengemudi (lampu CHG). Ada dua tipe regulator yaitu tipe point (*point type*) dan tipe tanpa point (*pointless type*). Tipe tanpa point juga biasa disebut IC regulator karena terdiri dari *intergrated circuit*.

3. Cara Kerja Sistem Pengisian

Cara Kerja Pada Saat Kunci Kontak *ON* Dan Mesin Mati



Gambar 2.13 Cara Kerja Rangkaian *Intern* Pengisian

(Toyota, 1995)

Bila kunci kontak diputar ke posisi *On* , arus dari baterai akan mengalir ke rotor dan merangsang rotor coil. Pada waktu yang sama, arus baterai juga mengalir ke lampu pengisian (CHG) dan akibatnya lampu menjadi menyala (*On*). Secara keseluruhan mengalirnya arus listrik sebagai berikut :

1. Arus yang ke *field coil*

Terminal (+) baterai → *fusible link* → kunci kontak (IG *switch*) → sekering → terminal IG regulator → *point PL* → *point PL* → terminal F regulator → terminal F alternator → *brush* → *slip ring* → *rotor coil* → *slip ring* → *brush* → terminal E alternator → massa → bodi. Akibatnya rotor terangsang dan timbul kemagnetan yang selanjutnya arus ini disebut arus medan (*field current*).

2. Arus ke lampu *charge*

Terminal (+) baterai → *fusible link* → sakelar kunci kontak IG (IG *switch*) sekering → lampu CHG → terminal L regulator → titik kontak P → titik kontak P → terminal E regulator → massa bodi. Akibatnya lampu *charge* akan menyala.

C. Kelistrikan Bodi

Komponen-komponen kelistrikan bodi adalah komponen kelistrikan yang dilengkapi dalam bodi kendaraan. Termasuk komponen sistem penerangan, meter kombinasi, *wiper system* dan *washer* dan komponen lainnya yang bertujuan untuk menjamin keamanan dan kenikmatan saat mengendarai kendaraan. Juga termasuk *wire harness* yang menghubungkan komponen-komponen listrik.

1. Jaringan Kabel

Jaringan kabel (*Wire harness*) adalah sekelompok kabel-kabel dan kawat yang masing-masing terisolasi, menghubungkan ke komponen-komponen, dan melindungi komponen-komponen sirkuit, dan sebagainya, semuanya disatukan dalam satu unit untuk mempermudah dihubungkan antara komponen-komponen kelistrikan dari suatu kendaraan. Masing-masing *wire harness* terdiri dari item berikut.

Kawat Dan Kabel

Ada 3 macam kawat dan kabel-kabel utama yang digunakan pada kendaraan, yaitu:

- a. Kawat tegangan rendah
- b. Kawat tegangan tinggi (pada sistem kelistrikan mesin)
- c. Kabel-kabel yang diisolasi

Beberapa tipe kawat dan kabel dibuat dengan tujuan untuk digunakan dalam beberapa kondisi yang berbeda (besarnya arus yang mengalir, temperatur, penggunaan dan lain-lain).

2. Komponen-Komponen Penghubung

Wire harness dibagi dalam beberapa bagian untuk lebih memudahkan dalam pemasangan pada kendaraan. Bagian *wire harness* dihubungkan kesalah satu bagian oleh komponen penghubung sehingga komponen kelistrikan dan elektronik dapat berfungsi seperti yang direncanakan. Ada tiga bagian dari *wire harness* yaitu *Junction Block* dan *Relay Block*, Konektor, serta Baut Masa.

3. Komponen-Komponen Yang Melindungi Sirkuit

Sekring, *fusible link* dan *circuit breaker* digunakan sebagai komponen-komponen yang melindungi sirkuit. Barang-barang ini disisipkan ke dalam sirkuit kelistrikan dan sistem kelistrikan untuk melindungi kabel-kabel dan konektor yang digunakan dalam sirkuit untuk mencegah timbulnya kebakaran oleh arus yang berlebihan atau hubungan singkat.

4. *Switch* dan *Relay*

Switch dan *Relay* membuka dan menutup sirkuit kelistrikan untuk menghidupkan mesin, menggerakkan *switch* lampu *On* dan *Off* serta aktifitas sistem pengontrol lainnya.

a. *Switch*

Switch yang terdapat di dalam suatu kendaraan umumnya menggunakan satu atau dua tipe, *switch* yang dioperasikan langsung oleh tangan dan *switch* yang dioperasikan oleh tekanan, tekanan *hydraulis* atau temperatur. Hanya yang penting saja diterangkan lebih terperinci di bawah ini.

b. *Relay*

Relay adalah peralatan listrik yang membuka dan menutup sirkuit kelistrikan berdasarkan penerimaan sinyal tegangan. *Relay* digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan baterai, saklar yang bekerja secara otomatis dari sirkuit kelistrikan, dan sebagainya. *Relay* digolongkan ke dalam *electromagnetic relay* dan *transistor relay* tergantung pada prinsip kerjanya.

D. Sistem Penerangan

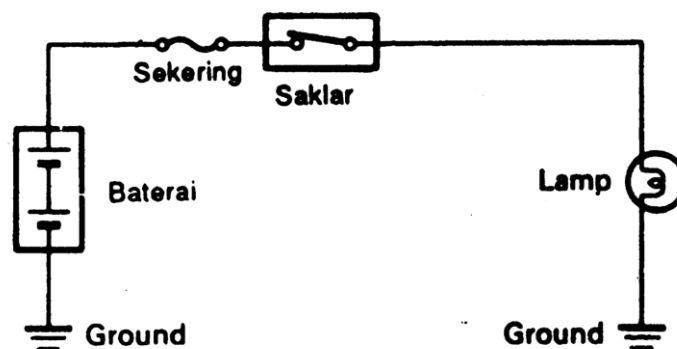
Sistem penerangan sangat diperlukan sekali untuk keselamatan pengendara di malam hari. Sistem ini dibagi kedalam lampu penerangan luar dan lampu penerangan bagian dalam. Macam-macam lampu yang terdapat

dibagian dalam dan dibagian luar dari sebuah kendaraan adalah sebagai berikut:

1. *Head Light*
2. Lampu Posisi dan Lampu Belakang
3. Lampu Tanda Belok
4. Lampu Rem
5. Lampu *Hazard*
6. Lampu Plat Nomor
7. Lampu Panel Instrumen
8. Lampu Ruangan

E. Digram Rangkaian

Apabila rangkaian kelistrikan digambarkan dengan gambar benda aslinya, maka ilustrasinya akan menjadi sulit dan rumit untuk dimengerti. Oleh karena itu maka diagram rangkaian digambarkan dengan simbol yang menunjukkan komponen kelistrikan dan kabel-kabel. Sebagai contoh, diagram rangkaian yang termasuk baterai, sekering dan lampu adalah seperti ditunjukkan di bawah:



Gambar 2.14 Simbol Rangkaian Kelistrikan
(Toyota, 1995)

Dalam kendaraan yang sebenarnya, banyak sekali sistem kelistrikan, kabel-kabel dan konektor yang menghubungkannya. Bila melakukan pemeriksaan sistem kelistrikan, adalah mudah untuk menemukan baterai, macam-macam komponen seperti lampu, klakson dan lain-lain tetapi sulit

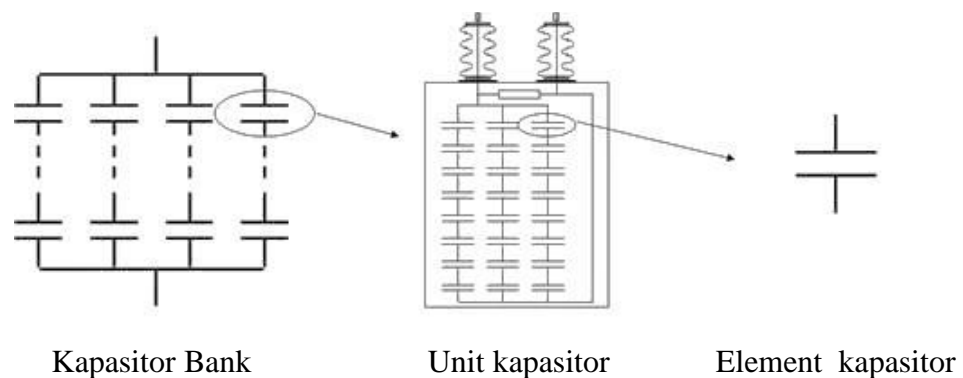
untuk mengidentifikasi sekering, *junction block* (J/B), *relay block* (R/B), konektor, kabel-kabel dan lain-lain demikian juga untuk menemukan lokasinya dikendaraan. Oleh karena itu, maka dilengkapi dengan *Electrical Wiring Diagram* (EWD) yang menunjukkan tidak hanya komponen utama tetapi juga *junction block*, konektor, kabel-kabel. Semua EWD untuk model kendaraan tertentu disatukan dalam satu buku khusus yang disebut *Electrical Wiring Diagram Manual*. (Toyota, 1995).

2.2.3 Kapasitor Bank

A. Pengertian Kapasitor Bank

Kapasitor bank (*bank capacitors*) adalah peralatan yang digunakan untuk memperbaiki kualitas pasokan energi listrik antara lain memperbaiki mutu tegangan di sisi beban, memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$) dan mengurangi rugi-rugi transmisi. (Natarajan. 2005)

Penjelasan seputar istilah-istilah terkait bagian-bagian kapasitor bank dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.15 Ilustrasi bagian-bagian kapasitor
(Natarajan. 2005)

1. Elemen kapasitor

Elemen kapasitor merupakan bagian terkecil dari kapasitor yang berupa belitan aluminium *foil* dan *plastic film*.

2. Unit kapasitor

Sebuah unit kapasitor terdiri dari elemen-elemen kapasitor yang dihubungkan dalam suatu matriks secara seri dan paralel. Unit kapasitor rata-rata terdiri dari 40 elemen-elemen. Elemen-elemen kapasitor dihubungkan secara seri untuk membangun tegangan dan dihubungkan secara paralel untuk membangun daya (VAR) pada unit kapasitor. Unit kapasitor dilengkapi dengan resistor yang berfungsi sebagai elemen pelepasan muatan kapasitor (*discharge device*). (Nata rajan. 2005)

3. Kapasitor Bank

Kapasitor bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri dari sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran parameter yang sering dipakai adalah KVAR (Kilo Volt Ampere Reaktif) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu farad. Kapasitor mempunyai sifat listrik yang kapasitif (leading) sehingga mampu mengurangi/menghilangkan sifat induktif (lagging). (Chanif, dkk. 2012).

Unit-unit kapasitor terpasang dalam rak baja galvanis untuk membentuk suatu bank kapasitor dari unit-unit kapasitor fasa tunggal. Jumlah unit-unit kapasitor pada sebuah bank ditentukan oleh tegangan dan daya yang dibutuhkan. (Natarajan. 2005)

Untuk daya dan tegangan yang lebih tinggi, atau yang sesuai dengan kebutuhan daya maka kapasitor di susun secara seri dan paralel sehingga membentuk kapasitor bank.

B. Fungsi Kapasitor

Kapasitor berfungsi untuk memperbaiki faktor daya jaringan, mengurangi rugi-rugi (*losses*) jaringan, menetralkan/meniadakan jatuh tegangan dan memperbaiki stabilitas tegangan. (Natarajan. 2005)

Yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam menggunakan energi listrik

ternyata tidak dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR). Karena daya yaitu:

$$P = V.I \quad (2.7)$$

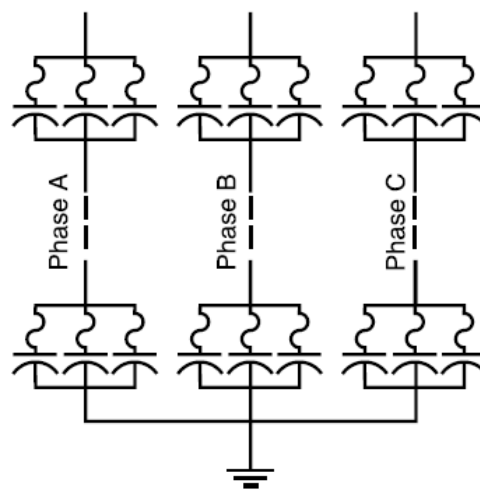
Keterangan: P = Daya (Watt)
V = Tegangan (Volt)
I = Arus (Ampere)

C. Pengelompokkan Kapasitor Bank Berdasarkan *Fuse*

Unit kapasitor dikelompokkan berdasarkan letak *fuse* sebagai proteksi unit kapasitor. Letak *fuse* ini mempengaruhi desain dari rangkaian kapasitor dan juga disain dari proteksi yang diterapkan.

1. *Externally Fused Capacitor Banks*

Konstruksi kapasitor dengan *external fuse* yaitu bahwa setiap unit kapasitor diproteksi oleh *fuse* pasangan luar. Kerusakan pada elemen kapasitor (hubungan singkat) menyebabkan elemen-elemen pada grup yang sama yang terhubung paralel dengan elemen yang rusak tersebut terhubung singkat. (Natarajan. 2005). Maka grup kapasitor lainnya yang terhubung seri akan memiliki tegangan yang lebih tinggi dan arus yang lebih besar sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada grup kapasitor seri lainnya.

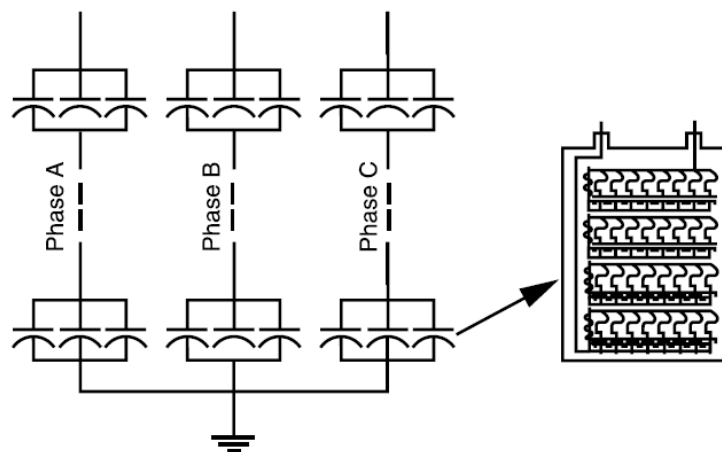


Gambar 2.16 *Externally Fused Capacitor Bank*
(Natarajan. 2005)

2. *Internally Fused Capacitor Banks*

Setiap elemen kapasitor dilengkapi *fuse*, apabila terjadi kegagalan elemen kapasitor maka *fuse* yang berfungsi sebagai pembatas arus akan memutuskan secara efektif suatu elemen saat terjadi gangguan. Hanya sebagian kecil dari kapasitas total kapasitor yang hilang dan sisanya masih dapat beroperasi sehingga elemen tersebut terisolir dari elemen lainnya yang terhubung paralel dalam grup. (Natarajan. 2005)

Umumnya kapasitor bank dengan *internal fuse* memiliki lebih sedikit unit kapasitor yang terhubung paralel dan lebih banyak grup kapasitor yang terhubung seri dibandingkan dengan unit kapasitor yang memiliki *fuse* eksternal. Unit kapasitor dengan *internal fuse* umumnya memiliki ukuran yang besar karena diharapkan kerusakan seluruh elemen pada unit kapasitor bisa lebih lama.



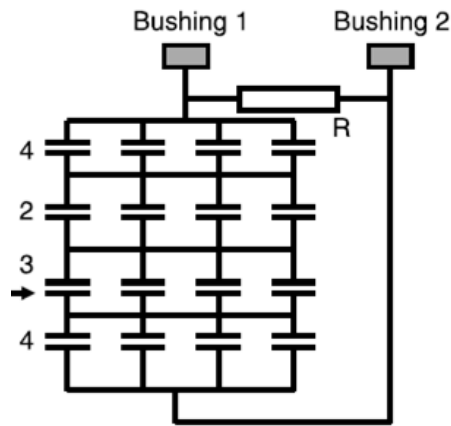
Gambar 2.17 *Internally Fused Capacitor Bank*
(Natarajan. 2005)

c. *Fuseless Capacitor Banks*

Unit kapasitor tanpa *fuse* identik dengan unit kapasitor dengan *fuse* eksternal yang dijelaskan sebelumnya. Kapasitor bank tanpa fuse dihubungkan secara seri diantara fasa dan netral. (Natarajan. 2005)

Proteksi berdasarkan elemen dari kapasitor, apabila terjadi kerusakan pada elemen maka grup elemen tersebut akan terhubung singkat sedangkan unit

kapasitor tetap beroperasi dengan distribusi tegangan pada grup seri akan meningkat.



Gambar 2.18 *Fuseless Capacitor Bank*
(Natarajan. 2005)

2.2.4 Jenis-jenis Kapasitor

A. Kapasitor Keramik (*Ceramic Capacitor*)

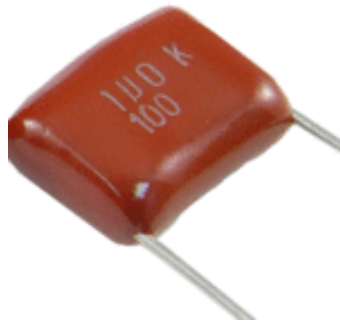
Kapasitor Keramik adalah Kapasitor yang Isolatornya terbuat dari Keramik dan berbentuk bulat tipis ataupun persegi empat. Kapasitor Keramik tidak memiliki arah atau polaritas, jadi dapat dipasang bolak-balik dalam rangkaian Elektronika. Pada umumnya, Nilai Kapasitor Keramik berkisar antara 1pf sampai $0.01\mu\text{F}$. Kapasitor yang berbentuk *Chip* (*Chip Capacitor*) umumnya terbuat dari bahan Keramik yang dikemas sangat kecil untuk memenuhi kebutuhan peralatan Elektronik yang dirancang makin kecil dan dapat dipasang oleh Mesin Produksi SMT (*Surface Mount Technology*) yang berkecepatan tinggi.



Gambar 2.19 Kapasitor Keramik
(Natarajan. 2005)

B. Kapasitor Polyester (*Polyester Capacitor*)

Kapasitor Polyester adalah kapasitor yang isolatornya terbuat dari Polyester dengan bentuk persegi empat. Kapasitor Polyester dapat dipasang terbalik dalam rangkaian Elektronika (tidak memiliki polaritas arah).



Gambar 2.20 Kapasitor Polyester
(Natarajan. 2005)

C. Kapasitor Kertas (*Paper Capacitor*)

Kapasitor Kertas adalah kapasitor yang isolatornya terbuat dari Kertas dan pada umumnya nilai kapasitor kertas berkisar diantara 300pf sampai 4 μ F. Kapasitor Kertas tidak memiliki polaritas arah atau dapat dipasang bolak balik dalam Rangkaian Elektronika.



Gambar 2.21 Kapasitor Kertas
(Natarajan. 2005)

D. Kapasitor Mika (*Mica Capacitor*)

Kapasitor Mika adalah kapasitor yang bahan Isolatornya terbuat dari bahan Mika. Nilai Kapasitor Mika pada umumnya berkisar antara 50pF

sampai $0.02\mu\text{F}$. Kapasitor Mika juga dapat dipasang bolak balik karena tidak memiliki polaritas arah.



Gambar 2.22 Kapasitor Mika
(Natarajan. 2005)

E. Kapasitor Elektrolit (*Electrolyte Capacitor*)

Kapasitor Elektrolit adalah kapasitor yang bahan Isolatornya terbuat dari Elektrolit (*Electrolyte*) dan berbentuk Tabung/Silinder. Kapasitor Elektrolit atau disingkat dengan ELCO ini sering dipakai pada Rangkaian Elektronika yang memerlukan Kapasitansi (*Capacitance*) yang tinggi. Kapasitor Elektrolit yang memiliki Polaritas arah Positif (+) dan Negatif (-) ini menggunakan bahan Aluminium sebagai pembungkus dan sekaligus sebagai terminal Negatif-nya. Pada umumnya nilai Kapasitor Elektrolit berkisar dari $0.47\mu\text{F}$ hingga ribuan microfarad (μF). Biasanya di badan Kapasitor Elektrolit (ELCO) akan tertera Nilai Kapasitansi, Tegangan (*Voltage*), dan Terminal Negatif-nya. Hal yang perlu diperhatikan, Kapasitor Elektrolit dapat meledak jika polaritas (arah) pemasangannya terbalik dan melampaui batas kemampuan tegangannya.



Gambar 2.23 Kapasitor Elektrolit
(Natarajan. 2005)

F. Kapasitor Tantalum (*Tantalum Capacitor*)

Kapasitor Tantalum juga memiliki Polaritas arah Positif (+) dan Negatif (-) seperti halnya Kapasitor Elektrolit dan bahan Isolatornya juga berasal dari Elektrolit. Disebut dengan Kapasitor Tantalum karena Kapasitor jenis ini memakai bahan Logam Tantalum sebagai Terminal Anodanya (+). Kapasitor Tantalum dapat beroperasi pada suhu yang lebih tinggi dibanding dengan tipe Kapasitor Elektrolit lainnya dan juga memiliki kapasitansi yang besar tetapi dapat dikemas dalam ukuran yang lebih kecil dan mungil. Oleh karena itu, Kapasitor Tantalum merupakan jenis Kapasitor yang berharga mahal. Pada umumnya dipakai pada peralatan Elektronika yang berukuran kecil seperti di Handphone dan Laptop.

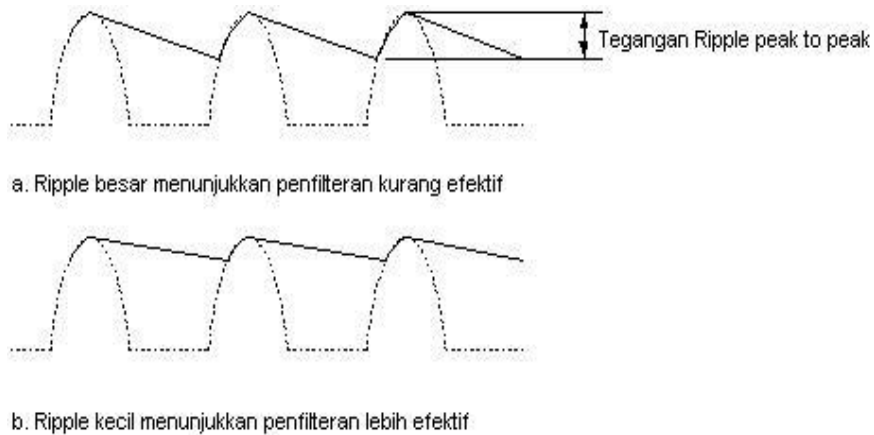


Gambar 2.24 Kapasitor Tantalum
(Natarajan, 2005)

2.2.5 Tegangan *Ripple* pada Arus DC

Agar tegangan penyearah gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang filter kapasitor pada bagian output rangkaian penyearah. (Abidin, 2015)

Seperti terlihat pada gambar dibawah ini kapasitor mengisi (*charges*) dengan cepat pada awal siklus sinyal dan membuang (*discharges*) dengan lambat setelah melewati puncak positif (ketika dioda dibias mundur). Variasi pada tegangan keluaran untuk dua kondisi, mengisi dan membuang, disebut dengan tegangan ripple (*ripple voltage*). Semakin kecil *ripple*, semakin baik penfilteran seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 2.25 Gelombang *Ripple*

(Abidin, 2015)

Fungsi kapasitor untuk menekan *ripple* yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC Setelah dipasang filter kapasitor maka output dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC (Direct Current) yang dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$V_{tinggi} - V_{rendah} = \frac{Q_1 - Q_2}{C} \quad (2.8)$$

$$\frac{V_1 - V_2}{T} = \frac{I}{C} \quad (2.9)$$

$$V_{rip} = \frac{I}{FC} \quad (2.10)$$