

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

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

1. Jurnal teknik oleh Agus Nuwolo dan Adhi Kusmantoro Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang yang berjudul “*Rancang Bangun Kapasitor Bank Pada Jaringan Listrik Gedung Universitas PGRI Semarang*” yang ditulis pada tahun 2015 penelitian ini membahas tentang rumusan meningkat daya reaktif dan menjaga kualitas daya listrik pada jaringan listrik gedung menggunakan rancangan kapasitor bank dengan hasil terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 16,28%. Sedangkan pada gedung utama terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 10,13 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 12,35%. Pemakaian kapasitor bank menyebabkan penurunan arus beban sebesar 50,27 Ampere pada gedung pusat dan 8,83 Ampere pada gedung utama.
2. Tugas Akhir yang ditulis oleh Samgar Saihaan jurusan teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Negeri Sumatra Utara yang berjudul “*Pengukuran Parameter Internal Dari Super Kapasitor Sebagai Pengganti Battery Sepeda Motor Berdasarkan Karakteristik Pengisian dan Pengosongan*” yang ditulis pada tahun 2016 penelitian ini membahas tentang pengukuran kapasitor bank berdasarkan pengisian dan pengosongan dengan hasil pengukuran parameter internal *battery* sepeda motor jenis *lead-ACid* 12 volt, 6.5Ah dengan arus pengisian 6 A dan arus pengosongan 6 Adiketahui tahanan R_{i1} sebesar 4,11 m Ω , R_d sebesar 3,3 Ω , dan R_l sebesar 1.289 Ω serta besar kapasitansi C_{i1} sebesar, C_d sebesar 393,65 F, dan C_l sebesar 16,469 F. Dengan melihat hasil pengukuran tersebut memungkinkan dapat digantikan fungsinya dengan

menggunakan super kapasitor NessCap 1600F yang dihubung seri sebanyak enam selama 1000 detik.

Telah banyak penelitian mengenai kinerja dari rancangan dan rumusan kapasitor bank. Dari dua *literature review* yang ada, namun pada *literature review* yang telah disebutkan di atas belum terdapat tata cara dalam pembuatan kapasitor bank untuk meningkatkan daya listrik terhadap kinerja keistrikan kendaraan secara rinci. Untuk membuat variasi penelitian yang telah ada, maka penulis melakukan penelitian perihal perancangan kapasitor bank pada Toyota kijang diesel new royal 25 Th 2000.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Dasar Dasar Kelistrikan

Bagian terkecil dari Suatu benda jika dibagi lagi hingga tidak meninggalkan sifat aslinya maka akan didapat partikel yang dinamakan molekul. Lalu jika molekul dibagi lagi maka akan didapatkan bahwa molekul terdiri dari beberapa atom (Toyota, 1995). Atom terdiri atas 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 *electron* valensi. 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 (Toyota, 1995).

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 (Toyota, 1995).

B. Tegangan Listrik

Pada listrik tegangan disebut dengan beda potensial atau biasa disebut *voltage* (kadang-kadang juga disebut dengan *electromotive force*). (Toyota, 1995). 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

Arus listrik yang mengalir melewati 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 (Toyota, 1995).

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 volt dengan Arus satu amper.

D. Hukum Ohm

Jika suatu tegangan melewati sebuah sirkuit kelistrikan, maka arus akan mengalir ke sirkuit. Ukuran arus yang mengalir akan berbanding terbalik dengan tahanan dan berbanding lurus dengan tegangan. 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

Jika beberapa beban (tahanan R_1 dan R_2 dsb) dirangkai di 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

Jika 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

Rangkaian paralel adalah 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. Tenaga Listrik (*Electrical Power*)

Jika arus listrik mengalir melalui suatu sirkuit, energi listrik dirubah dalam bentuk panas, energi radiasi (sinar), energi mekanis dan sebagainya ke dalam beberapa bentuk kerja. Jika tegangan 12 V diberikan (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 *battery*) dirubah ke dalam bentuk energi panas pada filament lampu dan menghasilkan sinar, sehingga filament akan menyala disebabkan oleh tenaga listrik. Jumlah kerja yang dilakukan oleh listrik ini dalam satuan waktu (missal 1 detik) disebut dengan daya listrik dengan simbol P (*Power*) dan diukur dalam satuan Watt (W).

Dengan penyebutan 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 (Toyota,1995). Untuk satuan daya listrik yang sangat kecil ataupun sangat besar, lihat di tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Satuan Tenaga Listrik

	Satuan Dasar	Daya Kecil	Daya Besar	
Simbol	W	Mw	Kw	MW
Dibaca	Watt	Mili Watt	Kilo Watt	Mega Watt
Perkalian	1	1×10^{-3}	1×10^3	1×10^6

(Toyota ,1995)

I. Energi Listrik

Energi pada listrik dengan 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.

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

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).

J. Hukum Kirchoff

Arus Total yang masuk melalui suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan tersebut (Ramdhani, 2008). Hukum Kirchoff merupakan Hukum Kirchoff yang berkaitan dengan dengan arah arus dalam menghadapi titik percabangan. Hukum Kirchoff ini sering disebut juga dengan Hukum Arus Kirchoff.

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (2.7)$$

2.2.2 Sifat Dan Berberapa Komponen Elektronik

A. Kapasitor

Sering juga disebut dengan kondensator. Elemen ini mempunyai fungsi untuk membatasi arus DC yang mengalir pada kapasitor, dan dapat menyimpan energi dalam medan listrik. Nilai suatu kapasitor tergantung dari nilai primitivitas bahan pembuat kapasitor. Luas penampang kapasitor, dan jarak antara dua keping penyusun kapasitor tersebut (Ramdhani, 2008). Secara matematis :

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2.8)$$

Dimana:

ϵ = permitivitas bahan

A = luas penampang beban

d = jarak dari dua keping satuan kapasitor.

Q = muatan

I = kuat arus

V = tegangan

t = waktu

C = kapasitansi Farad (F)

P = daya

W = energi

Jika sebuah kapasitor dilewati oleh sebuah arus, maka pada kedua ujung kapasitor akan terjadi beda potensial atau tegangan. Secara matematis dinyatakan :

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt} \quad (2.9)$$

Penurunan rumus :

$$Q = CV \quad (2.10)$$

$$Dq = Cdv \quad (2.11)$$

Dimana :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.12)$$

$$dq = i \cdot dt \quad (2.13)$$

Sehingga :

$$i \cdot dt = Cdv \quad (2.14)$$

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (2.15)$$

Dari karakteristik v - i , dapat di turunkan penyimpanan energi pada kapasitor,

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (2.16)$$

Misalkan :

Pada saat $t = 0$, maka $v = 0$

Pada saat $t = t$, maka $v = v$

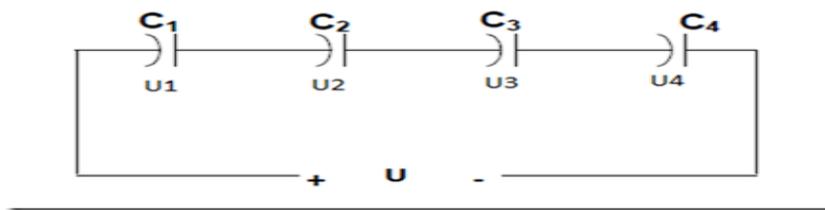
Jika kapasitor di pasang tegangan konstan/DC, maka arus sama dengan nol, sehingga kapasitor bertindak sebagai rangkain terbuka (*open circuit*) untuk tegangan DC.

Selalu sama dengan nol, sehingga 0, sehingga nilai tahan rangkaian tersebut besar sekali. Rangkain terbuka rankain tersebut.

$$I = 0 \quad (2.17)$$

$$R_d = \infty \quad (2.18)$$

Hubungan seri dan pembagi tegangan pada kapasitor



Gambar 2.1 Rangkaian Kapasitor Seri
(Ramdhani, 2008)

$$KVL: \sum v = 0 \quad (2.19)$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - V = 0 \quad (2.20)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (2.21)$$

$$v = \frac{1}{c_1} \int idt + \frac{1}{c_2} \int idt + \frac{1}{c_3} \int idt + \frac{1}{c_4} \int idt \quad (2.22)$$

$$\frac{1}{c_{ek}} \int idt = \frac{1}{c_1} \int idt + \frac{1}{c_2} \int idt + \frac{1}{c_3} \int idt + \frac{1}{c_4} \int idt \quad (2.23)$$

$$\frac{1}{c_{ek}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} + \frac{1}{c_4} \quad (2.24)$$

Pembagian tegangan:

$$V_1 = \frac{1}{c_1} \int idt \quad (2.25)$$

$$V_2 = \frac{1}{c_2} \int idt \quad (2.26)$$

$$V_3 = \frac{1}{c_3} \int idt \quad (2.27)$$

$$V_4 = \frac{1}{c_4} \int idt \quad (2.28)$$

Sehingga :

$$v_1 = \frac{c_{ek}}{c_1} V \quad (2.29)$$

$$v_2 = \frac{c_{ek}}{c_2} V \quad (2.30)$$

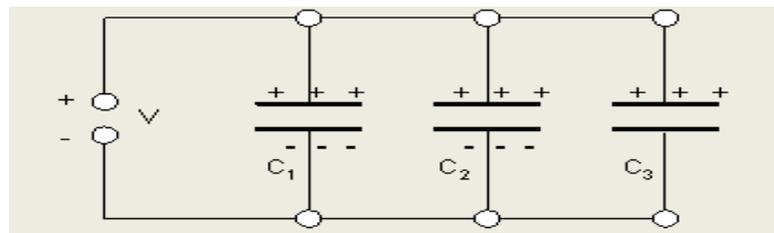
$$v_3 = \frac{c_{ek}}{c_3} V \quad (2.31)$$

$$v_4 = \frac{c_{ek}}{c_4} V \quad (2.32)$$

Dimana :

$$V = \frac{1}{c_{ek}} \int i dt \quad (2.33)$$

Hubungan paralel dan pembagi arus pada kapasitor



Gambar 2.2 Rangkaian Kapasitor Paralel

(Ramdhani, 2008)

KCL :

$$\sum i = 0 \quad (2.34)$$

$$i - i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad (2.35)$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (2.36)$$

$$c_{ek} \frac{dv}{dt} = c_1 \frac{dv}{dt} + c_2 \frac{dv}{dt} + c_3 \frac{dv}{dt} \quad (2.37)$$

$$c_{ek} = c_1 + c_2 + c_3 \quad (2.38)$$

Pembagian arus :

$$i_1 = c_1 \frac{dv}{dt} \quad (2.39)$$

$$i_2 = c_2 \frac{dv}{dt} \quad (2.40)$$

$$i_3 = c_3 \frac{dv}{dt} \quad (2.41)$$

Sehingga :

$$i_1 = \frac{c_1}{c_{ek}} i \quad (2.42)$$

$$i_2 = \frac{c_2}{c_{ek}} i \quad (2.43)$$

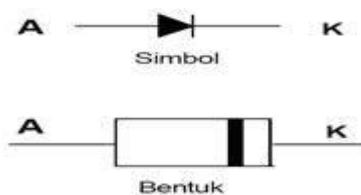
$$i_3 = \frac{c_3}{c_{ek}} i \quad (2.44)$$

Dimana :

$$i = c_{ek} \frac{dv}{dt} \rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{i}{c_{ek}} \quad (2.45)$$

B. Dioda

Dioda adalah Komponen Elektronika Aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dan mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah tetapi menghambat arus listrik dari arah sebaliknya.(Blocher, 2003). Oleh karena itu, Dioda sering dipergunakan sebagai penyearah dalam Rangkaian Elektronika. Dioda pada umumnya mempunyai 2 Elektroda (terminal) yaitu Anoda (+) dan Katoda (-) seperti pada gambar 2.3 dan memiliki prinsip kerja yang berdasarkan teknologi pertemuan p-n semikonduktor yaitu dapat mengalirkan arus dari sisi tipe-p (Anoda) menuju ke sisi tipe-n (Katoda) tetapi tidak dapat mengalirkan arus ke arah sebaliknya.



Gambar 2.3 Dioda Simbol dan Bentuk Anoda dan Katoda Pada Dioda

(Blocher, 2003)

Sebuah dioda dirancang untuk menyearahkan arus dan mengatur aliran arus listrik. Ketika anoda mendapatkan voltase yang lebih positif dari pada katoda, maka arus bias mengalir bebas, dalam situasi ini dikatakan dioda dibias maju, kalau voltase di balikan, katoda positif terhadap katoda arus tidak bisa mengalir kecuali

arus yang sangat kecil, dalam situasi ini dikatakan dioda dibias mundur, arus yang begitu kecil sehingga dalam kebanyakan rangkaian bisa diabaikan.

Kalau sifat dioda yang dibias maju di teliti lebih rinci dengan arus yang tidak terlalu besar maka dapat terdapat sifat yang hampir persis sesuai dengan rumus :

$$i = i_b(T) \cdot \left(\exp\left(\frac{v}{mV_T}\right) - 1 \right) \quad (2.46)$$

Dimana :

i_b : Arus dioda pada arah bias balik, berarti arus bocor

T : Temperatur dioda

V_T : konstanta fisik : $\left[V_T = \frac{KT}{e_0} \approx \frac{1}{40} V \text{ (pada temperatur } \approx 20^\circ C \text{)} \right]$

m : satu konstanta antara 1 dan 2

Berarti arus terhadap terhadap voltase pada dioda sebenarnya merupakan satu fungsi eksponensial. Kalau arus semakin besar, perubahan arus pada perubahan voltase yang sama akan semakin besar. Berarti resistivitas akan semakin kecil. Dengan definisi untuk resistivitas diferensial terdapat rumusan pendekatan untuk resistivitas diferensial dioda r_d pada temperatur biasa $20^\circ C$ sebagai berikut :

$$r_d = \frac{V_t \cdot m}{I} \approx \frac{\frac{1}{40} V \cdot m}{I} \approx \frac{\frac{1}{40} V}{I} \quad (2.47)$$

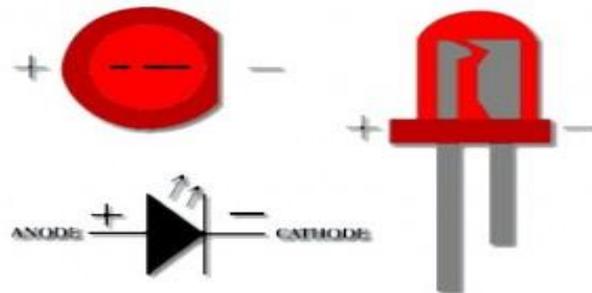
Dalam (2.47) Terlihat bahwa resistivitas diferensial dioda r_d semakin kecil ketika arus pada dioda semakin besar. (2.47) merupakan satu pendekatan yang hanya memperlihatkan sifat sambungan pn dalam dioda, tetapi tidak memperlihatkan resistivitas bahan dari dioda. Besar resistivitas diferensial sering lebih penting dalam rangkaian dari pada besar resistivitas. Sering terdapat voltase campur pada dioda; atau lebih tepat kalau di katakan : “sering di pakai voltase campur pada dioda”. Seandainya voltase suatu dioda terkena voltase campur dengan bagian DC sebesar 0,7V dan terdapat arus DC dalam dioda sebesar 7mA, maka resistivitas diferensial $r \approx 3.6 \Omega$. (Blocher, 2003). kalau memakai rumus untuk Resistivitas R maka terdapat resistivitas sebesar :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0,7V}{7mA} = 100 \text{ohm} \quad (2.48)$$

C. LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada *Remote Control* TV ataupun *Remote Control* perangkat elektronik lainnya.

LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (*Light Emitting Diode*) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tabung.



Gambar 2.4 Bentuk dan Simbol Anoda dan Katoda Pada LED

(Kho, 2017)

Seperti dikatakan sebelumnya, LED merupakan keluarga dari Dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub positif (P) dan kutub negatif (N) seperti pada gambar 2.4. LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias *forward*) dari Anoda menuju ke Katoda.(Kho, 2017)

D. Transistor

Transistor adalah komponen elektronika multitermal, biasanya memiliki 3 terminal yaitu Basis, Kolektor dan Emitor. Secara harfiah, kata '*Transistor*' berarti '*Transfer resistor*', yaitu suatu komponen yang nilai resistansi antara terminalnya dapat diatur. Secara umum transistor terbagi dalam 3 jenis :

1. Transistor Bipolar
2. Transistor Unipolar
3. Transistor Unijunction

Transistor bipolar bekerja dengan 2 macam *carrier*, sedangkan unipolar satu macam saja, *hole* atau *electron*. Beberapa perbandingan transistor bipolar dan unipolar :

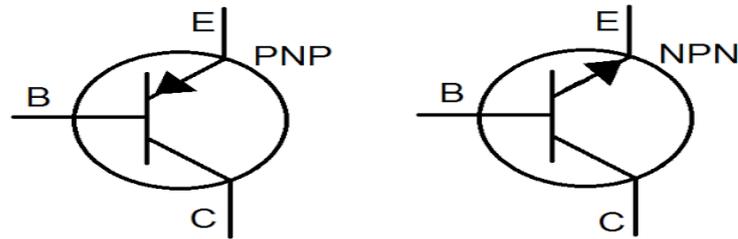
Tabel 2.2 Perbandingan Transistor Bipolar dan Unipolar

	Bipolar	Unipolar
Dimensi	Besar	Kecil
Daya	Besar	Kecil
BW	Lebar	Sempit
Respon	Tinggi	Sedang
Input	Arus	Tegangan
Impedansi in	Sedang	Tinggi

(Blocher, 2003)

Pada transistor bipolar, arus yang mengalir berupa arus lubang (*hole*) dan arus *electron* atau berupa pembawa muatan mayoritas dan minoritas. Transistor dapat berfungsi sebagai penguat tegangan, penguat arus, penguat daya atau sebagai saklar. Ada 2 jenis transistor yaitu PNP dan NPN. Transistor didesain dari pemanfaatan sifat diode, arus menghantar dari diode dapat dikontrol oleh elektron yang ditambahkan pada pertemuan PN diode. Dengan penambahan elektron diode pengontrol ini, maka diode semi-konduktor dapat dianggap dua buah diode yang mempunyai electrode bersama pada pertemuan. *Junction* semacam ini disebut transistor bipolar.

Pada gambar 2.5 Antara sambungan basis dan emitor terdapat satu sambungan PN. Maka jelas sifat pada sambungan ini sama dengan sifat dioda. Biasanya dalam rangkaian transistor dipakai sambungan PN dalam keadaan dibias maju sehingga antara arus dan voltase basis-emitor terdapat hubungan seperti pada dioda:



Gambar 2.5 Transistor PNP dan NPN

(Blocher, 2003)

$$I_B = (V_{BC}) = I_S \left(\exp\left(\frac{eV_{BE}}{kt}\right) - 1 \right) \quad (2.49)$$

Dimana :

I_S : satu arus yang kecil yang merupakan arus bocor teoritis dari dioda (berarti arus dioda yang mengalir dibias balik)

Dalam daerah aktif arus perbandingan antara arus basis dan arus kolektor hampir konstan. Perbandingan antara arus kolektor I_C dan arus basis I_B disebut pengutan arus searah (*DC amplification*) dari transistor dan biasanya dinyatakan dengan B atau h_{fe}

$$B = h_{fe} = \frac{I_C}{I_B} \quad (2.50)$$

Dengan perubahan arus basis ΔI_B dan perubahan arus kolektor ΔI_C yang kecil terdapat kemiringan dari grafik I_C terhadap I_B . Kemiringan itu disebut pengutan arus AC dan biasanya ditulis sebagai β atau h_{fe} . (Blocher, 2003)

$$\beta = h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad (2.51)$$

E. Resistor

Resistor berfungsi sebagai pengatur atau untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian Dengan resistor, arus listrik dapat didistribusikan sesuai dengan kebutuhan. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (Omega). Di dalam rangkaian elektronika, resistor dilambangkan dengan huruf " R". (Blocher, 2003)

Pada resistor terdapat hubungan berbanding lurus dengan dengan voltase dan arus,

$$R = \frac{V}{I} \leftrightarrow V = R \cdot I \quad (2.52)$$

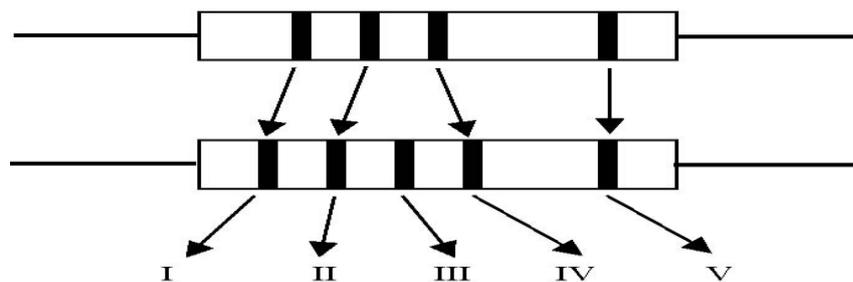
Selain voltase, arus tahanan ada juga konduktifitas G. Selain resistifitas R, konduktifitas yang dilambangkan G, juga sering dipakai untuk menyatakan hubungan antara arus dan voltase dalam resistor, G adalah nilai kebalikan dari R . terdapat rumus :

$$I = G \cdot V \leftrightarrow G = \frac{I}{V} \quad (2.53)$$

Konduktifitas G diukur dalam satuan siemens, disingkat dengan huruf S Besar. Kalau resistivitas sebesar 1 Ω , maka konduktifitas sebesar 1S. Berarti Terdapat sebagai barikut. Untuk sataun dari konduktifitas:

$$[G] = s = \frac{A}{V} \quad (2.54)$$

Konduktifitas adalah suatu kemampuan untuk mengalirkan arus. Berarti kalau konduktifitasnya besar, maka arus yang mengalir pada komponen itu besar. Untuk resistor jenis carbon maupun metalfilm biasanya digunakan kode-kode warna sebagai petunjuk besarnya nilai resistansi (tahanan) dari resistor. Pada resistor terdapat lingkaran membentuk cincin kode warna, terlihat pada gambar 2.6 dan tabel 2.3 kode ini untuk mengetahui besar resistansi tanpa harus mengukur besarnya dengan ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (*Electronic Industries Association*).



Gambar 2.6 Urutan Nomor Cara Membaca Resistor

(Blocher, 2003)

Tabel 2.3 Kode Warna Cincin Gelang Pada Resistor

Warna	Gelang Pertama	Gelang Kedua	Gelang Ketiga (multiplier)	Gelang ke Empat (toleransi)	Temp. Koefisien
Hitam	0	0	$\times 10^0$		
Coklat	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
Merah	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
Jingga	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Kuning	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Hijau	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
Biru	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
Ungu	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
Abu-abu	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
Putih	9	9	$\times 10^9$		
Emas			$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)	
Perak			$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)	
Polos				$\pm 20\%$ (M)	

(Blocher, 2003)

F. Fuse

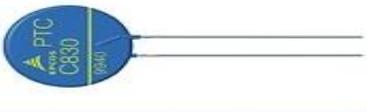
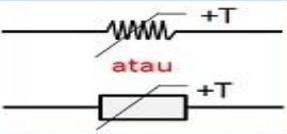
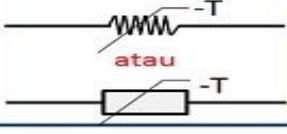
Pengertian dan fungsi *fuse* (Sekering) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam Rangkaian Elektronika maupun perangkat listrik. *Fuse* (Sekering) pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh arus Listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (*short circuit*) dalam sebuah peralatan listrik / Elektronika. Dengan putusya *fuse* (sekering) tersebut, Arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam Rangkaian Elektronika sehingga tidak merusak komponen-komponen yang terdapat dalam rangkaian Elektronika. (Toyota, 1995).

G. Thermistor

Thermistor adalah salah satu jenis Resistor yang nilai resistansi atau nilai hambatannya dipengaruhi oleh temperatur. *Thermistor* merupakan singkatan dari “*Thermal Resistor*” yang artinya adalah Tahanan (Resistor) yang berkaitan dengan Panas (*Thermal*). *Thermistor* terdiri dari 2 jenis, yaitu *Thermistor* NTC (*Negative Temperatur Coefficient*) dan *Thermistor* PTC (*Positive Temperatur Coefficient*). Komponen Elektronika yang peka dengan temperatur ini pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan inggris yang bernama Michael Faraday pada 1833. *Thermistor* yang ditemukannya tersebut merupakan *Thermistor* jenis NTC (*Negative Temperatur Coefficient*). Michael Faraday menemukan adanya penurunan Resistansi (hambatan) yang signifikan pada bahan *Silver Sulfide* ketika temperatur dinaikkan. Namun *Thermistor* komersil pertama yang dapat diproduksi

secara massal adalah *Thermistor* ditemukan oleh Samuel Ruben pada tahun 1930. Samuel Ruben adalah seorang ilmuwan yang berasal dari Amerika Serikat. Seperti namanya, Nilai Resistansi *Thermistor* NTC akan turun jika temperatur di sekitar *Thermistor* NTC tersebut tinggi (berbanding terbalik / Negatif). Sedangkan untuk *Thermistor* PTC, semakin tinggi temperatur disekitarnya, semakin tinggi pula nilai resistansinya (berbanding lurus / Positif).

Tabel 2.4 Thermistro NTC dan PTC

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Thermistor PTC		
Thermistor NTC		

(Kho, 2003)

Pada umumnya *Thermistor* NTC dan *Thermistor* PTC adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai sensor pada rangkaian elektronika yang berhubungan dengan temperatur (Temperatur). Temperatur operasional *Thermistor* berbeda-beda tergantung pada Produsen *Thermistor* itu sendiri, tetapi pada umumnya berkisar diantara -90°C sampai 130°C . Beberapa aplikasi *Thermistor* NTC dan PTC di kehidupan kita sehari-hari antara lain sebagai pendeteksi kebakaran, sensor temperatur di engine (Mesin) mobil, sensor untuk memonitor temperatur *Battery Pack* (Kamera, Handphone, Laptop) saat *Charging*, sensor untuk memantau temperatur Inkubator, Sensor temperatur untuk kulkas, sensor temperatur pada Komputer dan lain sebagainya. (Kho, 2003).

2.2.3 Battery / Aki

Baterei ialah alat elektrolit kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke sistem kelistrikan kendaraan ke beberapa komponen pendukung mesin dan aksesoris lainnya, alat ini menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia, yang

dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplai kebutuhan pada kelistrikan pada kendaraan dan mensuplai ke masing – masing komponen sistem kelistrikan.

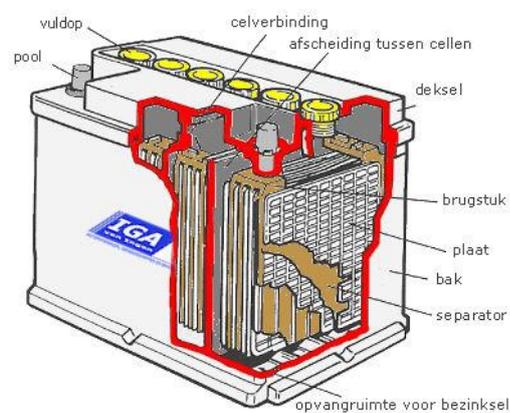
Ketika batrai kehilangan energi kimia karena penggunaan listrik maka alternator akan mensuplai kembali ke dalam batrei yang di sebut sistem pengisian. Batrai menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kima.(Toyota, 1995).

A. Konstruksi *Battery*

Di dalam baterai mobil terdapat asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk pelat. Ruang didalamnya terbagi menjadi 6 sel. Dan tiap selnya terdapat 2 volt, di dalam masing – masing sel terdapat elemen yang terendam oleh elektrolit.(Toyota, 1995)

B. Elemen *Battery*

Antara pelat – pelat negatif dan positif, masing masing dihubungkan oleh pelat strap. (Pengkiat pelat) terpisah. Ikatan antara pelat negatif dan pelat positif ini diikat secara berselang – seling, Yang di batasi oleh *sparator* dan *fiberglass* disebut elemen *battery*.(Toyota, 1995)



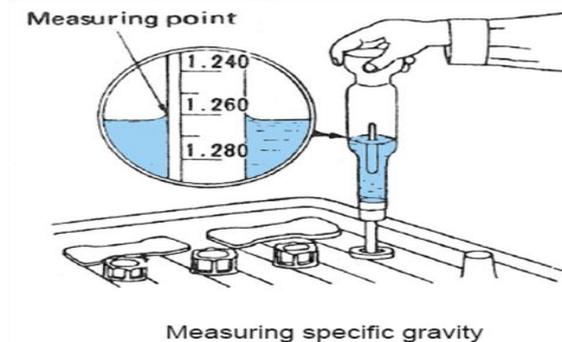
Gambar 2.7 Elemen Pada *Battery*

(Toyota, 1995)

Gaya elektromotif batrei (EMP) yang di hasilkan satu sel 2.1 volt , pada segala ukuran pelat. Karena aki mobil mempunyai 6 sel yang dihubungkan secara seri.Output minimal 12 volt.(Toyota, 1995)

C. Elektrolit

Elektrolit baterai ialah larutan asam sulfat, dengan cairan air sulingan. Berat jenis elektrolit baterai pada saat kondisi tersisi penuh ialah 1,260 atau 1,280 pada temperatur 20°C. Perbedaan ini disebabkan oleh perbandingan antara cairan asam sulfat dan air sulingan tiap sel berbeda – beda .



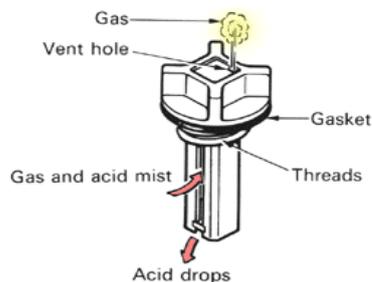
Gambar 2.8 Massa Jenis Elektrolit *Battery*
(Toyota, 1995)

D. Kotak *Battery*

Kotak baterai berfungsi untuk menampung elektrolit dan elemen baterai. Di dalamnya terbagi menjadi 6 ruang atau 6 sel. Pelat – pelat posisinya di tinggikan dari dasar dan diberi penyekat. Tujuannya agar menghindari hubungan singkat apabila ada bahan aktif terjatuh dari pelat. (Toyota, 1995) .

E. Sumbat atau ventilasi

Sumbat ventilasi ialah tutup untuk lubang pengisian elektrolit. Sumbat ini juga berfungsi untuk memisahkan gas hidrogen (yang terbentuk saat pengisian) dan uap asam sulfat di dalam *battery*. dengan cara membiarkan gas hidrogen keluar lewat lubang ventilasi, sedangkan uap asam sulfat mengembun pada tepian ventilasi dan menetes kembali ke bawah. (Toyota, 1995).



Gambar 2.9 Sumbat dan Ventilasi Pada *Battery Accu*
(Toyota, 1995)

2.2.4 Panas

Panas merupakan suatu bentuk energi. Panas memiliki kaitan erat dengan getaran atau gerakan molekul. Molekul adalah bagian atau partikel dari suatu benda. Apabila benda dipanaskan molekul akan bergerak cepat sedangkan apabila didinginkan molekul akan bergerak lemah. Jika panas diambil dari suatu benda maka temperatur benda itu akan turun. Makin banyak panas yang diambil temperatur benda menjadi makin rendah, tetapi setelah mencapai -273°C maka panas itu tidak dapat lagi dikeluarkan dengan perkataan lain temperatur tersebut adalah yang terendah yang tidak dapat dicapai dengan cara apapun. Karena itu maka temperatur -273°C dikatakan sebagai nol *absolute* dan di dalam dunia ilmu dikenal sebagai 0K (Dirja, 2014).

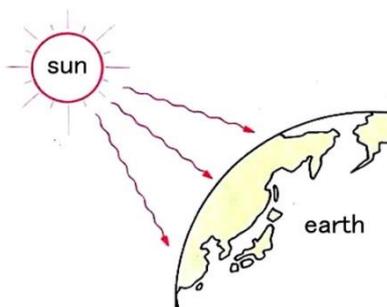
a. Panas pada kelistrikan

Apabila antara dua ujung kawat konduktor diberi beda potensial, maka elektron-elektron bebas akan bergerak di sepanjang kawat konduktor tersebut. Elektron akan menumbuk partikel konduktor selama terjadi beda potensial. Dengan demikian dapat dianggap elektron berkecepatan rata-rata tetap. Dengan adanya tumbukan tersebut, maka sebagian energi gerak elektron akan diberikan pada partikel (blocher, 2004). Getaran partikel akan bertambah besar dan inilah yang menyebabkan panas.

b. Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi di antara dua permukaan yang terjadi tanpa adanya media perantara (Mahmudi, 2012).

Ketika perpindahan panas antara api dengan plastik yang disekitar api, plastik itu akan meleleh. Udara bukanlah perantara dalam perpindahan panas ini karena temperatur udara di sekitar plastik tersebut lebih rendah dari pada temperatur plastik tersebut.



Gambar 2.10 Proses Perpindahan Panas Radiasi dari Matahari ke Bumi

c. Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor (C) adalah banyaknya kalor yang diserap/dilepas untuk menaikkan/menurunkan temperatur sebesar $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dari kalor, bahwa untuk menaikkan /menurunkan *temperatur* suatu benda/sistem sebesar ΔT diperlukan kalor sebesar :

$$q = C \times \Delta T \quad (2.55)$$

Maka kapasitas kalor dapat ditentukan dengan :

$$C = \frac{q}{\Delta T} \quad (2.56)$$

Dimana :

q = kalor per satuan massa (Watt)

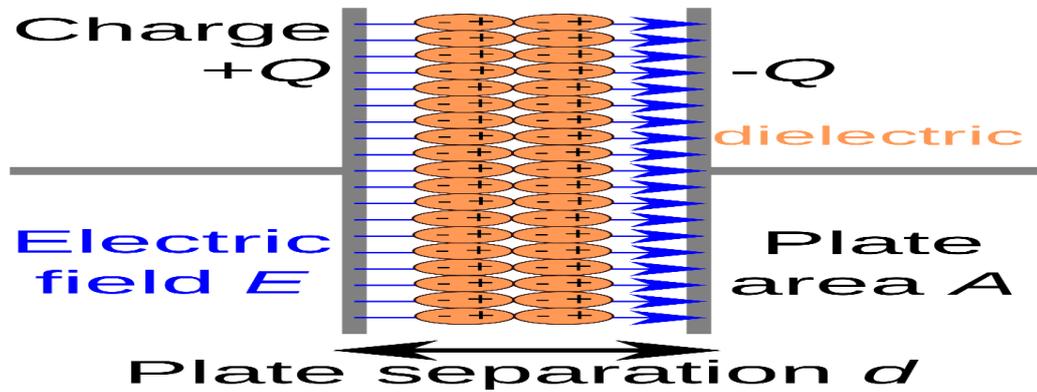
C = kapasitas kalor (Watt/ $^{\circ}\text{K}$)

ΔT = perubahan (kenaikkan/penurunan) *temperatur* ($^{\circ}\text{K}$)

2.2.5 Kapasitor

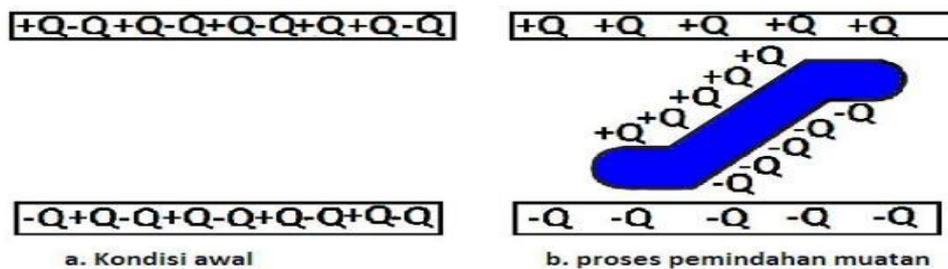
Kapasitor banyak digunakan dalam sirkuit elektronik dan mengerjakan berbagai fungsi. Pada dasarnya kapasitor merupakan alat penyimpan muatan listrik yang dibentuk dari dua permukaan (piringan) yang berhubungan, tetapi dipisahkan

oleh suatu penyekat. Bila elektron berpisah dari satu plat ke plat yang lain, akan terdapat muatan positif pada plat yang kehilangan elektron dan muatan negatif pada plat yang memperoleh elektron.



Gambar 2.11 Kapasitor yang di beri Sumber Arus DC
(Saihaan, 2016)

Apabila sebuah kapasitor disambungkan ke sebuah listrik DC seperti yang terlihat pada Gambar 2.12, elektron-elektron akan berkumpul pada pelat yang tersambung ke terminal negatif sumber. Elektron-elektron ini akan menolak elektron-elektron yang ada pada pelat di seberangnya. Elektron-elektron yang tertolak akan mengalir menuju terminal positif sumber seperti yang diperlihatkan.



Gambar 2.12 Ilustrasi Pemindahan Muatan dalam Kapasitor
(Saihaan, 2016)

Sebuah kapasitor yang disambungkan seperti ini ke sebuah sumber daya dengan seketika akan menjadi bermuatan. Tegangan antara kedua pelatnya adalah sama dengan tegangan sumber daya. Ketika kapasitor tersebut dilepaskan dari

sumber daya, kapasitor tetap mempertahankan muatannya. Inilah alasan mengapa kapasitor dapat menyimpan muatannya.(Saihaan, 2016).

2.2.6 Jenis jenis kapasitor

a. 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 negatifnya. (Natarajan, 2005) 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 negatifnya.

b. Kapasitor Kertas (Paper Capacitor)

Kapasitor kertas adalah kapasitor yang isolatornya terbuat dari kertas dan pada umumnya nilai kapasitor kertas berkisar diantara 300pf sampai $4\mu\text{F}$. Kapasitor kertas tidak memiliki polaritas arah atau dapat dipasang bolak balik dalam rangkaian elektronika. kapasitor mika (*mica Capacitor*) Kapasitor mika adalah kapasitor yang bahan Isolatornya terbuat dari bahan mika. (Kho, 2003). 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.

c. 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) 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, (Natarajan, 2005) jadi dapat dipasang bolak-balik

dalam rangkaian elektronika. Pada umumnya, nilai kapasitor keramik berkisar antara 1pf sampai 0.01 μ F.

d. Kapasitor Ultra

Kapasitor ultra adalah perangkat elektrokimia yang terdiri dari Dua elektroda berpori dalam larutan elektrolit yang menyimpan mengisi secara elektrostatik. Perangkat terdiri dari dua elektroda berpori, Biasanya terdiri dari karbon aktif yang direndam dalam larutan elektrolit yang mengalir ke sekitar elektroda. Larutan elektrolitik biasanya kalium hidroksida Atau asam sulfat. Struktur ini secara efektif menciptakan dua kapasitor, pada setiap elektroda karbon, dihubungkan secara seri. Kapasitor ultra berbagi kimia *battery* yang sama, tapi Pendekatannya adalah untuk mengoperasikannya pada rentang tegangan sel itu mengarah ke penyimpanan muatan elektrostatik. mengarah ke penyimpanan muatan elektrostatik. resistensi antara Sel karena elektrolit jauh lebih kecil dari pada *battery*. (Natarajan, 2005) Oleh karena itu, kapasitor ultra bisa mencapai jauh lebih tinggi Kepadatan daya dari *battery*. Berarti ultra kapasitor adalah kapasitor dengan nilai kapasitansi yang lebih besar daripada jenis lain. Yang tersedia saat ini kapasitor. Kapasitansi nilai mencapai hingga 400 Farads dalam single standard case size yang tersedia.

e. Kapasitor Tantalum

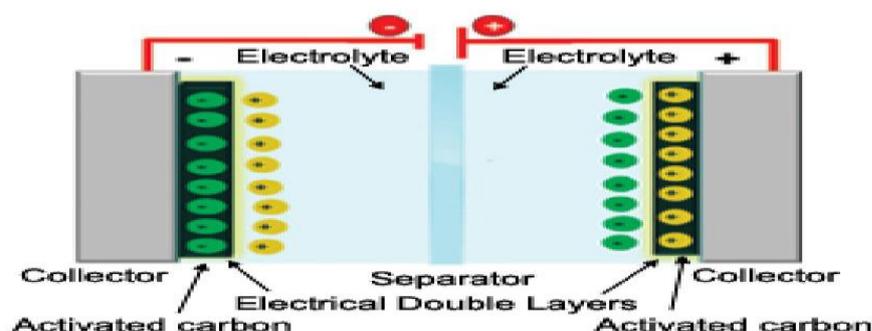
Kapasitor Tantalum juga memiliki polaritas arah positif (+) dan negatif (-) seperti halnya kapasitor elektrolit dan bahan isolatornya juga berasal dari elektrolit. disebut dengan kapasitor tantalum karena kapasitor jenis ini memakai bahan logam tantalum sebagai terminal anodanya (+). Kapasitor tantalum dapat beroperasi pada temperatur 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. (Kho, 2003) 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.

f. Kapasitor Frekuensi Tinggi

Kapasitor Frekuensi Tinggi Pada aplikasi frekuensi tinggi, jumlah panas yang dihasilkan Dalam kapasitor lebih besar dan membutuhkan pertimbangan khusus. Kapasitor frekuensi tinggi digunakan dalam pemanasan induksi, Pulsa, pergantian, transmisi siaran, drive, bypass Peralatan, konverter frekuensi, filter, daya voltase tinggi Perlengkapan, snubber, skrup, pembagi tegangan, generator percikan, Dan filter harmonis. Rentang voltasenya bisa 1-300 kV Dan ukuran kapasitansi bisa 100 pF-5000 mF. (Natarajan, 2005).

2.2.7 Super Kapasitor

Superkapasitor merupakan suatu kapasitor dengan nilai kapasitansi yang jauh lebih besar dari kapasitor biasa. Hal yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor biasa adalah pada strukturnya, pada superkapasitor elektroda yang dipakai berbasis pada material karbon, tidak seperti kapasitor biasa yang menggunakan metal. Selain itu, tidak seperti kapasitor konvensional, kedua elektroda tidak dipisahkan oleh dielektrik, efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua *layer* substrat karbon yang terpisah pada jarak yang sangat kecil di skala naometer, oleh sebab itu superkapasitor disebut juga dengan *Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Luas permukaan elektroda pada superkapasitor dapat diperbesar karena *range* dari jarak antara layer superkapasitor berada pada skala nanometer, sehingga didapat suatu kapasitansi yang besar untuk ukuran divais yang sama dengan kapasitor konvensional. Struktur dari sebuah superkapasitor dapat dilihat pada Gambar 2.14 dimana kutub katoda dan anoda yang merupakan *Collector* dipisahkan oleh sebuah *Separator*. (Saihaan, 2016)



Gambar 2.13 Struktur dari Super Kapasitor

(Saihaan, 2016)

2.2.8 Kapasitansi

Muatan (Q) diukur dengan satuan *coulomb* dan kapasitor yang memperoleh muatan listrik akan mempunyai tegangan antar terminal sebesar V volt. Kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan disebut *kapasitansi* (C). Kapasitansi ini diukur berdasarkan besar muatan yang dapat disimpan pada suatu kenaikan tegangan, (Blocher, 2004). dinyatakan oleh Persaman

$$\text{kapasitansi } C = \frac{\text{muatan } Q}{\text{muatan } v} \quad (2.57)$$

2.2.9 Energi Pada Kapasitor

Kapasitor dapat digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk muatan listrik. Banyaknya energi yang tersimpan di dalam sebuah kapasitor sama besarnya dengan kerja yang dilakukan oleh muatan listrik. Selama proses pengisian kapasitor, sebuah sumber arus searah seperti *battery* melakukan kerja dengan memindahkan muatan listrik dari satu lempeng konduktor dan menimbunnya ke lempeng konduktor lainnya Bird, jhon. (2003). Energi yang tersimpan dalam kapasitor dapat dihitung dengan :

$$\text{Energi} = \frac{1}{2} CV^2 \text{Joule} \quad (2.58)$$

2.2.10 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 (KiloVolt 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, 2014).

2.2.11 Faktor Daya

A. Faktor Daya *Leading*

Faktor Daya Leading (Mendahului) adalah keadaan dimana fasa tegangan *drop* pada beban mendahului (*leading*) terhadap tegangan sumbernya. Hal tersebut disebabkan oleh beban yang bersifat kapasitansi atau memiliki nilai reaktansi kapasitif. (Natarajan, 2005).

B. Faktor Daya Lagging

Faktor Daya Laging (Tertinggal) adalah keadaan dimana fasa arus listrik tertinggal (*lagging*) terhadap tegangan sumbernya. Hal tersebut biasanya disebabkan oleh beban yang bersifat induktansi atau memiliki nilai reaktansi induktif. (Natarajan, 2005).

2.2.12 Kapasitor Bank Pada Audio

Sistem audio di mobil terdiri berbagai macam bagian yang berbeda. Masing-masing dan setiap bagian dalam sistem melakukan fungsi tertentu. Dengan koordinasi dari semua bagian audio kita bisa mendengar hasil yang maksimal. Dalam sistem keseluruhan audio mobil kapasitor bank memiliki spesifikasi sendiri, kapasitor bank yang biasa digunakan untuk Sistem Audio Mobil, utamanya berfungsi untuk memperdekat sumber tegangan (Accu) supaya tidak *drop* saat terjadi kejutan daya yang besar secara tiba-tiba dari perangkat sound sistem. (akibat kabel telat menyalurkan daya dari Accu).

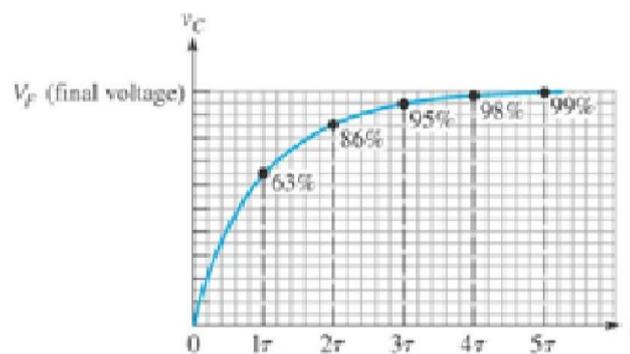
Kapasitor bank akan mengakumulasi daya bilamana tidak diperlukan kemudian akan dilepaskan ketika permintaan listrik melebihi kapasitas pasokan sistem kekuatan Accu, kapasitor bank ini juga diperlukan untuk melengkapi *power supply* biasa dari mobil untuk memastikan memaksimalkan fungsi *amplifier*. Sebagai contoh, jika lampu mobil redup ketika sistem audio kita menghasilkan suara bass yang kuat, maka hal ini akan sangat terbantu dengan adanya kapasitor bank di mobil. (Motormobile, 2013).

2.2.13 Pengisian Muatan Pada Kapasitor

Jika suatu kapasitor dengan kapasitansi C dihubungkan dengan suatu sumber tegangan V maka setelah beberapa waktu kapasitor akan terisi oleh muatan sebesar:

$$Q = C.V \quad (2.59)$$

Jika ada sebuah kapasitor dalam keadaan kosong dan belum dihubungkan dengan sumber tegangan sehingga kapasitor terhubung dengan sumber tegangan. Kapasitor akan segera terisi muatan tetapi tidak langsung penuh. Perlu beberapa waktu agar kapasitor terisi penuh. Ketika muatan mulai memenuhi kapasitor, beda tegangan pada kaki kapasitor akan terus bertambah dan beda tegangan pada sumber akan menyamai beda tegangan pada kapasitor, hal ini akan mengakibatkan arus yang mengalir dalam rangkaian juga akan berkurang terhadap waktu. Pada suatu kapasitor terisi muatan penuh dan tidak ada lagi aliran arus selama kapasitor tidak mengalami kebocoran diantara kedua plat. Seperti yang terlihat di grafik pada gambar 2.16



Gambar 2.14 Kurva Pengisian dari Kapasitor
(Saihaan, 2016)

Saat kapasitor sedang diisi melalui sebuah sumber DC, kurva pengisianannya adalah kenaikan eksponensial seperti pada Gambar 2.16. Kurva ini bergantung kepada nilai arus pengisian serta waktu selama pengisian berlangsung. Jika muatan dalam kapasitor adalah Q dan arus rangkaian adalah i , maka dari hukum pertama Kirchoff didapatkan:

$$\epsilon - V_C - V_r = 0 \quad (2.60)$$

$$\epsilon - iR - \frac{Q}{C} = 0 \quad (2.61)$$

Dan di dapat :

$$\epsilon = \frac{dq}{dt} R + \frac{Q}{c} \quad (2.62)$$

$$c = \left(\epsilon - \frac{Q}{c} \right) = c \left(\frac{dq}{dt} R \right) \quad (2.63)$$

$$(C\epsilon - Q) = RC \left(\frac{dq}{dt} R \right) \quad (2.64)$$

Untuk tegangan dari pengisian kapasitor adalah pada :

$$Q = C\epsilon - C\epsilon e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.65)$$

$$Q_{(t)} = C\epsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (2.66)$$

Lalu untuk arus pada pengisian kapasitor

$$i = C\epsilon e^{-\frac{t}{RC}} \left(-\frac{1}{RC} \right) \quad (2.67)$$

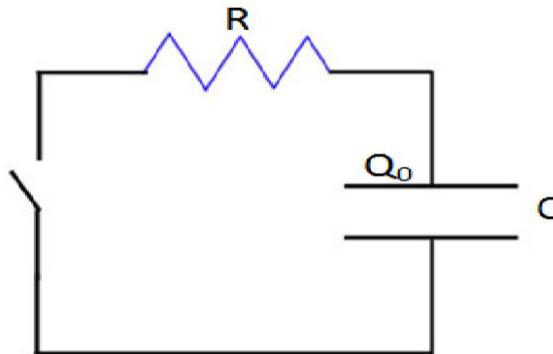
$$i = \frac{\epsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.68)$$

$$i_{(t)} = i_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.69)$$

2.2.14 Pengosongan Muatan Pada Kapasitor

Jika ada sebuah kapasitor dalam keadaan penuh dan belum dihubungkan dengan beban R seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.16 Sehingga tegangan antara kedua kaki kapasitor adalah seperti diperlihatkan pada persamaan :

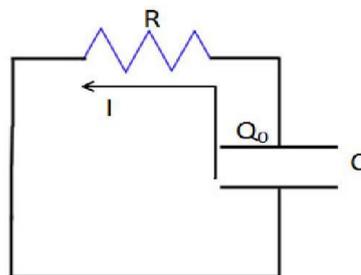
$$V_o = \frac{Q_o}{C} \quad (2.70)$$



Gambar 2.15 Kapasitor Terhubung ke Beban

(Saihaan, 2016)

Ketika saklar ditutup seperti pada Gambar 2.17, maka muatan dalam kapasitor akan segera mengalir dalam rangkaian. Hal ini mengakibatkan muatan dalam kapasitor berkurang. Muatan yang bergerak dalam rangkaian tak lain adalah arus listrik yang mengalir. (Saihaan, 2016)



Gambar 2.16 Kapasitor Terhubung Seri ke beban

(Saihaan, 2016)

Saat kapasitor sedang melepaskan muatan melalui sebuah tahanan yang terhubung seri dengan kapasitor, maka kurva pengosongan kapasitor adalah penurunan ekponensial yang ditentukan oleh nilai tahanan dari resistor. Besarnya arus yang mengalir sama dengan laju pengurangan muatan seperti pada :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.71)$$

Kemudian untuk arus yang mengalir dalam rangkaian dijelaskan pada

$$V_t = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.72)$$

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.73)$$

2.2.15 Pengaplikasi kapasitor bank

Metode pemasangan kapasitor tergantung dari fungsi yang diinginkan. Cara pemasangan instalasi kapasitor bank dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu;

A. Group Capacitor Bank

Kapasitor bank yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel. (Natarajan, 2005) atau pada kendaraan bisa dipasang di tiap tiap sekering komponen tiap sistem kelistrikan.

B. Local Capacitor Bank

Kapasitor bank yang langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. (Natarajan, 2006). Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika.

C. Branch Capacitor

Kapasitor dipasang di induk panel. Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel dan transformator. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang Delta Voltasenya masih cukup besar. (Natarajan, 2005). Jika seperti itu bisa juga di samakan dengan penempatan kapasitor bank dengan meletakkannya pada sumber tegangan alternator dan penyimpan tegangan aki.

2.2.16 Cara Kerja Kapasitor Bank

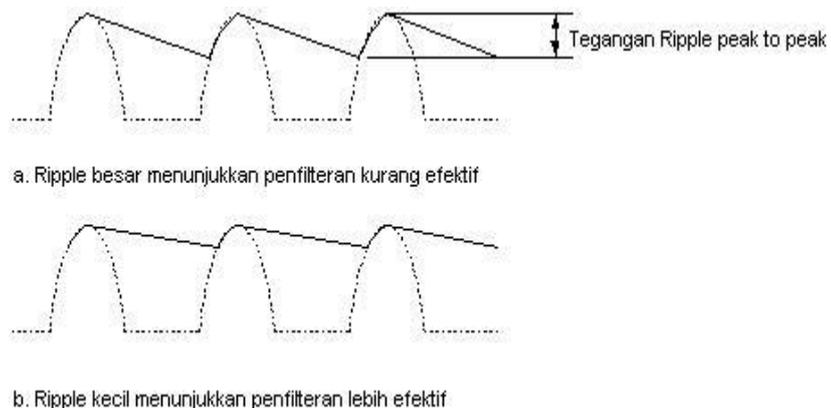
Sekumpulan kapasitor yang dihubungkan paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian

yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. (motormobile, 2013). Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Karena beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitif (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.

2.2.17 kapasitor bank sebagai filter

Agar tegangan penyearahan 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 2.17 gelombang *ripple*

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 :

$$V_{tinggi} - V_{rendah} = \frac{Q_1 - Q_2}{C} \quad (2.74)$$

$$\frac{V_1 - V_2}{T} = \frac{I}{C} \quad (2.75)$$

$$V_{rip} = \frac{I}{FC} \quad (2.76)$$

2.2.18 Fungsi Kapasitor Bank

Kapasitor Bank mampu menyimpan daya listrik untuk sementara dan akan di keluarkan ketika dibutuhkan maka kapasitor bank mempunyai beberapa fungsi. Berikut ini adalah beberapa kegunaan dari kapasitor bank (Chanif, 2014) :

- a. Memperbaiki *Power Factor* (faktor daya)
- b. Menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks (KVAR)
- c. Mengurangi jatuh tegangan (*Voltage drop*)
- d. Menghindari kelebihan beban *transformer*
- e. Memberikan tambahan daya tersedia
- f. Menghindari kenaikan arus/temperatur pada kabel
- g. Menghemat daya
- h. Kapasitor bank juga mengurangi rugi – rugi lainnya pada instalasi listrik.