



TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penyangraian (*Roasting*)

Penyangraian adalah salah satu kunci dari proses produksi bubuk kopi. Proses ini adalah tahapan pembentukan aroma & cita rasa khas kopi dengan metode pemanasan biji. Biji kopi sejatinya mengandung senyawa organik sebagai cikal bakal pembentuk cita rasa & aroma khas kopi. *Roasting* ditentukan berdasarkan ukuran derajat sangrai. Proses *roasting* berlangsung linear terhadap warna kopi semakin lama proses penyangraian semakin mendekati coklat kehitaman. Penyangraian yang biasa dikenal dengan sebutan *Roasting* ialah proses pemanasan biji kopi dengan waktu dan suhu yang menjadi acuan hingga terjadi proses perubahan sifat kimiawi yang signifikan, yaitu hilangnya berat kering terutama gas CO<sub>2</sub> dan produk pirolisi volatile yang lain. Produk pirolisi ini sebagai penentu cita rasa kopi. Hilangnya berat berkaitan dengan suhur *roasted*. Penyangraian berdasarkan standar suhu dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. *Light rost* suhu adalah proses penyangraian biji kopi yang memerlukan 193 °C hingga 199 °C selama 10 menit untuk menghilangkan 3-5% kadar air



Gambar 2.1 Hasil Kopi light roasting



2. *medium roast* adalah proses penyangraian biji kopi yang memerlukan suhu 204 °C selama 8 menit untuk menghilangkan 5-8 % kadar air



**Gambar 2.2** Hasil Kopi *Medium Roasting*

3. *dark roast* adalah proses penyangraian biji kopi yang memerlukan suhu 213 °C hingga 221 °C selama 7 menit untuk menghilangkan 8-14% kadar air



**Gambar 2.3** Hasil Kopi *dark roasting*

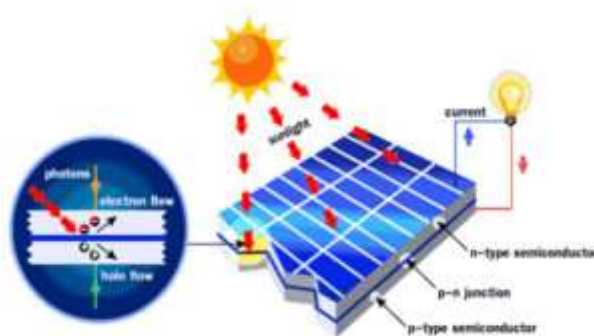
Jenis Penyangrai berbentuk oven yang dijalankan dengan cara batch atau kontinuous. Pemanasan dikerjakan pada tekanan atmosfer dengan memanfaatkan ruang hawa panas atau gas pembakaran. Bentuk yang paling sering digunakan akan disesuaikan pada penyangraian dengan cara batch ataupun *contionuus* adalah drumhorizontal yang mampu berputar. Kebanyakan biji kopi diputar sealaran dengan hawa panas lewat drum ini, kecuali pada sebagian roaster dimana dimungkinkan tercipta aliran silang dengan hawa panas. Hawa yang diperlukan segera dipanaskan memakai gas atau bahan bakar, dan terhadap rancangan baru difungsikan sistem hawa daur ulang yang bisa menurunkan polusi di atmosfer serta menekan budget operasional *Roasting*.



## 2.2. Panel Surya<sup>1</sup>

Sel surya atau sel fotovoltaik berasal dari Bahasa Inggris “Photovoltaic” yang berasal dari kata Yunani dimana “phos” berarti cahaya dan kata “volt” adalah nama satuan pengukuran arus listrik yang diambil dari Alessandro Volta (1745-1827). *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Sedangkan sel surya adalah seperangkat modul untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul dimana didalamnya terdapat banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun parallel.

Sel surya memiliki elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaik. Cara kerja dari sel surya ini ialah pada saat terjadinya tumbukan energi pada foton yang ada di bahan semikonduktor maka energi tersebut akan di transfer pada elektron yang terdapat pada atom sel surya. Dengan energi yang didapat dari foton, maka elektron akan melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor dan menjadi arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada. Dengan melepaskan ikatannya, maka elektron tersebut akan menyebabkan terbentuknya lubang atau “hole”.

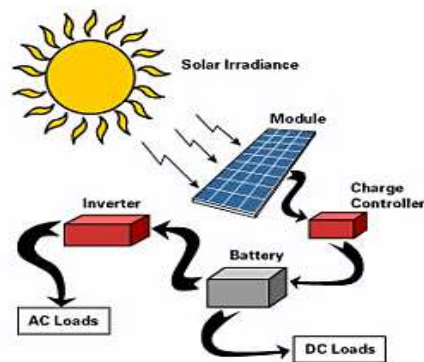


**Gambar 2.4** Sel surya mengubah energi matahari menjadi listrik

<sup>1 1</sup> Helky Jody, Dringhuzen Mamahit, Meita Rumbayan. 2020, Pemanfaatan Energi Matahari Menggunakan Panel Surya Untuk Penggerak Pompa Air



Alat utama untuk menangkap, perubah dan penghasil listrik adalah *Photovoltaic* atau yang disebut Solar Sel. Dengan adanya alat tersebut maka sinar matahari akan dirubah menjadi listrik melalui proses aliran-aliran electron negative dan positif didalam sel modul karena perbedaan electron. Hasil dari aliran electron-elektron akan menjadi listrik DC yang dapat langsung dimanfaatkan untuk mengisi battery / aki sesuai tegangan dan ampere yang diperlukan. Rata-rata produk modul solar sell yang ada di pasaran menghasilkan tegangan 12 s/d 18 VDC dan ampere antara 0.5 s/d 0.7 ampere. Tiap modul juga memiliki kapasitas beraneka ragam mulai dari kapasitas 10 WP s/d 200 WP dan juga memiliki tipe monocrystal dan polycrystal.



**Gambar 2.5** Solar panel (sel surya)



**Gambar 2.6** Papan modul solar panel

Watt Peak (WP) adalah besarnya atau optimalnya nominal watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah panel surya. Di Indonesia proses *photovoltaic* optimalnya hanya berlangsung selama 5 jam, maka untuk menghitung panel surya



yang digunakan dapat menggunakan rumus di bawah ini. Umumnya solar sel yang banyak dijual di pasaran hanya 50 WP dan 100 WP maka hasil dari perhitungan panel surya dibagi dengan besar WP yang dijual di pasaran.

$$Panel\ Surya = \frac{Total\ Daya}{Waktu\ Optimal} \dots\dots\dots(2.1)$$

### 2.3. Solar charge controller

Solar charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. solar charge controller mengatur over charging (kelebihan pengisian – karena batere sudah ‘penuh’) dan kelebihan Voltase dari panel surya/ solar cell. Solar charge controller berfungsi untuk menjaga keseimbangan energi di baterai dengan cara mengatur tegangan maksimum dan minimal dari baterai tersebut, Alat ini juga berfungsi untuk memberikan pengamanan terhadap sistem yaitu: Proteksi terhadap pengisian berlebih (over charge) di baterai, proteksi terhadap pemakaian berlebih (over discharge) oleh beban, mencegah terjadinya arus balik ke modul surya, melindungi terhadap terjadinya hubungan.

Charge controller biasanya terdiri dari 1 input dengan 2 terminal yang terhubung dengan output panel sel surya, 1 output dengan 2 terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 output dengan 2 terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada dioda protection yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai bukan sebaliknya. Seperti yang telah disebutkan, solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Baterai yang sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel sel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan turun, maka baterai akan diisi kembali. Charge controller memiliki 2 operasi kerja, yaitu charging mode dan operation mode. Charging mode merupakan suatu mode kerja charge controller saat pengisian baterai. Operation mode adalah kondisi baterai saat menyuplai beban.



Apabila ada overdischarge atau overload, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai. Untuk menentukan kapasitas arus pada charge controller.

Dalam menentukan besar arus pada SCC maka perlu untuk memahami spesifikasi panel surya.

$$\text{Daya SCC} = I_{sc} \times \text{Jumlah Panel Surya} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

$I_{sc}$  = Arus Short Circuit



**Gambar 2.7** Solar Charge Controller

## 2.4. Baterai

Penyimpanan baterai menggunakan cara elektro-kimia adalah bentuk energi semi-teratur. Listrik yang dihasilkan dari penyimpanan baterai mudah diubah menjadi panas atau cahaya, tetapi proses konversi dalam baterai relatif tidak efisien. Jenis baterai dikategorikan sebagai primer dan sekunder. Baterai primer tidak dapat dibalik baterai tidak dapat diisi ulang dan dibuang setelah energi dikonsumsi. Sel alkali yang umum adalah contoh dari jenis ini. Baterai sekunder dapat diisi ulang. Baterai timbal-asam adalah jenis yang paling umum dan digunakan dalam sistem mobil dan cadangan. Efisiensi baterai sekunder biasanya 70 hingga 80% untuk siklus pulang-pergi (pengisian dan pengosongan). Energi hilang dalam bentuk panas untuk siklus pengisian dan pengosongan. Jenis umum lainnya dari baterai sekunder termasuk nikel-kadmium (NiCad), nikellogam hidrida (NiMh), lithium-ion, seng-udara, dan polimer lithium.



Untuk mengetahui berapa banyak energi yang dapat disimpan dalam suatu baterai maka perlu mengkonversi AH menjadi WH atau daya per jam (Watt- Hours). Catatan bahwa energi listrik pada baterai tidak dapat 100% digunakan maka daya listrik pada beban perlu dikurangi sekiranya 5%.



**Gambar 2.8** Baterai

## 2.5. Inverter

Inverter merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dan frekuensinya dapat diatur. Inverter memiliki berbagai jenis sesuai dengan fungsi dan keinginan penggunaannya sesuai kebutuhan. Inverter yang akan saya bahas pada penelitian ini adalah inverter jenis push-pull secara sederhana prinsip kerja inverter dan bentuk gelombang yang dihasilkan dari inverter dapat di jelaskan pada gambar berikut ini;



**Gambar 2.9** inverter solar panel

### 2.5.1 Prinsip kerja inverter

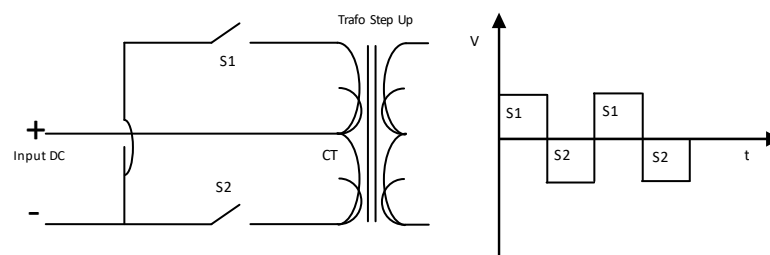
Prinsip kerja inverter dengan menggunakan 4 sakelar. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke



kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa *pulse width modulation* (PWM) dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC.

Dengan menutup S1 maka arus yang mengalir ke trafo adalah I1, sedangkan pada saat menutupnya S2 (S1 buka) maka yang mengalir adalah I2. Selanjutnya dengan mengulang-ulang proses diatas maka akan dihasilkan tegangan bolak-balik (AC) yang kemudian tegangannya dinaikkan dengan transformator. Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit converter (yang berfungsi untuk mengubah daya komersial menjadi dc serta menghilangkan ripple yang terjadi pada arus ini) serta sirkuit inverter (yang berfungsi untuk mengubah arus searah menjadi bolak-balik dengan frekuensi yang dapat diatur-atur). Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol. Dan juga inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC

(Alternating Current). Keluaran suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan masukan inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain



**Gambar 2.10** prinsip kerja inverter dan gelombang output

## 2.6. Motor Listrik

Motor listrik merupakan termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada motor listrik tenaga listrik diubah menjadi tenaga





mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektromagnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama akan tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap. Dari beberapa pengertian tersebut dapat diperoleh kesimpulan, bahwa motor listrik adalah sebuah sistem yang bekerja dengan memanfaatkan energi listrik yang diubah menjadi energi mekanis/gerak dan dipengaruhi oleh gaya elektromagnetik, sehingga motor dapat berputar selama arus listrik yang mengalir pada sistem motor listrik tercukupi dengan baik.<sup>2</sup>

## 2.7. Motor Listrik AC

Motor AC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan tegangan AC (Alternating Current). Motor AC memiliki dua buah bagian utama yaitu “stator” dan “rotor”. Stator merupakan komponen Motor AC yang statis. Rotor merupakan komponen Motor AC yang berputar. Motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk mengendalikan kecepatan sekaligus menurunkan konsumsi dayanya.

- Rotor Perbedaan utama antara motor sinkron dengan motor induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan sebab medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC-excited, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.
- Stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang dipasok.

Motor listrik AC berfungsi untuk merubah energi listrik dari arus listrik AC menjadi energi mekanis. Energi mekanis yang terbangkitkan berupa energi putaran poros rotor motor listrik. Fungsi motor listrik ini merupakan kebalikan dari

---

<sup>2</sup> I Nyoman Bagia, I Made Parsia, Motor-Motor Listrik, Edisi ke-1. (Kupang: Rasibook, 2018), 29



generator AC yang berfungsi untuk merubah energi mekanis menjadi energi listrik AC.



**Gambar 2.11** Bentuk fisik Motor AC

### 2.7.1 Prinsip Kerja Motor AC<sup>3</sup>

Motor arus bolak-balik (motor AC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus bolak-balik (listrik AC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik berupa putaran daripada rotor. Motor listrik arus bolak-balik dapat dibedakan atas beberapa jenis, Seper pada motor DC pada motor AC, arus dilewatkan melalui kumparan, menghasilkan torsi pada kumparan. Sejak saat itu bolak, motor akan berjalan lancar hanya pada frekuensi gelombang sinus. Hal ini disebut motor sinkron. Lebih umum adalah motor induksi, di mana arus listrik induksi dalam kumparan berputar daripada yang diberikan kepada mereka secara langsung. Salah satu kelemahan dari jenis motor AC adalah arus tinggi yang harus mengalir melalui kontak berputar. Memicu dan pemanasan pada kontak-kontak dapat menghabiskan energi dan memperpendek masa pakai motor. Dalam motor AC umum medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet didukung oleh tegangan AC sama dengan kumparan motor. Kumparan yang menghasilkan medan magnet yang kadang-kadang disebut sebagai "stator", sedangkan kumparan dan inti padat yang berputar disebut "dinamo". Dalam motor AC medan magnet sinusoidal bervariasi, seperti arus dalam kumparan bervariasi.

<sup>3</sup> A. Purnama, "Definisi dan Prinsip Kerja Motor Listrik," 2012. [Online]. Tersedia: <http://elektronika-dasar.web.id>.



## 2.7.2 Jenis-jenis Motor AC

### 1. Motor AC Sinkron

Motor sinkron adalah motor listrik AC, yang pada kondisi *steady*, kecepatan putaran rotornya tersinkronisasi atau sebanding dengan frekuensi gelombang arus AC. Jika kita kaitkan dengan rumus putaran rotor mesin AC di bawah ini, maka kecepatan rotor akan selalu sebanding dengan frekuensi listrik supply dan berbanding terbalik dengan jumlah kutub magnet.<sup>4</sup>

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$N_s$  = kecepatan putaran stator motor (rpm)

$f$  = frekuensi sumber listrik AC (Hz),

$P$  = jumlah kutub magnet untuk setiap fase listrik.

Prinsip kerja motor listrik AC tipe sinkron adalah terletak pada sistem eksitasi pada rotornya. Rotor motor AC sinkron memiliki kutub magnet dengan posisi yang tetap. Kutub magnet tersebut terkunci dengan medan magnet yang terbangkitkan di stator. Sehingga pada saat medan magnet stator berputar akibat gelombang listrik AC, rotor motor akan ikut berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan gelombang listrik AC.

### 2. Motor AC tak sinkron

Sesuai dengan prinsip kerja motor listrik AC, rotor motor haruslah sebuah material yang memiliki kutub magnet. Sehingga pada saat kumparan stator teraliri listrik AC dan menciptakan medan magnet putar, rotor magnet akan ikut berputar karena kutub magnet rotor terkunci oleh kutub magnet stator. Motor AC tak sinkron juga dikenal dengan nama motor induksi. Istilah tersebut digunakan karena untuk menciptakan kutub magnet rotor, sistem menggunakan induksi elektromagnetik dari medan magnet kumparan stator. Rotor motor induksi bukan sebuah magnet

<sup>4</sup> Zuriman Anthony, Mesin Listrik Arus Bolak-Balik, Edisi Revisi. (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2019), 126



permanen dan tidak pula menggunakan sistem eksitasi. Bentuk rotor didesain sedemikian rupa sehingga jika terinduksi oleh medan elektromagnetik stator, akan tercipta arus listrik pada rotor diikuti dengan terciptanya medan magnet rotor (fenomena elektromagnetik).

Sekarang mari kita bahas bagaimana prinsip kerja motor induksi ini. Sumber tegangan AC yang dialirkan ke kumparan-kumparan stator motor, akan menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan putaran sinkron sesuai dengan frekuensi sumber listrik. Medan magnet putar stator tersebut akan menginduksi secara elektromagnetik kepada rotor sehingga tercipta arus listrik pada sisi rotor sesuai dengan hukum Faraday. Arus listrik yang mengalir pada sisi rotor tersebut kembali akan menghasilkan medan magnet pada sisi rotor. Dengan adanya dua fluks medan magnet pada sisi rotor dan stator, maka rotor motor akan mengalami torsi putar mengikuti putaran medan magnet stator. Dari kondisi diam, rotor akan berakselerasi sampai nilai arus listrik terinduksi pada rotor serta torsi seimbang dengan beban motor. Rotor motor akan terus berakselerasi hingga mencapai kecepatan sinkronisasinya. Namun justru pada saat kecepatan sinkron tercapai, arus listrik induksi rotor tidak akan terjadi. Hal ini dikarenakan pada saat kecepatan rotor sama dengan kecepatan medan magnet putar stator, maka tidak akan terjadi pemotongan garis gaya magnet stator oleh rotor, sehingga induksi elektromagnetik tidak berfungsi. Maka dari itu, putaran rotor motor induksi tidak akan pernah mencapai kecepatan sinkron. Kecepatan rotor motor induksi akan selalu lebih rendah sedikit daripada kecepatan medan magnet putar stator. Perbandingan kecepatan antara rotor dan stator ini disebut dengan *slip*.

## 2.8 Motor Kapasitor<sup>5</sup>

Motor kapasitor merupakan bagian dari motor fasa belah, tetapi yang membedakan kedua motor tersebut adalah saat kondisi start motor. Motor kapasitor ini menggunakan kapasitor yang pada saat start dipasang secara seri terhadap

---

<sup>5</sup> Anthony Zuriman.2013.Mesin Listrik Arus Bolak-Balik Edisi Revisi.Yogyakarta.Penerbit Andi.Hal 148.



kumparan bantu. Motor kapasitor ini umumnya digunakan pada kipas angin, kompresor pada kulkas (lemari es), motor pompa air, dan sebagainya. Bentuk fisik motor ini diperlihatkan pada Gambar dibawah ini



**Gambar 2.12** Motor Kapasitor

### 2.8.1 Karakteristik Motor AC Kapasitor

Pada motor kapasitor, kapasitornya dihubungkan seri dengan kumparan bantu. Motor ini mempunyai kopel start lebih tinggi, sehingga banyak digunakan pada mesin cuci, pompa air dan peralatan rumah tangga lain. Motor jenis ini terdiri atas tiga tipe:

- a. Motor Kapasitor Start (starting capacitor motor)<sup>6</sup>

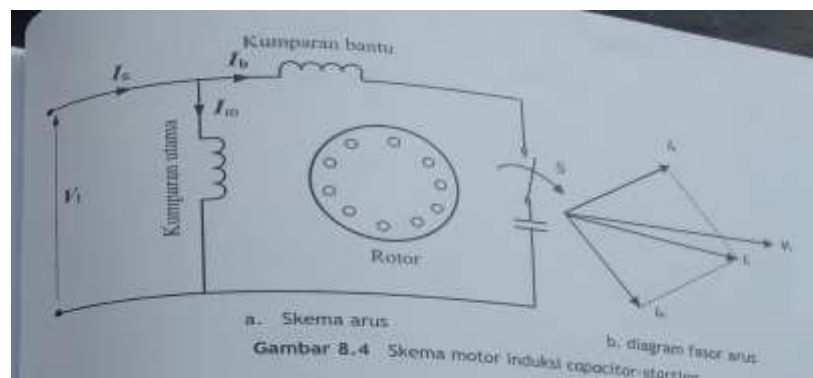
Pada jenis motor ini, kumparan bantu dilengkapi dengan kapasitor starting. Kapasitor starting dilepas dengan cara membuka switch pada saat putaran motor sudah mencapai 75 % putaran nominal . Motor mempunyai kemampuan asut yang lebih tinggi dibanding jenis motor induksi split - phase, karena memiliki torka asut yang tinggi.

Pada motor capacitor starting kumparan akan dialiri arus sebesar  $I_m$  sedangkan kumparan bantu dialiri arus sebesar  $I_b$ , seperti ditunjukkan pada. Kumparan utama resistansinya lebih kecil sehingga arus mendekati sifat induktif atau ketinggalan dari fasor tegangan terminal mendekati 90. Adapun kumparan bantu ditambah dengan kapasitor, sehingga arus  $I_b$ , akan bersifat kapasitif. Diagram fasor arus dan tegangan dari motor induksi capacitor - starting diperlihatkan pada. Penjumlahan arus kumparan utama  $I_m$  yang bersifat induktif dan arus kumparan bantu  $I_b$  yang bersifat kapasitif, akan

<sup>6</sup> Refdinal Nazir, Teori & Aplikasi Motor dan Generator Induksi, Edisi ke-1. (Bandung: ITB Press, 2017), 178



menghasilkan arus saluran  $I_s$  yang hampir sefasa dengan tegangan terminal  $V_t$ , seperti ditunjukkan pada. Karakteristik torka motor induksi satu fasa capacitor starting dapat ditunjukkan pada. Pada motor ini torka asut motor akan terangkat lebih besar dibandingkan motor split - phase, sehingga motor ini akan lebih mudah diasut. Akan tetapi, arus saluran motor juga menjadi bertambah besar. Dalam hal ini, penggunaan capacitor starting juga hanya dilakukan pada waktu pengasutan saja, setelah motor mencapai 75 % dari putaran nominalnya, maka rangkaian bantu tersebut harus terlepas dari rangkaian motor.



**Gambar 2.13** Skema motor induksi kapasitor starting

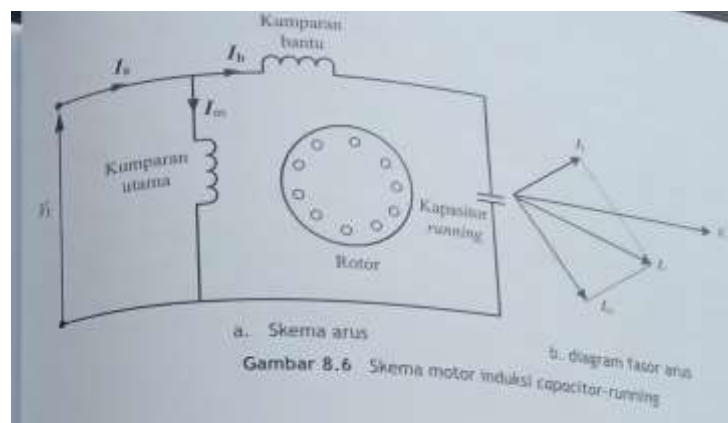
Dengan start kapasitor daya gerak putar mula motor dapat dinaikkan sampai 40%, menjadi motor yang mempunyai daya gerak putar mula tinggi (hing starting torque motor). Motor tersebut dapat dipakai untuk sistem yang memakai pipa kapiler atau keran ekspansi. Pada umumnya dipakai untuk motor dari  $1/6 - 3/4$  PK, satu fasa.

b. Motor Kapasitor Running (running capacitor motor)

Pada motor satu fasa jenis ini rangkaian bantu dipasang kapasitor secara permanen . Dengan demikian motor akan beroperasi sebagai mesin fasa secara terus menerus. Skema motor induksi satu fasa dengan kapasitor running diperlihatkan pada. Pada motor ini, pemasangan kapasitor running dalam kapasitas yang lebih kecil dibandingkan kapasitor starting pada rangkaian bantu bersifat permanen. Arus kumparan bantu  $I_b$  yang ditambah dengan rangkaian kapasitor bersifat kapasitif , namun besarnya jauh lebih kecil dari arus kumparan bantu motor capacitor - starting. Diagram fasor arus



dan tegangan dari motor induksi capacitor - running diperlihatkan pada. Penjumlahan arus kumparan utama  $I_m$  yang bersifat induktif dan arus kumparan bantu  $I_b$ , yang bersifat kapasitif, akan menghasilkan arus saluran  $I_s$ , yang lebih kecil dan lebih induktif. Amplitudo arus saluran  $I_s$ , tidak terlalu besar sehingga kapasitor running tidak perlu dilepas dari rangkaian setelah motor beroperasi normal.



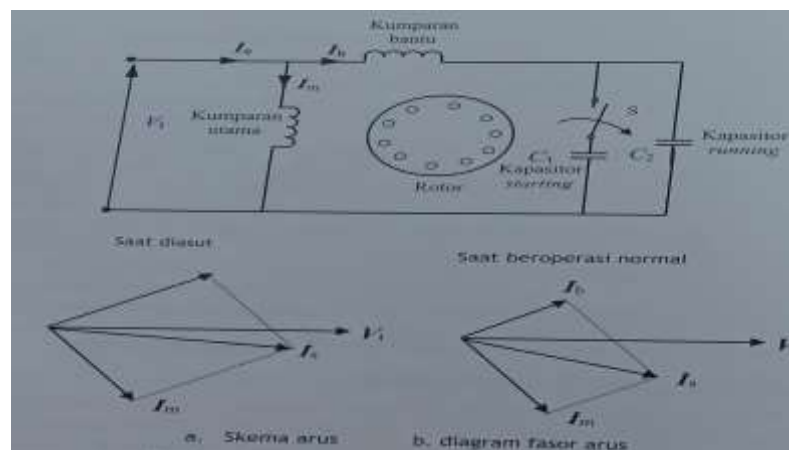
**Gambar 2.14** Skema motor induksi kapasitor running

c. Motor Kapasitor Starting-Running (starting-running capacitor motor)

Run capacitor dihubungkan seri dengan kumparan pembantu untuk memperbaiki faktor kerja (power factor). Motor ini banyak dipakai untuk mesin-mesin pendingin yang memakai pipa kapiler atau keran ekspansi juga untuk room air conditioner dari  $\frac{1}{2}$  - 3 PK, satu fase. Pada waktu start, kedua start dan run capacitor yang dihubungkan seri dengan kumparan pembantu mendapat aliran listrik dan memberikan tambahan tenaga kepada kumparan pembantu selama waktu start. Setelah motor hampir mencapai putaran penuh, start relai kontaknya terbuka, maka hubungan listrik dari start capacitor ke kumparan pembantu terputus, tetapi run capacitor masih terus berhubungan. Selanjutnya motor akan terus berputar dengan kumparan utama, kumparan pembantu dan run capacitor. Kapasitor starting-running motor Jenis motor menggabungkan kemampuan 2 motor induksi sebelumnya. Pada saat starting mesin menggunakan kapasitor starting dan running untuk meningkatkan torka asut. Adapun pada pada saat beroperasi, mesin ini hanya menggunakan



kapasitor running untuk memperbaiki performansinya. Gambar 2.23 menunjukkan skema motor induksi dengan cucitor starting running. Kapasitor starting hanya bekerja saat motor diasut sampai putaran motor mencapai 75 % putaran nominal. Motor ini beroperasi dalam 2 kondisi. Pada saat diasut, arus kumparan bantu merupakan penjumlahan dari arus kapasitor starting  $I_{e1} + I_{e2}$ . Motor ini beroperasi normal jika hanya ada arus dari kapasitor running, namun arus kapasitor running tidak tersedia karena kapasitor sudah dilepas dari rangkaian. Diagram fasor arus dan tegangan dari motor induksi kapasitor starting - running diperlihatkan pada Gambar 2.15.



**Gambar 2.15** Skema motor induksi kapasitor starting-running

Motor kapasitor permanen mempunyai beberapa keuntungan:

- Getarannya kecil dan berputar merata, karena kumparan pembantu terus-menerus bekerja, maka terdapat gaya gerak putar yang merata pada tiap putaran, sehingga fungsinya seperti motor dua fase.
- Faktor kerja lebih baik dan efisiensi kerja lebih besar.
- Tidak memakai start capacitor dan start relai, maka hubungan kabel-kabelnya sederhana dan harganya murah.<sup>7</sup>

## 2.8. Motor Listrik DC

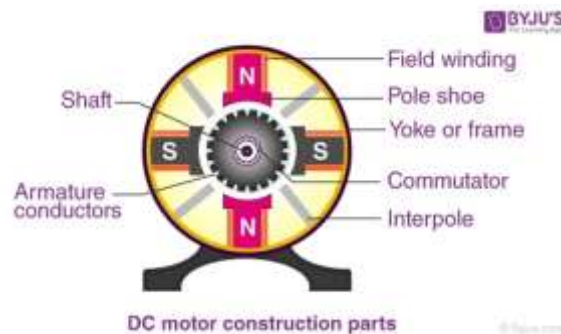
Motor arus searah merupakan salah satu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor arus searah banyak sekali digunakan, motor-

<sup>7</sup> Refdinal Nazir, Teori & Aplikasi Motor dan Generator Induksi, Edisi ke-1. (Bandung: ITB Press, 2017), 181-182





motor kecil untuk aplikasi elektronik menggunakan motor arus searah seperti : pemutar kaset, pemutar piringan magnetik di harddisk komputer, kipas pendingin komputer dll. Gerak atau putaran yang dihasilkan oleh motor arus searah diperoleh dari interaksi dua buah medan yang dihasilkan oleh bagian ‘jangkar’ (armature) dan bagian ‘medan’ (field) dari motor arus searah.



**Gambar 2.16** Bagian Motor DC

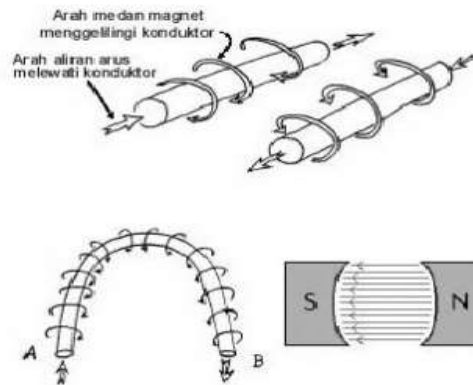
Pada bagian medan berbentuk suatu kumpulan yang terhubung ke sumber arus searah sedangkan bagian jangkar ditunjukkan sebagai magnet permanen (U-S), bagian jangkar ini tidak harus berbentuk magnet permanen, bias juga berbentuk belitan yang akan menjadi elektro-magnet apabila mendapatkan sumber arus searah. Bagian lain yang tidak kalah penting pada motor arus searah adalah adanya ‘komutator’ (comutator). Berdasarkan sumber dayanya, motor listrik DC dibedakan menjadi dua, yaitu sumber daya terpisah (Separately Excited) dan sumber daya sendiri (Self Excited). Keuntungan dari motor DC ini adalah dapat menjaga pasokan daya dengan cara mengendalikan kecepatan. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan cara :

1. Mengubah tegangan dinamo, bila dinaikkan maka akan meningkatkan kecepatan, sedangkan bila diturunkan maka akan menurunkan kecepatan.
2. Mengubah arus medan, kenaikan arus medan sebanding dengan kenaikan kecepatan.

### **2.8.1. Prinsip Kerja Motor DC**



Jika arus melewati sebuah batang konduktor, maka akan timbul medan magnet di sekitar batang konduktor. Prinsip kerja motor DC dimana medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor, ditunjukkan pada Gambar 2.10.

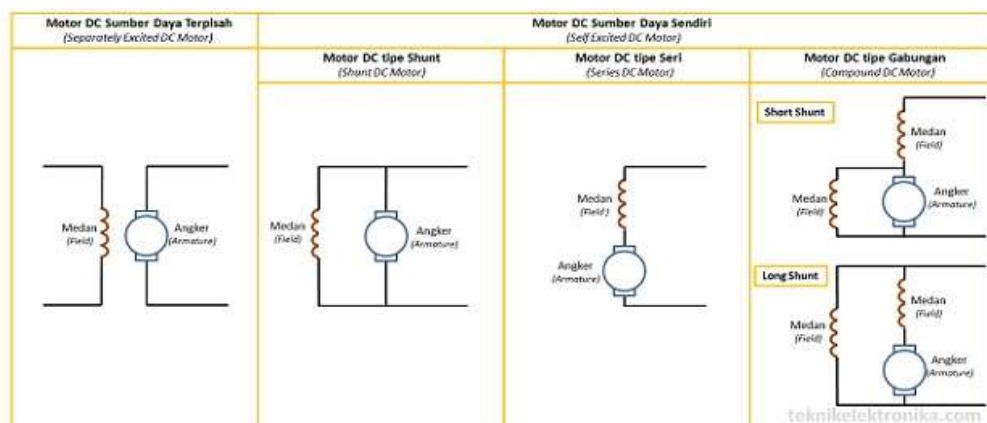


Gambar 2.17 Prinsip Kerja Motor DC

Aturan genggaman tangan kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Pada gambar menunjukkan medan magnet yang terbentuk disekitar konduktor berubah arah karena bentuk U. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan diantara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.

### 2.8.2. Jenis-Jenis Motor DC

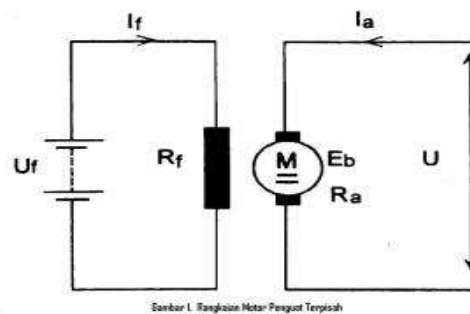
Motor DC memiliki beberapa jenis seperti yang di gambarkan di bawah:





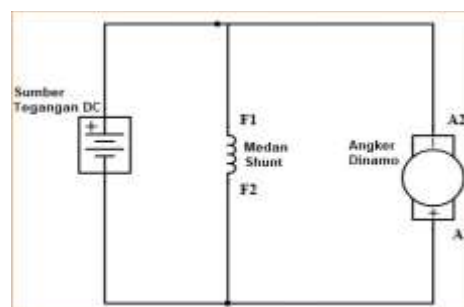
Gambar 2.18 Jenis-Jenis Motor DC

1. Motor Arus Searah Penguat Terpisah Motor jenis ini, penguat magnetnya mendapat arus dari sumber tersendiri dan terpisah dengan sumber arus ke rotor. Sehingga arus yang diberikan untuk jangkar dengan arus yang diberikan untuk penguat magnet tidak terikat antara satu dengan lainnya secara kelistrikan.



Gambar 2.19 Rangkaian Penguat Terpisah

2. Motor Arus Searah dengan Penguat Sendiri Motor jenis ini yaitu jika arus penguat magnet diperoleh dari motor itu sendiri. Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar motor DC dengan penguat sendiri dapat dibedakan :
  - a. Motor Shunt Motor ini dinamakan motor DC shunt karena cara pengkabelan motor ini yang parallel (shunt) dengan kumparan armature. Motor DC shunt berbeda dengan motor yang sejenis terutama pada gulungan kawat yang terkoneksi parallel dengan medan armature. Kita harus ingat bahwa teori elektronika dasar bahwa sebuah sirkuit yang parallel juga disebut sebagai shunt. Karena gulungan kawat diparalel dengan armature, maka disebut sebagai shunt winding dan motornya disebut shunt motor. Motor DC shunt memiliki skema berikut:





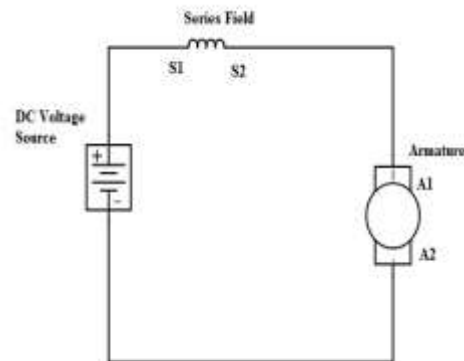

---

**Gambar 2.20** Rangkaian Motor DC Shunt
 

---

Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo (A). Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo. Karakter kecepatan motor DC tipe shunt adalah :

- Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torque tertentu setelah kecepatannya berkurang) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
  - Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah). Motor ini tidak dapat memproduksi arus yang besar ketika mulai melakukan putaran seperti pada medan kumparan seri .Hal ini berarti motor parallel mempunyai torsi awal yang lemah. Ketika voltase diaplikasikan ke motor listrik, resistansi yang tinggi pada kumparan parallel menjaga arus mengalir lambat. Kumparan armature untuk motor shunt pada dasarnya sama dengan motor seri dan menggunakan arus untuk memproduksi medan magnetik yang cukup kuat untuk membuat kumparan armature memulai putaran. Dalam industry, motor shunt digunakan pada Mesin bubut, Drills, Boring Mills, pembentuk, dan Spinning. Berikut adalah contoh boring mills yang sering digunakan pada industri. Motor shunt mempunyai kecepatan hampir konstan. Pada tegangan jepit konstan, motor ini mempunyai putaran yang hampir konstan walaupun terjadi perubahan beban.
- b. Motor Seri Motor ini dipasang secara seri dengan kumparan armature. Motor ini, kurang stabil. Pada torsi yang tinggi kecepatannya menurun dan sebaliknya. Namun, pada saat tidak terdapat beban motor ini akan cenderung menghasilkan kecepatan yang sangat tinggi. Tenaga putaran yang besar ini dibutuhkan pada elevator dan Electric Traction. Motor DC disusun dengan skema berikut:



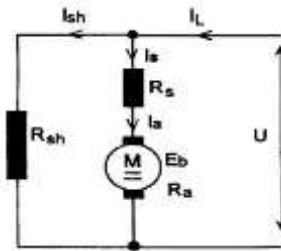
**Gambar 2.21** Rangkaian Motor Seri

Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo (A). Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dinamo. Karakter kecepatan dari motor DC tipe seri adalah :

- Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM.
- Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

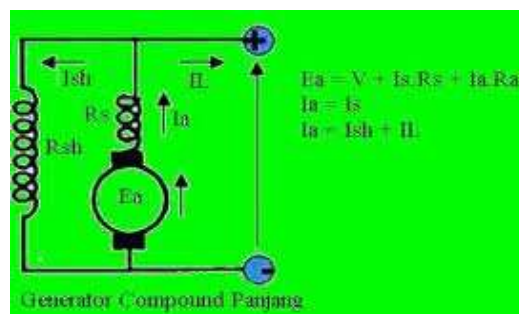
Karena kumparan medan terseri dengan kumparan armature, motor DC seri membutuhkan jumlah arus yang sama dengan arus yang mengalir melalui kumparan armature. Pengoperasian dari motor ini sangat mudah untuk dimengerti. Kita tahu, bahwa kumparan medan terkoneksi secara seri dengan kumparan armature. Hal ini berarti bahwa power akan teraplikasi pada salah satu ujung dari kumparan medan yang seri dan ujung lain dari kumparan armature yang terkoneksi dengan brush.

- c. Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan dinamo (A). Sehingga, motor kompon memiliki torque penyalaan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.. Dalam industri, motor ini digunakan untuk pekerjaan apa saja yang membutuhkan torsi besar dan kecepatan yang constant.



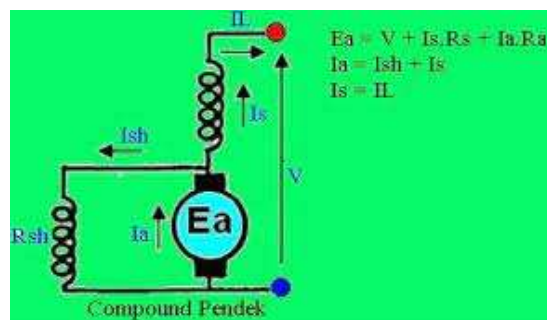
**Gambar 2.22** Rangkaian Motor DC Kompon Gabungan

Karakter dari motor DC tipe kompon/gabungan ini adalah, makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Pada motor kompon mempunyai dua buah kumparan medan dihubungkan seri dan paralel dengan angker. Bila motor seri diberi penguat shunt tambahan seperti gambar dibawah disebut motor kompon shunt panjang.



**Gambar 2.23** Rangkaian Motor DC Kompon Panjang

Bila motor shunt diberi tambahan penguat seri seperti gambar dibawah disebut motor kompon shunt pendek.



**Gambar 2.24** Rangkaian Motor DC Kompon Pendek



## 2.9. Motor DC Magnet Permanen

Motor dc magnet permanen dapat didefinisikan sebagai motor yang mencakup kutub magnet permanen disebut Motor DC Magnet Permanen. Pada motor ini, magnet dapat digunakan untuk membuat fluks bekerja di dalam celah udara di tempat gulungan medan. Struktur rotor mirip dengan Motor DC Seri. Rotor Motor DC Magnet Permanen termasuk armature core, komutator, & armature winding. Biasanya, dalam motor DC konvensional, ada dua jenis belitan seperti Rotor dan Stator.

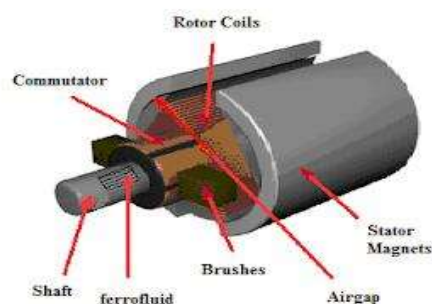


**Gambar 2.25** Motor DC Magnet Permanen

Fungsi utama dari belitan medan adalah untuk menghasilkan fluks magnetik yang berfungsi di dalam celah udara, sementara belitan dinamo dapat menggosok rotor. Sikat karbon tidak aktif didorong pada komutator seperti pada motor DC konvensional. Tegangan operasi Motor DC Magnet Permanen adalah 6 volt, 12 volt atau juga di, 24 volt, Suplay Tegangan DC diperoleh dari sumber tegangan.

### 2.9.1. Konstruksi Motor DC Magnet Permanen

Magnet permanen pada Motor dipertahankan dengan stator baja silinder dan pasokan ini seperti jalur balik untuk fluks magnet. Pasokan rotor seperti armature,





dan itu termasuk segmen komutator, slot berliku, & sikat seperti pada mesin dc konvensional. Magnet permanen yang digunakan dalam motor ini diklasifikasikan menjadi tiga yaitu magnet Alnico, magnet Keramik (ferit), dan magnet Rare-earth.

**Gambar 2.26** Konstruksi motor DC Magnet Permanen

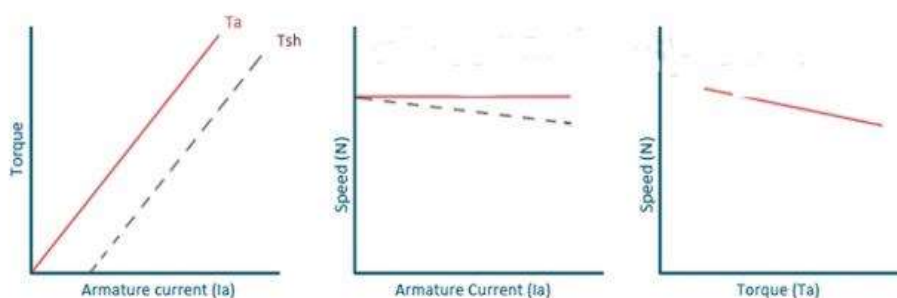
- Magnet Alnico digunakan dalam motor yang memiliki peringkat di kisaran 1kW-150kW.
- Magnet ferit atau keramik jauh lebih murah di dalam motor kw pecahan (kilowatt).
- Magnet Rare Earth yang dibuat dengan samarium kobalt serta kobalt besi neodymium.

### 2.9.2 Pengoperasian Motor DC Magnet Permanen

Pada motor ini, medan magnet permanen dapat dihasilkan dengan magnet permanen yang berhubungan dengan medan tegak lurus yang dirangsang oleh aliran arus dalam belitan rotor; oleh karena itu torsi mekanis dapat dibuat.

Ketika rotor berputar sebagai respons terhadap torsi yang dibuat, maka posisi di antara stator serta medan rotor dapat dikurangi, dan torsi akan terbalik menjadi rotasi 90 derajat. Untuk mempertahankan torsi pada rotor, Motor DC Magnet Permanen menyertakan komutator, yang disetel ke poros rotor.

### 2.9.3 Karakteristik Motor DC Magnet Permanen



**Gambar 2.27** Karakteristik Motor DC Magnet Permanen





Karakteristik Motor DC Magnet Permanen terkait dengan karakteristik motor shunt dc dalam hal kecepatan, torsi, serta arus jangkar. Tetapi, karakteristik kecepatan-torsi lebih linier dan konvensional pada jenis motor ini.

### **2.10. Cara Menentukan Rugi-rugi pada Motor**

Rugi-rugi motor listrik sebagian dapat ditemukan dengan cara konvensional yaitu dengan percobaan beban nol dan percobaan block rotor (hanya untuk motor arus bolak-balik). Percobaan beban nol dapat menentukan rugi-rugi rotasi motor. Pada keadaan beban nol, seluruh daya listrik input motor digunakan untuk mengatasi rugi-rugi inti dan rugi-rugi mekanik. Rugi-rugi listrik motor dapat ditentukan yaitu pada tahanan DC, tahanan belitan dapat langsung diukur pada terminal belitan jangkar dan belitan penguat secara pengukuran DC, yaitu dengan mengukur tegangan dan arus dengan sumber DC pada belitan tersebut, atau dengan menggunakan ohm meter (jembatan wheatstone). Pada motor AC, tahanan ekuivalen motor dapat ditentukan dengan percobaan block rotor (hubungan singkat), dimana pada keadaan ini rangkaian ekuivalen motor adalah sama dengan rangkaian ekuivalen hubung singkat dari suatu transformator. Jadi daya pada keadaan ini merupakan rugi-rugi tahanan atau belitan dan pada keadaan ini rugi-rugi inti dapat diabaikan karena tegangan hubung singkat relatif kecil dibandingkan dengan tegangan nominalnya. Rugi-rugi stray load adalah rugi-rugi yang paling sulit ditakar dan berubah terhadap beban motor. Rugi-rugi ini ditentukan sebagai rugi-rugi sisa (rugi-rugi pengujian dikurangi rugi-rugi konvensional). Rugi-rugi pengujian adalah daya input dikurangi daya output. Rugi-rugi konvensional adalah jumlah dari rugi-rugi inti, rugi-rugi mekanik, rugi-rugi belitan. Rugi-rugi stray load juga dapat ditentukan dengan anggapan kira-kira 1 % dari daya output dengan kapasitas daya 150 KW atau lebih. Dan untuk motor-motor yang lebih kecil dari itu dapat diabaikan.

### **2.11. Rugi-rugi pada Motor Induksi**

Motor-motor listrik adalah suatu alat untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam sistem konversi energi, yaitu



mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efisiensi 100 %. Tetapi pada keadaan yang sebenarnya, tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efisiensi dibawah 100 % Dalam sistem konversi energi elektro mekanik yakni dalam operasi motor-motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi, atau :

$$P_{in} = P_{out} + P_{rugi-rugi} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana

$P_{in}$  : Total daya yang diterima motor

$P_{out}$  : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{rugi-rugi}$  : Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

Motor listrik tidak pernah mengkonversikan semua daya yang diterima menjadi daya mekanik, tetapi selalu timbul kerugian daya yang semuanya berubah menjadi energi panas yang terbuang. Untuk itu perlu diketahui kerugian daya apa saja yang timbul selama motor beroperasi.

1. Belitan dalam motor yang dinamakan rugi-rugi listrik (rugi-rugi belitan).
2. Kerugian daya yang timbul langsung arena putaran motor, yang dinamakan rugi-rugi rotasi. Rugi - rugi rotasi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu:
  - a. Rugi - rugi mekanis akibat putaran.
  - b. Rugi - rugi inti besi akibat kecepatan putaran dan fluks medan.

### 2.11.1 Rugi-rugi inti

Rugi-rugi inti rangkaian terbuka terdiri atas rugi-rugi histeris dan arus edy yang timbul dari perubahan kerapatan fluks pada besi mesin dengan hanya lilitan peneral utama yang diberi tenaga. Pada mesin DC dan mesin serempak, rugi-rugi ini terutama dialami oleh besi armatur, meskipun pembentukan pulsa fluks yang berasal dari mulut celah akan menyebabkan rugi-rugi pada besi medan juga, terutama pada sepatu kutub atau permukaan besi medan. Pada mesin induksi rugi-



rugi terdapat terutama pada besi strator. Rugi-rugi inti rangkaian terbuka dapat diperoleh dengan mengukur masukkan pada mesin pada saat bekerja tanpa beban pada kecepatan ukuran atau frekuensi ukuran dan dengan fluks atau tegangan yang semestinya dan kemudian mengurangkan rugi-rugi perlilitan dan gesekan dan jika mesin tersebut bekerja sendiri selama dites, rugi-rugi FR armature tanpa beban (rugi-rugi FR stator tanpa beban pada motor induksi). Timbulnya rugi-rugi inti, ketika besi jangkar atau struktur rotor mengalami perubahan fluks terhadap waktu. Rugi rugi ini tidak tergantung pada beban, tetapi merupakan fungsi daripada fluks dan kecepatan motor. Pada umumnya rugi-rugi inti berkisar antara 20-25 % dari total kerugian daya motor pada keadaan nominal.

### **2.11.2 Rugi-rugi mekanik**

Rugi-rugi mekanik dan angin adalah energi mekanik yang dipakai dalam motor listrik untuk menanggulangi gesekan bantalan poros, gesekan sikat melawan komutator atau slip ring, gesekan dari bagian yang berputar terhadap angin, terutama pada daun kipa pendingin. Kerugian energi ini selalu berubah menjadi panas seperti pada semua rugi-rugi lainnya. Rugi-rugi mekanik dianggap konstan dari beban nol hingga beban penuh, dan ini adalah masuk akal tetapi tidak sepenuhnya tepat seperti halnya pada rugi-rugi inti. Macam-macam ketidaktepatan ini dapat dihitung dalam rugi-rugi stray load. Rugi-rugi mekanik biasanya berkisar antara 5-8 % dari total rugi-rugi daya motor pada keadaan beban nominal.

### **2.11.3 Rugi-rugi belitan**

Rugi rugi belitan sering disebut rugi rugi tembaga tetapi pada saat sekarang sudah tidak begitu banyak motor listrik, terutama motor ukuran sangat kecil diatas 750 W, mempunyai belitan stator dari kawat alumunium yang lebih tepat disebut rugi rugi  $I^2 R$  yang menunjukkan besarnya daya yang berubah menjadi panas oleh tahanan dari konduktor tembaga atau alumunum. Total kerugian  $I^2 R$  adalah jumlah dari rugi-rugi  $IR$  primer (stator) dan rugi-rugi  $R$  sekunder (rotor) rugi-rugi  $I^2 R$  dalam belitan sebenarnya tidak hanya tergantung pada arus, tetapi juga pada tahanan belitan dibawah kondisi operasi. Sedang tahanan efektif dan belitam selalu berubah dengan perubahan temperatur, skan effect dan sebagainya . Sangat sulit untuk memetukan nia yang sebenarnya dari tahan belitan dapat dimasukkan kedalam



kerugian stray load. Pada umumnya rugi-rugi belitan ini berkisar antara 55-60 % dari total kerugian motor pada keadaan beban nominal

$$\text{Prugi-rugi} = I^2.R \dots\dots\dots (2.5)$$

**2.11.4 Torsi motor**

Untuk menentukan besarnya daya poros motor maka perlu diketahui besarnya torsi yang terjadi pada motor. <sup>8</sup>

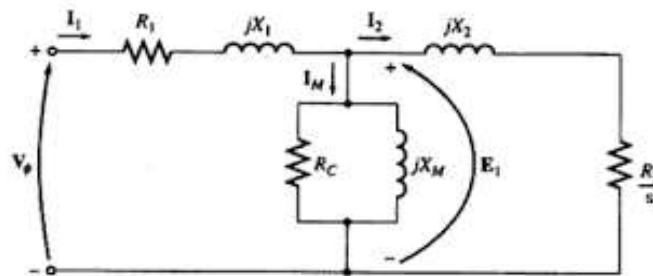
$$T = F_{\text{gesek}} \times r \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana jari-jari (r) pulley adalah 3,5 cm = 0,035 mm

**2.12 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi<sup>9</sup>**

Motor Induksi 3-fasa ini dapat dianalisa berdasarkan rangkaian ekuivalen tanpa harus mengoperasikan motor.

Dari rangkaian ekuivalen (Gambar 2.27) dibawah ini I<sub>1</sub> merupakan arus yang mengalir pada kumparan stator yang terbagi arus I<sub>m</sub> dan I<sub>2</sub> , dimana untuk mencari besarnya arus yang mengalir pada saat pembebanan.



**Gambar 2.28** Rangkaian Ekuivalen Motor induksi

V<sub>φ</sub> = Tegangan sumber perfasa pada kumparan stator

R<sub>1</sub> = Resistansi kumparan stator

<sup>8</sup> Ermawati, Abdul Halim, “Analisa Efisiensi Motor Kapasitor Sebagai Penggerak Alat Uji Rugi-Rugi Aliran Fluida” Volume 5 nomor 1, no. 23. (2019)

<sup>9</sup> Andyk Probo Prasetya dkk. Analisis Perbandingan Sistem Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Penggerak Pompa Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Wendit Malang ( Malang: Institute Teknologi Malang,2012).hlm.225.



$jX_1$  = Reaktansi Induktif kumparan stator

$R_c$  = Tahanan Inti Besi

$R_2$  = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator

$jX_2$  = Reaktansi Induktif rotor dilihat dari sisi stator

$jX_m$  = Reaktansi magnet pada Motor

$I_1$  = Arus kumparan stator

$I_2$  = Arus pada kumparan rotor dilihat dari sisi stator saat motor distart.

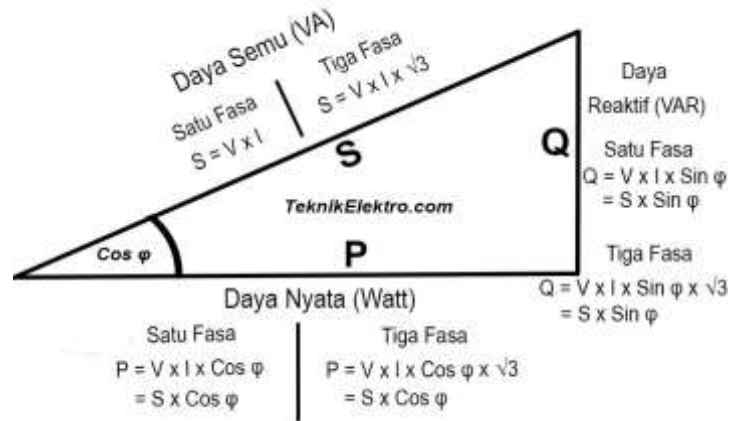
### 2.13. Pengertian Daya

Daya dalam tegangan AC pada setiap saat sama dengan perkalian dari harga arus dan tegangan pada saat itu. Jika arus dan tegangan bola-balik satu fasa, maka daya dalam satu periode sama dengan perkalian dari arus dan tegangan efektif. Tetapi jika ada reaktansi dalam rangkaian arus dan tegangan tidak satu fasa sehingga selama siklusnya biasa terjadi arus negatif dan tegangan positif.

Secara teoritis daya terdiri dari tiga yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu yang pengertiannya adalah sebagai berikut :

1. Daya aktif (P) adalah daya yang diubah menjadi energy, persatuan waktu atau dengan kata lain adalah daya yang benar - benar terpakai yang dihasilkan oleh komponen resistif , satuannya adalah Watt (W)
2. Daya reaktif (Q) adalah daya yang ditimbulkan oleh komponen reaktansi Daya reaktif ditentukan dari reaktansi yang menimbulkannya, dapat berupa reaktansi induktif (X) dan reaktansi kapasitif (X), satuannya adalah Volt Ampere Reaktif (VAR)
3. Daya semu (S) adalah jumlah secara vektoris daya aktif dan daya reaktif yang memiliki satuan Volt Ampere (VA).

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar sistem segitiga daya berikut ini:



Gambar 2.29 Segitiga daya

Pada listrik satu fasa:

- 1)  $P = V \times I \times \cos \phi$ ..... (2.7)
- 2)  $S = V \times I$ ..... (2.8)
- 3)  $Q = V \times I \times \sin \phi$ ..... (2.9)

Pada listrik tiga fasa:

- 1)  $P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$ ..... (2.10)
- 2)  $S = V \times I \times \sqrt{3}$ ..... (2.11)
- 3)  $Q = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$ ..... (2.12)

**2.14. Daya Motor**

Perhitungan daya pada Motor AC adalah daya konsumsi dari motor listrik yang melibatkan arus konsumsi motor listrik dan tegangan. Maka secara teoritis adalah sebagai berikut:

Daya = Arus x Tegangan

Maka kita dapatkan Rumus untuk Daya adalah:

$P = I \times V$ ..... (2.12)

Dimana: P = Daya (Watt)

I = Kuat Arus (A)

V = Voltase (V)

Untuk mendapatkan nilai daya, ada 2 variabel yang diperlukan yaitu:



### 1. Tegangan Listrik ( Voltase )

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik.

### 2. Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu, dalam Satuan Internasional memiliki lambang I dan disebutkan dalam satuan Amper. konsep yang harus kita pegang tentang arus listrik adalah Arus mengalir sesuai kebutuhan beban. Semakin beban meminta besar maka arus yang mengalir semakin besar, begitupula sebaliknya. Linieritas dari hal itu maka ukuran kabel sangat erat kaitannya dengan besarnya Amper yang mengalir.

## 2.15. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil ("special purpose computers") di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, Port input/output, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program.

Mikrokontroler adalah komponen yang sangat umum dalam sistem elektronika modern. Penggunaannya sangat luas, dalam kehidupan kita sehari-hari baik di rumah, kantor, rumah sakit, bank, sekolah, industri, dan lain - lain. Mikrokontroler digunakan dalam sejumlah besar sistem elektronika seperti : sistem manajemen mesin mobil, keyboard komputer, alat ukur elektronik ( multimeter digital, synthesizer frekuensi, dan osiloskop ), televisi, radio, telepon digital, mobile phone, microwave oven, printer, scanner, kulkas, pendingin ruangan, CD/DVD player, kamera, mesin cuci, PLC (programmable logic controller ), robot, sistem otomasi, sistem akuisisi data, sistem keamanan, sistem EDC ( Electronic Data Capture ), mesin ATM, modem, router, dan lain – lain.

Mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian, otomasi industri, akuisisi data, telekomunikasi, dan lain-lain.



Keuntungan menggunakan mikrokontroller yaitu harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai dengan keinginan. Saat ini keluarga mikrokontroller yang ada dipasaran yaitu intel 8048 dan 8051 (MCS51), Motorola 68HC11, microchip PIC, hitachi H8, dan atmel AVR.

Jenis – jenis mikrokontroller :

1. Mikrokontroller TinyAVR (ATTiny) adalah mikrokontroller 8 bit. ATTiny merupakan mikrokontroller avr kecil dan memiliki peripheral yang terbatas.
2. Mikrokontroller AT90S adalah mikrokontroller 8 bit jenis lama, merupakan mikrokontroller avr klasik.
3. Mikrokontroller Atmega adalah mikrokontroller 8 bit. Atmega memiliki peripheral lebih banyak dibandingkan dengan seri ATTiny.
4. Mikrokontroller Xmega adalah mikrokontroller 8/16 bit. Xmega memiliki peripheral baru dan canggih dengan untuk kerja, sistem monitoring event dan DMA yang ditingkatkan, serta merupakan pengembangan keluarga AVR untuk pasar low power dan high performance. Dengan adanya fitur DMA (direct memory access) dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kemacetan pada saat transfer data. Xmega mendukung kriptografi AES dan DES.
5. Mikrokontroller AVR32 adalah mikrokontroller 32 bit, mikrokontroller ini pertama kali dibuat oleh atmel pada tahun 2006. AVR32 menggunakan arsitektur RISC 32 bit, mikrokontroller ini ditujukan untuk bersaing dengan mikrokontroller yang berbasis prosesor ARM mikrokontroller AVR32 tidak memiliki EEPROM internal, sebagai pengganti EEPROM, AVR32 dapat menggunakan SD Card dan MMC.

### **2.15.1. Internet Of Things (IOT)**

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus yang memungkinkan untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan





mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen.

Internet Of Things atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. Pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa.

Ide awal Internet of Things pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 di salah satu presentasinya. Kini banyak perusahaan besar mulai mendalami Internet of Things sebut saja Intel, Microsoft, Oracle, dan banyak lainnya. Banyak yang memprediksi bahwa pengaruh Internet of Things adalah *“the next big thing”* di dunia teknologi informasi, hal ini karena IoT menawarkan banyak potensi yang bisa digali.

### **2.15.2. Blynk**

Blynk App adalah sebuah aplikasi yang didesain untuk Internet of Things. Aplikasi ini mampu mengontrol hardware dari jarak jauh. Ada 3 platform blynk yang disediakan, yaitu :

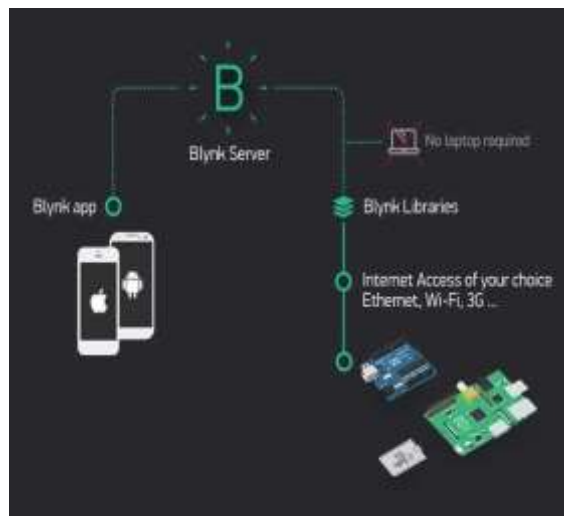
- a. Blynk App, berfungsi untuk membuat project aplikasi menggunakan bermacam variasi widget yang telah disediakan. Namun, batas penggunaan widget dalam satu akun hanya 2000 energy. Energy tersebut dapat ditambah dengan membelinya melalui playstore.
- b. Blynk server, berfungsi untuk meng-handle project pada blynk app dan berkomunikasi antara smartphone dengan hardware yang dibuat. Blynk server (Blynk Cloud) dapat digunakan secara jaringan lokal dan bersifat open source.
- c. Blynk libraries, berfungsi untuk memudahkan komunikasi antara hardware dengan server dan seluruh proses perintah input serta output. Dibawah ini merupakan fitur-fitur yang disediakan oleh Blynk :



- API dan UI yang sama untuk mendukung hardware dan devices
- Koneksi dengan cloud menggunakan: wifi, bluetooth, ethernet, USB (serial), dan GSM
- Penggunaan widget yang mudah
- Pemanipulasian pin tanpa kode program
- Integrasi yang mudah menggunakan pin virtual
- Riwayat monitoring data
- Komunikasi device-to-device menggunakan Bridge Widget
- Dapat mengirimkan email, tweet, dan push notification.



**Gambar 2.30** Logo Blynk



**Gambar 2.31** Mekanisme Blynk