



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyangraian (*Roasting*)

Penyangraian ialah 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 CO₂ dan produk pirolisi volatile yang lain. Produk pirolisi ini sebagai penentu cita rasa kopi. Hilangnya berat berkaitan dengan suhu *roasted*. Penyangraian berdasarkan standar suhu dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

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



Gambar 2.1 Hasil *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 *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.⁷



Gambar 2.3 Hasil *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 *contiouunus* adalah drum horizontal yang mampu berputar. Kebanyakan biji kopi diputar sealiran

⁷ A. Mafaza. *Pengaruh Suhu Dan Lama Waktu Penyangraian Terhadap Massa Jenis Biji Kopi Robusta Menggunakan Mesin Roasting*. Program Studi Pendidikan Fisika: Universitas Jember.



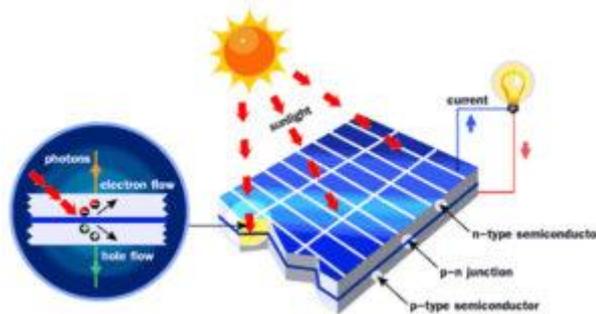
dengan hawa panas lewat drum ini, kecuali pada sebagian roaster dimana dimungkinkan tercipta aliran silang dengan hawa panas. Hawa yang diperlukan segera dipanaskan memakai gas atau bahan bakar dan terhadap rancangan baru difungsikan sistem hawa daur ulang yang bisa menurunkan polusi di atmosfer serta menekan budget operasional *Roasting*.¹⁷

2.2 Panel Surya

Sel surya atau sel fotovoltaik berasal dari Bahasa Inggris “Photovoltaic” yang berasal dari kata Yunani dimana “phos” berartikan 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 energy listrik secara langsung. Sedangkan sel surya adalah seperangkat modul untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energy listrik. *Photovoltaic* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul dimana didalamnya terdapat banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun parallel.

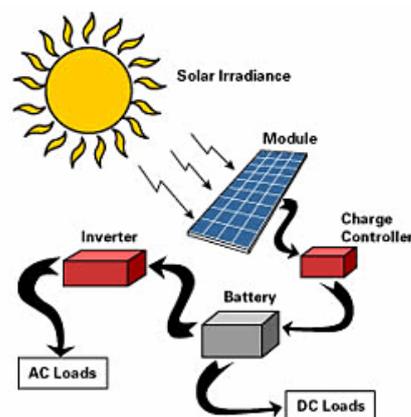
Sel surya memiliki elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energy surya menjadi energy listrik atas dasar efek photovoltaic. Cara kerja dari sel surya ini ialah pada saat terjadinya tumbukan energy pada photon yang ada di bahan semikonduktor maka energy tersebut akan di transfer pada electron yang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

¹⁷ Sabani. *Penyagraian Bagian Penting Penentu Cita Rasa Kopi*. <https://sabani.com>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2022.



Gambar 2.4 Sel Surya Mengubah Energy Matahari Menjadi Listrik

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 Cell (Sel Surya)



Gambar 2.6 Papan Modul Solar Sel

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.

Untuk menghitung kapasitas panel surya⁴

$$E_r = E_a \times \text{Rugi dan Safety Factor} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

E_a = Energi Beban (Watt Jam Perhari)

E_r = Energi Total Beban (Watt Jam Perhari)

Untuk menghitung kapasitas daya modul surya yang dihasilkan

$$C_{\text{panel surya}} = \frac{E_r}{IM} \times FP \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

E_r = Energi Total Beban (Watt Jam Perhari)

IM = Radiasi Matahari (Kwh/m^2)

⁴ Adjat Sudrajat. 2007. *Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. BPPT-Press: Jakarta.



FP = Faktor Penyesuaian

Untuk menentukan energi yang mampu disuplai PLTS

$$E_b = E_p - (15\% \times E_p) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

E_b = Energi Beban (Wh)

E_p = Energi Panel Surya (Wh)

2.2.1 Polycrystalline

Solar Cell Polycrystalline silicon juga dikenal sebagai polysilicon (p-Si) dan multi Kristal silicon (mc-Si), dan diperkenalkan ke pasar pada tahun 1981. Tidak seperti panel surya berbasis monocrystalline, polycrystalline tidak memerlukan proses czochralski.



Gambar 2.7 Solar Cell Polycrystalline

Jenis solar cell polycrystalline dihasilkan dari proses metalurgi grade silicon dengan pemurnian kimia. Silicon baku dicairkan dan dituangkan ke dalam cetakan persegi, yang didinginkan dan dipotong menjadi bentuk yang diinginkan. Ciri fisik yang mudah dikenali jenis polycrystalline adalah warna yang kebiruan,



bentuknya biasa kotak atau persegi dengan pola-pola guratan kebiruan. Bila disusun pada panel terlihat lebih rapat.³

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

³ Nelly Safitri, dkk. 2019. *Buku Teknologi Photovoltaic*. Yayasan Puga Aceh Riset, Aceh.



menyuplai beban. Apabila ada overdischarge atau overload, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.



Gambar 2.8 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. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menentukan kapasitas baterai.⁶

⁶ Muhammad Beny. *Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai Untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jurnal Reka Elkomika, Vol. 3, No. 2.



$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{\text{Beban Harian}}{\text{Tegangan Operasi DC}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk menentukan waktu pemakaian

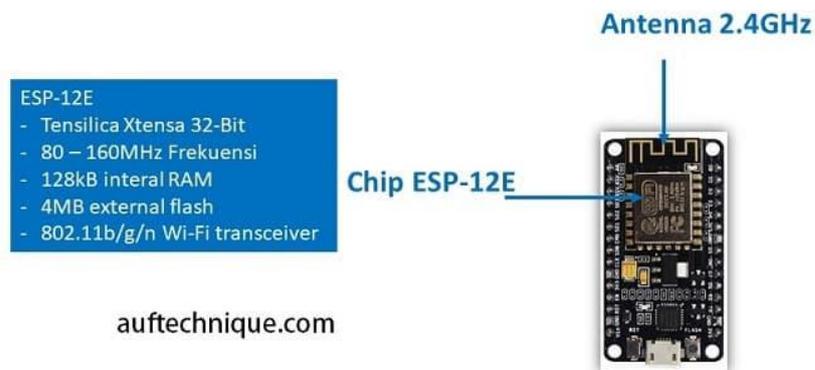
$$\text{Waktu pemakaian} = \frac{\text{kapasitas baterai (Ah)}}{\text{kuat arus beban (A)}} \dots \dots \dots (2.5)$$



Gambar 2.9 Baterai

2.5 NodeMCU (ESP8266)

Espressif System, perusahaan semi-konduktor asal Shanghai, mengeluarkan mikrokontroler yang berkemampuan wifi dengan berukuran mini, yaitu ESP8266 dengan harga yang sangat murah. Perangkat ini dapat memonitor dan mengontrol perangkat dari seluruh belahan dunia. Dengan demikian, ESP8266 ini sangat sempurna untuk segala macam proyek IoT. Papan sirkuit ini dilengkapi modul ESP-12E yang memiliki chip ESP8266 beroperasi pada frekuensi 80-160MHz dan dapat di atur serta mendukung RTOS (*Realtime Operating System*).



Gambar 2.10 ESP 12 E Modul

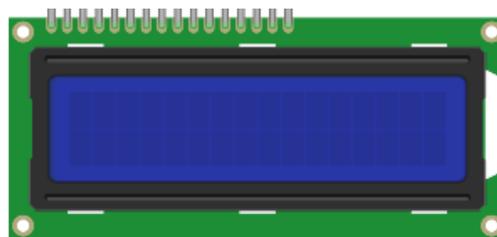
2.6 Driver Motor BTS7960

Pada rancang bangun alat pesangrai kopi otomatis ini, Driver motor BTS7960 difungsikan sebagai komponen yang dapat mengatur kecepatan motor DC.



Gambar 2.11 Komponen Driver Motor BTS7960

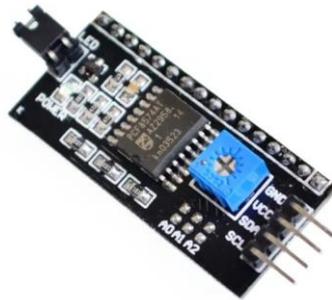
2.7 LCD 16X2 dan modul I2C



Gambar 2.12 LCD



LCD (Liquid Crystal Display) adalah komponen mikrokontroller yang digunakan sebagai interface antara user dan mikrokontroller. LCD 16x2 ini dapat melihat atau memantau keadaan sensor ataupun keadaan jalannya program lcd ini memiliki 16 pin dan memiliki 7 pin kaki. Dikarenakan Lcd 16x2 ini memiliki banyak pin yang akan dihubungkan langsung ke Arduino uno, ini tidak akan efisien karena masih banyak komponen-komponen lainnya seperti suhu yang memerlukan pin pada Arduino, agar tidak pemborosan pemakaian pin arduino, maka dipasanglah modul I2C Converter.



Gambar 2.13 Modul I2C LCD.

2.8 Thermocouple dan modul MAX6675

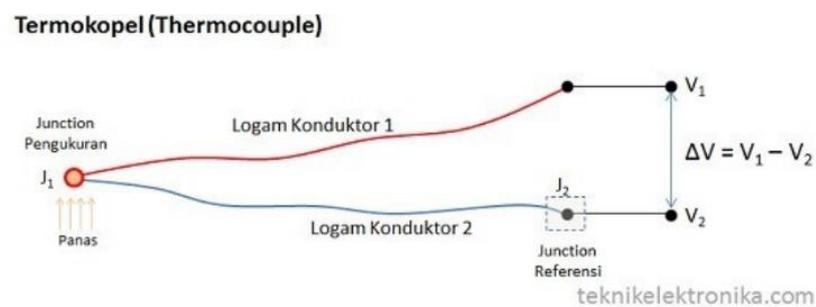


Gambar 2.14 *Termocouple*

Thermocouple (Termokopel) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu yang cukup populer dan biasa dipakai pada Industri. Beberapa kelebihan *thermocouple* yaitu responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas, berkisar diantara



-200°C hingga 2000°C. Selain responnya yang cepat dan rentang suhu yang luas, *Thermocouple* juga tahan terhadap guncangan atau getaran dan mudah untuk digunakan. Cara kerja thermocouple cukup mudah dan sederhana. Dua jenis logam konduktor yang berbeda jenis digabung pada ujungnya. Satu jenis logam konduktor pada *thermocouple* akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.¹⁴

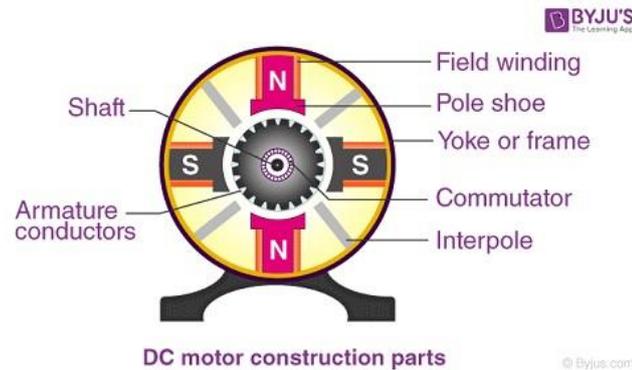


Gambar 2.15 Cara Kerja Thermokopel

2.9 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-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.

¹⁴ Muhammad F. *Pengertian Dan Jenis-Jenis Thermocouple*. <https://id.linkedin.com>. Diakses pada tanggal 11 Mei 2022.



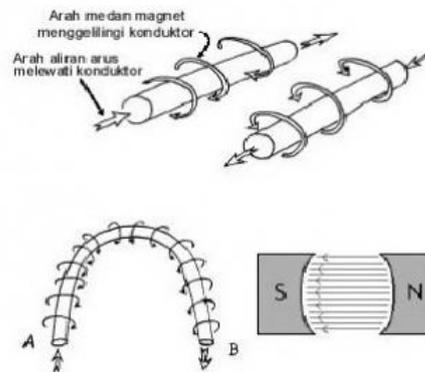
Gambar 2.16 Bagian Motor DC

Pada bagian medan berbentuk suatu kumparan 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.

2.9.1 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 2.17



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.¹⁷

2.9.2 Komponen Utama Motor DC

Motor DC digunakan pada penggunaan khusus, dimana diperlukan penyalan torsi yang tinggi atau percepatan yang tepat untuk kisaran kecepatan yang luas. Sebuah motor DC mempunyai tiga komponen utama :

- a. Kutub Medan Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan : kutub utara dan kutub

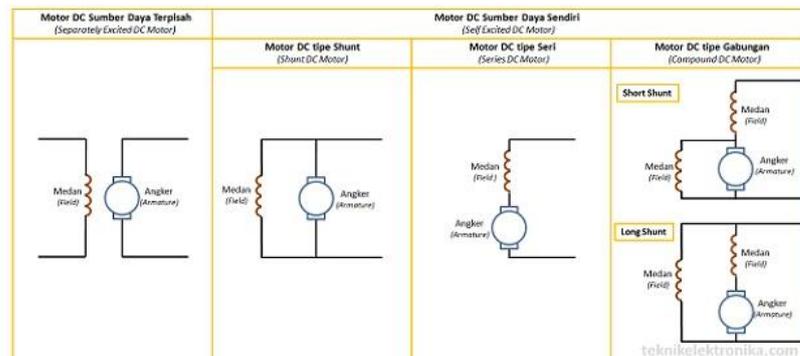
¹⁷ A. Purnama. 2012. *Definisi dan Prinsip Kerja Motor Listrik*. <http://elektronika-dasar.web.id>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2022.



- selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.
- b. Dinamo Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.
 - c. Komutator Komutator berguna untuk membalik arah arus listrik dari dalam dinamo. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

2.9.3 Jenis-Jenis Motor DC

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

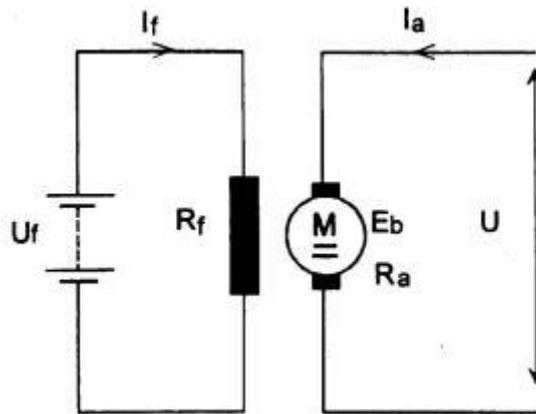


Gambar 2.18 Jenis Motor DC

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

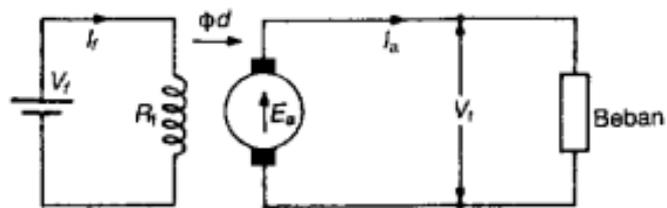


dengan arus yang diberikan untuk penguat magnet tidak terikat antara satu dengan lainnya secara kelistrikan.⁵



Gambar 1. Rangkaian Motor Penguat Terpisah

Gambar 2.19 Motor DC Penguat terpisah



Gambar 2.20 Rangkaian Ekuivalen Motor DC 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

⁵ Zuhail. 1988. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.



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:¹⁰

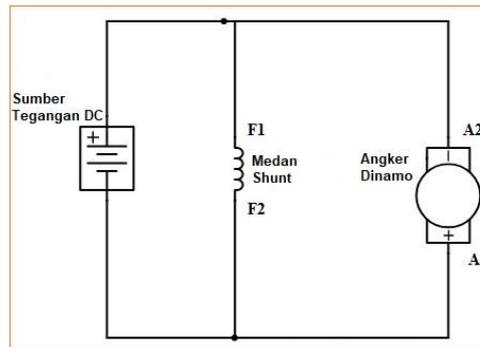
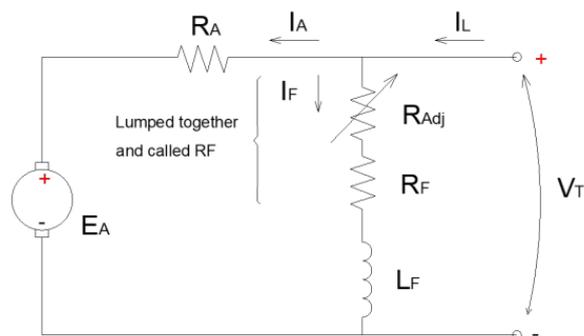


Diagram Rangkaian Motor DC Shunt

Gambar 2.21 Motor DC Shunt



Gambar 2.22 Rangkaian Ekuivalen 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:

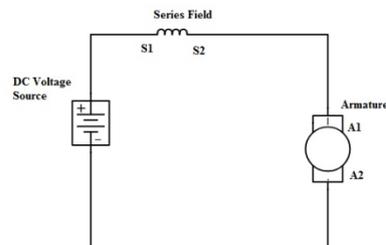
¹⁰ Saprianto. *Analisis Arus Start Dan Torque Motor DC Shunt Saat Berbeban*, Jurnal Teknik, Vol.16, No. 1.



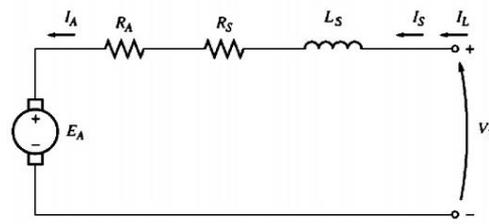
- Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga *torque* tertentu setelah kecepatannya berkurang) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
 - Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan 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. Perubahan kecepatan hanya sekitar 10%. Misalnya untuk pemakaian kipas angin, blower, pompa centrifugal, elevator, pengaduk, mesin cetak, dan juga untuk pengerjaan kayu dan logam.
- 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:⁵



Gambar 2.23 Motor DC seri



Gambar 2.24 Rangkaian Ekuivalen Motor DC 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

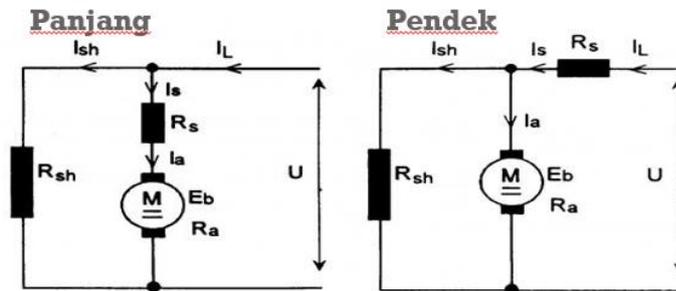
⁵ Zuhail, Op.cit, hal 84.



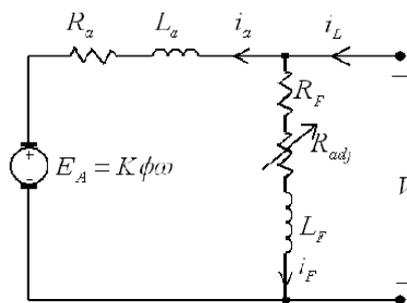
pada salah satu ujung dari kumparan medan yang seri dan ujung lain dari kumparan armature yang terkoneksi dengan brush.

c. Motor Kompon

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 konstan.



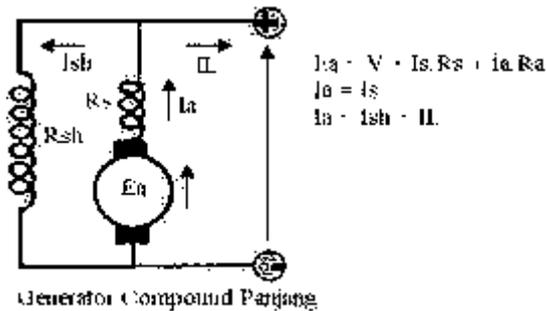
Gambar 2.25 Motor DC Kompon



Gambar 2.26 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon

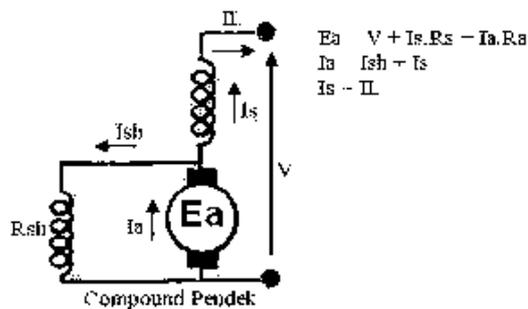


Karakter dari motor DC tipe kompon/gabungan ini adalah, makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Pada motor kompon mempunyai dua buah kumparan medan dihubungkan seri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



Gambar 2.27 Motor DC Kompon Gabungan

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



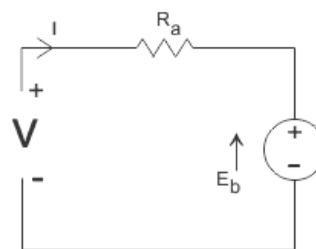
Gambar 2.28 Motor DC Shunt Dengan Tambahan Penguat Seri

d. Motor DC Magnet Permanent (PMDC Motor)

A Motor yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik dikenal sebagai motor DC. Hampir semua jenis motor DC memiliki mekanisme internal, baik elektromekanik maupun



elektronik, yang mengubah arah arus pada suatu bagian motor secara berkala. Motor DC Magnet Permanen (PMDC) adalah motor DC dengan kutub magnet permanen. Magnet dimagnetisasi secara radial dan ditempatkan pada sisi dalam stator baja silinder. Motor ini tidak memiliki kumparan medan. Ini menghasilkan torsi dengan interaksi fluks jangkar dan fluks permanen. Pada dasarnya, magnet permanen digunakan untuk membangkitkan medan magnet yang diperlukan untuk pengoperasian motor DC. Sebuah angker berputar di dalam medan magnet di motor PMDC. Magnet digunakan untuk menciptakan medan magnet. Ini mungkin elektromagnet atau magnet permanen, tergantung pada jenis magnet yang digunakan. Antara fluks medan angker dan fluks medan magnet permanen, terjadi induksi magnet. Torsi dihasilkan oleh interaksi fluks ini. Motor dengan magnet permanen memiliki keunggulan. Motor jenis ini tidak lagi memerlukan suplai listrik untuk pembangkit medan statornya dan fluks medan magnetnya relatif konstan. Selain itu, ukuran motor juga dapat dibuat lebih kecil dan bobotnya lebih ringan



Gambar 2.29 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Magnet Permanen

2.9.4 Torsi

Momen gaya atau torsi dapat didefinisikan dengan beberapa pengertian:

1. Torsi adalah gaya pada sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar.



2. Torsi disebut juga momen gaya.
3. Momen gaya/torsi bernilai positif untuk gaya yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar searah dengan putaran jam, dan sebaliknya
4. Setiap gaya yang arahnya tidak berpusat pada sumbu putar benda atau titik massa benda dapat dikatakan memberikan Torsi pada benda tersebut.

Torsi atau momen gaya dirumuskan dengan:¹¹

$$T = F \times r \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

T = Momen Gaya (Nm)

F = Gaya yang diberikan (N)

r = Jari-jari dari poros motor ke pinggir pulley (m)

Untuk menghitung Daya Mekanik

$$P_m = T \times \omega \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \dots \dots \dots (2.8)$$

Sedangkan untuk menghitung Daya Masukan

$$P_{IN} = V_{IN} \times I_{IN} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

P_m = Daya Mekanik (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan Angular (rad/s)

n = Rotasi Per Menit (RPM)

P_{IN} = Daya Masukan (Watt)

V_{IN} = Tegangan Masukan (Volt)

I_{IN} = Arus Masukan (Ampere)

¹¹ Afyah Shuhufam. *Studi Eksperimen Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius dengan Penempatan Silinder Sirkular di Depan Returning Blade Turbin Pada Jarak S/D =2.6*, Jurnal Teknik ITS, Vol. 9, No. 2.



2.10 Adaptor

Adaptor adalah sebuah rangkaian yang berguna untuk mengubah tegangan AC yang tinggi menjadi DC yang rendah. Adaptor merupakan sebuah alternatif pengganti dari tegangan DC, karena penggunaan tegangan AC lebih lama dan setiap orang dapat menggunakannya asalkan ada aliran listrik di tempat tersebut. Adaptor juga banyak di gunakan dalam alat sebagai catu daya, seperti amplifier, radio, televisi mini dan perangkat elektronik lainnya.



Gambar 2.30 Adaptor

2.11 Roda Gigi (Gear)

Roda gigi adalah roda yang berguna untuk mentransmisikan daya besar atau putaran yang cepat. Rodanya dibuat bergerigi dan berbentuk silinder atau kerucut yang saling bersinggungan pada kelilingnya agar jika salah satu diputar maka yang lain akan ikut berputar (Foley, Vernard et al,1982). Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Secara umum pengguna kendaraan bermotor menyukai mobil yang menggunakan mesin dengan efisiensi tinggi, sehingga diperlukan transmisi daya yang unggul. Industri mobil merupakan salah satu perusahaan manufaktur skala besar yang cukup banyak menggunakan roda gigi. Roda Gigi Lurus adalah roda gigi paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar poros. Contohnya pada gear box pada mesin.



Gambar 2.31 Gear box

2.12 Arduino IDE



Gambar 2.32 Logo Software Arduino

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat *sketch* pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada *board* yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-*upload* ke *board* yang ditentukan, dan meng-*coding* program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library* C/C++ (*wiring*), yang membuat operasi *input/output* lebih mudah. *Sketch* adalah program yang ditulis dengan menggunakan Arduino IDE. *Sketch* yang disimpan akan memiliki ekstensi file **.ino**. Kemudian dalam penulisan program pada arduino IDE ini ada beberapa stuktur dasar.¹³ Setiap program arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada dalam setiap program yaitu:

¹³ Arga. *Pengertian Arduino Uno*. <https://pintarelektro.com>. Diakses pada tanggal 12 Mei 2022.



```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

Gambar 2.33 Sketch Arduino

1. *Void setup (){}*

Void setup merupakan fungsi yang hanya menjalankan program yang ada didalam kurung kurawal sebanyak 1 kali.

2. *Void loop (){}*

Fungsi ini akan dijalankan setelah *setup* (fungsi *void setup*) selesai, setelah dijalankan 1 kali, fungsi ini akan dijalankan lagi dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (*power*) dilepaskan.

2.13 Blynk

Blynk adalah platform untuk aplikasi OS Mobile (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali module *Arduino*, *Raspberry Pi*, *ESP8266*, *WEMOS D1*, dan module sejenisnya melalui Internet.¹³



Gambar 2.34 Logo Software Blynk

¹³ Anonim. *Mengenal Aplikasi BLYNK Untuk Fungsi IOT*. <https://www.nyebarilmu.com/mengenal-aplikasi-blynk-untuk-fungsi-iot/>. Diakses pada tanggal 21 Juli 2022.



2.14 Tachometer

Alat Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (RPM) dari poros engkol mesin (Rana et al., 2016). Kata tachometer berasal dari kata Yunani tachos yang berarti kecepatan dan metron yang berarti untuk mengukur (Ferdous et al., 2010). Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan dial, jarum yang menunjukkan pembacaan saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya. Pada masa kini telah diproduksi alat tachometer digital yang memberikan pembacaan numerik tepat dan akurat dibandingkan menggunakan dial dan jarum. Batas ukuran terkecil pada alat tachometer yaitu 0,011/min (Hung-jun, 2009). Prinsip kerja dari alat tachometer adalah alat menunjukkan RPM mesin dengan mengukur rasi poros mesin perangkat menyerupai generator listrik yang bervariasi sesuai dengan kecepatan putaran mesin. Arus listrik yang dihasilkan ini kemudian di konversikan dalam RPM (Restivo et al., 2011).



Gambar 2.35 Tachometer