



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Roasting* (Penyangraian)

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 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 Rost* suhu yang diperlukan 193 °C hingga 199 °C untuk menghilangkan 3-5% kadar air



Gambar 2.1 Hasil *Light Roasting*

2. *Medium Rost* suhu yang diperlukan 204 °C untuk menghilangkan 5-8 % kadar air



Gambar 2.2 Hasil *Medium Roasting*

3. *Dark Rost* suhu yang diperlukan 204 °C hingga 221 °C untuk menghilangkan 8-14% , kadar air



Gambar 2.3 Hasil *Dark Rosting*

Jenis Penyangrai berbentuk oven yang dijalankan dengan cara batch atau *continous*. Pemanasan dikerjakan pada tekanan atmosfer dengan memanfaatkan ruang hawa panas atau gas pembakaran. Bentuk yang paling sering digunakan akan disesuaikan pada penyampaian dengan cara batch ataupun continuous adalah drum horizontal yang mampu berputar. Kebanyakan biji kopi diputar sealiran dengan hawa panas lewat drum ini, kecuali pada sebagian *roaster* di mana 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*.



Politeknik Negeri Sriwijaya

Tingkat penyangraian dibagi kepada 3 tingkatan yang terdiri dari ringan (*light*) medium dan gelap (*dark*). Dengan cara laboratoris tingkat kecerahan warna biji kopi sangrai diukur menggunakan pembeda warna Lovibond. Biji kopi green bean sebelum disangrai memiliki warna permukaan kehijauan yang berfungsi memantulkan sinar yang lovibondnya antara rentang 60-65. Terhadap penyangraian ringan (*light*), sebagian warna permukaan biji kopi beralih menjadi warna kecoklatan dan nilai lovibodnya turun jadi 40-45. Apabila proses penyangraian dilanjutkan dengan proses medium, nilai lovibond nya menyusut drastis ke kisaran 38-40. Pada proses penyangraian gelap, warna biji kopi sangrai semakin jelas mampu menuju ke warna hitam dikarenakan senyawa hidrokarbon teripolisis berubah menjadi unsur karbon. Sedangkan senyawa hidrokarbon teripolisis berubah menjadi unsur karbon. Sedangkan senyawa gula menghadapi proses karamelisasi dan menghasilkan lovibond biji kopi sangrai 34-35. Rentang suhu sangrai pada tingkat sangrai ringan yakni antara 190-195 °C, pada tingkat sangrai medium yaitu sedikit diatas 200 °C dan pada tingkat sangrai gelap (*dark*) yaitu diatas 205 °C.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya (cahaya) menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotolistrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor (panas) seperti mesin stirling atau lainnya.¹

¹ Tri Joko Pranomo, dkk, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Sistem Otomatisasi Pengaturan Pengisian Batere Pembangkit Listrik Tenaga surya"



Gambar 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Indonesia memiliki karunia sinar matahari yang hampir sepanjang tahun ada karena Indonesia terletak di wilayah katulistiwa. Hampir di setiap pelosok Indonesia, matahari menyinari sepanjang pagi sampai sore. Energi matahari yang dipancarkan dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya / solar cell. Pembangkit listrik tenaga surya termasuk pembangkit listrik ramah lingkungan, dan sangat menjanjikan. Sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan pembangkit listrik menggunakan uap (dengan minyak dan batubara). Perkembangan teknologi dalam membuat panel surya / solar cell semakin hari semakin lebih baik terutama dalam meningkatkan tingkat efisiensi, pembuatan aki yang tahan lama, pembuatan alat elektronik yang dapat menggunakan Direct Current. Pada saat ini penggunaan tenaga matahari (solar cell) masih mahal karena tidak adanya subsidi dari pemerintah.

2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.3.1 Photovoltaics (PV)

Panel Surya adalah alat konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal. Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari



Politeknik Negeri Sriwijaya

merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan.² Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik".

Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi. Sel Surya (*Photovoltaic*) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri maupun parallel, untuk meningkatkan tegangan maupun arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. *Solar cell* terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap *photon* dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* berupa daya listrik DC yang kemudian akan dikonversikan menjadi daya listrik AC.

Suatu modul *photovoltaic* tersusun dari beberapa sel *photovoltaic* yang dihubungkan secara seri dan paralel membentuk baris dan kolom yang disebut dengan array. Sebuah modul *photovoltaic* umumnya terdiri dari 32-40 sel *photovoltaic*, tergantung pada ukuran modul. Jenis panel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar panel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:³

- Monokristal Silikon (Mono-crystalline Silicon). Monokristal merupakan panel (modul) yang paling efisien, yaitu mencapai angka sebesar 16-20%. Panel surya monokristal juga dikenal sebagai sel-sel kristal tunggal. Monokristal sangat mudah diidentifikasi karena berwarna hitam pekat. Sel monokristal terbuat dari bentuk silikon yang sangat murni, membuatnya

² Rifaldo Pido, dkk, "Analisa pengaruh Kenaikkan Temperatur Permukaan *Solar Cell* Terhadap Daya Output", Jurnal of Infrastructure & Science Engineering Vol.2, No.2, Oktober 2019, Hlm. 25-26

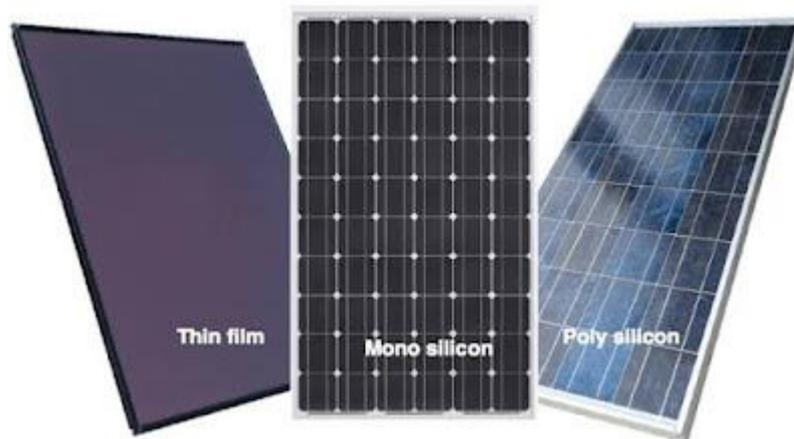
³ Tommy Alamsyah, dkk, "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel *Mono-Crystalline* dan *Poly-Crystalline* di Kota Pontianak dan Sekitarnya", Hlm. 2



Politeknik Negeri Sriwijaya

menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi. Selain itu, panel monokristal juga merupakan bentuk solar sel silikon yang paling hemat ruang. Selain itu juga keuntungan lainnya adalah menjadi sel yang bertahan paling lama dari semua sel surya berbasis silikon.

- **Polikristal Silikon (Poly-crystalline Silicon).** Polikristal merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe ini memiliki efisiensi sebesar 13-16%. Proses yang digunakan untuk membuat panel silikon polikristal lebih sederhana dan lebih murah. Jumlah limbah silikon yang dihasilkan juga lebih sedikit dibandingkan dengan silikon monokristal. Panel surya polikristal cenderung memiliki toleransi panas sedikit lebih rendah daripada panel surya monokristal. Secara teknis ini berarti bahwa polikristal performanya sedikit lebih buruk daripada panel surya monokristal pada suhu tinggi. Panas dapat mempengaruhi kinerja panel surya dan memperpendek masa hidupnya. Namun, efek ini kecil, dan sebagian besar pengguna tidak perlu khawatir.
- **Amorphous Silicon (Thin Film).** Amorphous atau amorf adalah tipe panel dengan harga yang paling murah akan tetapi efisiensinya paling rendah, yaitu antara 9-10%. Panel surya amorf tersusun atas sel surya silikon amorf yang termasuk dalam kategori silikon film tipis, di mana satu atau beberapa lapisan bahan fotovoltaik diendapkan ke substrat. Beberapa jenis sel surya film tipis memiliki potensi manfaat yang sangat besar. Kata “amorf” secara harfiah berarti tidak berbentuk, artinya bahan silikon tidak terstruktur atau mengkristal pada tingkat molekuler, seperti banyak jenis sel surya berbasis silikon lainnya. Kebanyakan kalkulator saku ditenagai oleh sel surya film tipis yang terbuat dari silikon amorf. Karena rendahnya output yang dihasilkan panel surya amorf maka pemakaiannya hanya untuk peralatan dengan daya kecil.



Gambar 2.5 Tipe-tipe modul panel surya yang beredar di pasaran

2.3.2 Solar Charge Controller (SCC)

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* 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.⁴

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

⁴ Khairul Akbar Yusri, "Analisis Daya yang Mampu di Hasilkan Panel Surya 600 WP di Politeknik Negeri Sriwijaya, (Laporan Akhir Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2021) Hlm.10-18

Politeknik Negeri Sriwijaya

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.



Gambar 2.6 *Solar Charge Controller*

2.3.3 Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (*charging*) dan mengosongkan (*discharging*), tergantung pada ada atau tidaknya sinar matahari. Selama ada sinar matahari, panel surya akan menghasilkan energi listrik. Apabila energi listrik yang dihasilkan tersebut akan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Sebaliknya selama matahari tidak ada, permintaan energi listrik akan disuplai oleh baterai. Proses pengisian dan pengosongan ini disebut satu siklus baterai.

Politeknik Negeri Sriwijaya

Baterai merupakan alat atau media untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya (Solar Panel) sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban dapat berupa lampu penerangan atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik.



Gambar 2.7 Baterai

2.3.4 Inverter

Inverter merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Pada PLTS, inverter berfungsi sebagai pengkondisi tenaga listrik (power condition) dan sistem kontrol yang merubah arus listrik searah(DC) yang dihasilkan oleh solar modul menjadi listrik arus bolak-balik (AC), yang nantinya akan mengontrol kualitas daya listrik yang dikeluarkan untuk dikirim ke beban atau jaringan listrik. Terdapat dua macam sistem inverter pada PLTS yaitu:

1. Inverter 1 fasa untuk sistem PLTS yang bebannya kecil.
2. Inverter 3 fasa untuk sistem PLTS yang besar dan terhubung dengan Jaringan PLN

Inverter adalah salah satu rangkaian alat elektronika yang memiliki kemampuan untuk mengubah listrik DC (Searah) menjadi listrik dengan aliran arus AC (Bolak-balik), atau pun sebaliknya. Dalam perkembangannya, inverter tidak hanya dapat digunakan untuk mengubah arus listrik saja akan tetapi juga dapat mengubah daya sesuai dengan frekuensi yang Anda inginkan. Dalam



Politeknik Negeri Sriwijaya

rangkaian inverter ini terdapat berbagai jenis pengaturan dari frekuensi, kecepatan, torsi dan lain sebagainya.

Untuk penggunaannya, inverter ini sangat berguna ketika digunakan di daerah yang memiliki pasokan listrik yang sangat terbatas. Sebab, inverter dapat mengubah arus listrik DC yang bisa didapatkan dari baterai, sel surya, aki, atau yang lainnya lalu diubah menjadi arus listrik yang bersifat bolak-balik atau AC. Sehingga dapat digunakan untuk menjalankan berbagai jenis alat elektronika

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Tipe *Off-Grid*

Sistem Off-Grid ini memungkinkan untuk menyimpan tenaga surya dalam baterai untuk digunakan ketika jaringan listrik mati atau jika tidak ada di jaringan. Sistem Off-Grid ini tidak dapat diharapkan memberikan daya untuk semua beban listrik yang digunakan karena biaya dan volume baterai akan menjadi penghalang. Sistem Off-Grid membutuhkan lebih banyak peralatan khusus yang lebih mahal dan lebih rumit untuk dipasang. Khususnya mereka memerlukan inverter sentral/string, meteran kWh dan baterai.⁵

2.5 Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Tipe *Off-Grid*

Panel surya mengubah energi cahaya panas matahari menjadi energi listrik DC dan disimpan ke dalam baterai melalui Solar Charge Controller, beban atau kebutuhan listrik akan di suplai dari energi listrik yang disimpan dalam baterai. Beban atau kebutuhan sistem Off Grid bisa DC dan bisa juga AC, Solar Charge Controller sudah ada yang menyediakan Output untuk beban yang bertegangan DC. Komponen PLTS *Off-Grid* terdiri dari Panel Surya sebagai pengubah energi cahaya panas matahari Solar Charge Controller sebagai pengatur pengisian arus ke baterai,

⁵ Aas Wasri Hasanah, dkk, "Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid di STT-PLN, Jurnal Energi dan Kelistrikan, Vol.10, No.2, September 2018, Hal.95



Politeknik Negeri Sriwijaya

Baterai / Accu sebagai penyimpanan energi hasil produksi panel surya dan Inverter sebagai pengubah tegangan DC to AC.

Panel surya mengubah energi cahaya panas matahari menjadi energi listrik DC dan disimpan ke dalam baterai melalui Solar Charge Controller, beban atau kebutuhan listrik akan di suplai dari energi listrik yang disimpan dalam baterai. Beban atau kebutuhan sistem Off Grid bisa DC dan bisa juga AC, Solar Charge Controller sudah ada yang menyediakan Output untuk beban yang bertegangan DC, untuk beban AC 220V maka perlu ada tambahan Inverter untuk mengubah arus DC menjadi AC 220V.

2.6 Faktor Pengisian

Faktor pengisi adalah ukuran kualitas dari sel surya dapat diketahui dengan membandingkan daya maksimum teoritis dan daya output pada tegangan rangkaian terbuka dan hubungan pendek. Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar $I_{sc} \times V_{oc}$ dari daya maksimum $V_m \times I_m$ yang dihasilkan sel surya.⁶

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots \dots \dots (1)$$

- Dengan:
- FF = Faktor pengisi
 - V_m = Tegangan maksimum (V)
 - I_m = Arus maksimum (A)
 - V_{oc} = Rangkaian tegangan terbuka (V)
 - I_{sc} = Arus hubung singkat (A)

Sukhatme dkk (2008), Daya keluaran (P_{out}) pada sel surya yaitu besaran nilai dari hasil perkalian antara tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}). dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung dengan persamaan:

⁶ Rifaldo Pido, dkk, "Analisa pengaruh Kenaikkan Temperatur Permukaan *Solar Cell* Terhadap Daya Output", Jurnal of Infrastructure & Science Engineering Vol.2, No.2, Oktober 2019, Hlm. 33



$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(2)$$

Dengan: P_{out} = Daya keluaran (W)

V_{oc} = Rangkaian tegangan terbuka (V)

I_{sc} = Arus hubung singkat (A)

FF = Faktor pengisi

2.7 Baterai Pada PLTS⁷

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (charging) dan mengosongkan (discharging), tergantung pada ada atau tidaknya sinar matahari. Selama ada sinar matahari, panel surya akan menghasilkan energi listrik. Apabila energi listrik yang dihasilkan tersebut akan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Sebaliknya selama matahari tidak ada, permintaan energi listrik akan disuplai oleh baterai. Proses pengisian dan pengosongan ini disebut satu siklus baterai.

Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam sistem PLTS yang memegang peranan penting sebagai sumber listrik, yang apabila lemah/soak seringkali menjadi penyebab terganggunya sistem PLTS, bahkan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen-komponen lainnya, baik dalam aplikasi *Solar Home System* maupun dalam aplikasi lampu Jalan Tenaga Surya.

2.7.1 Jenis-Jenis Baterai

Baterai menyimpan energy listrik yang dihasilkan modul surya pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energy listrik pada saat modul surya tidak dapat lagi menghasilkanenergy listrik. Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan atau

⁷ Ibid, Hlm 39



Politeknik Negeri Sriwijaya

mendung. Apabila terjadi daya energi beban di konsumen yang berlebih di waktu siang hari, baterai dapat difungsikan untuk menambah beban yang dihasilkan oleh modul surya. Sifat baterai adalah menyimpan dan mengeluarkan energi dari proses reaksi kimia. Proses penyimpanan dan pengeluaran daya energy dalam besaran satuan wattjam (watthour) listrik. Pengeluaran ini nantinya akan dipulihkan seperti semula disaat pengisian (charging) dari modul surya. Baterai terbentuk oleh sekelompok elemen atau sel yang diletakan secara seri. Baterai timbal-asam terdiri dari dua elektroda timbal yang berada dalam larutan elektrolit air dan asam sulfat. Baterai yang paling umum dalam aplikasi surya fotovoltaik mempunyai tegangan nominal sebanyak 2 Volt, 12 Volt dan 24 Volt . untuk sebuah baterai dengan tegangan 12 Volt akan berisi 6 sel secara seri.

Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam system fotovoltaik meliputi:

1. Untuk memberikan daya energi (Wattjam) kepada sistem pembagian listrik tenaga surya ketika daya energi tidak disediakan oleh PV array panel-panel surya.
2. Untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel surya setiap kali daya itu melebihi beban.

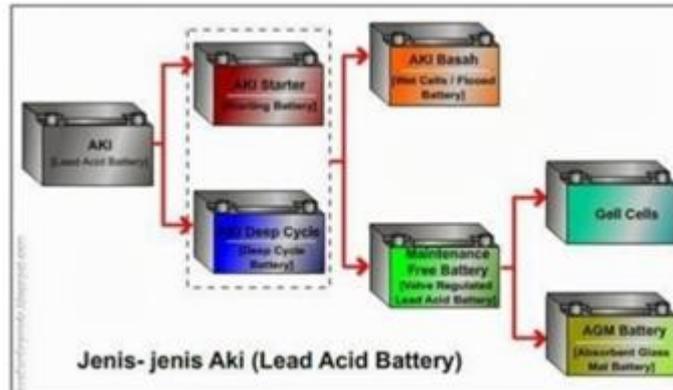
Baterai tersebut mengalami proses siklus menyimpan dan mengeluarkan daya energi, tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama waktu matahari ada, modul surya menghasilkan arus listrik dalam satuan Ampere jam dengan segera dipergunakan untuk pengisian baterai. Apabila tidak adanya matahari pada malam hari khususnya permintaan akan daya energi watthour dari kapasitas baterai Amperhours dengan tegangan nominal baterai 2 Volt atau 12 Volt. Siklus penyimpanan Amperjam akan terjadi setiap kali sesuai intensitas iradiasi matahari dan mengeluarkan Amperjam terjadi setiap kali sesuai dengan penggunaan daya listrik untuk melayani beban konsumen, jika ada sinar matahari dengan iradiasi yang cukup, baterai akan menyimpan Amperjam



Politeknik Negeri Sriwijaya

(Ah) yang cukup dan pelayanan bebannya akan menjadi ringan. Oleh karena itu fungsi baterai pada malam hari akan mengeluarkan jumlah total daya wattjam yang diperlukan dari Amperehours dikalikan dengan total tegangan baterai yang 48 Volt.

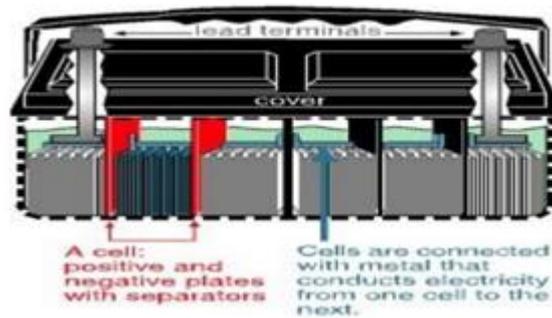
Jika baterai tidak menyimpan cukup Amperehours dan tegangan daya energi, maka tidak bisa memenuhi permintaan untuk melayani beban pada pengguna. Apabila tidak adanya matahari, sistem akan kehabisan Amperjam dan tegangan menurun ketitik terendah dan tidak siap memenuhi kebutuhan penggunaan energi Wattjam. Jika baterai tidak menyimpan cukup daya untuk memenuhi permintaan selama periode tidak adanya matahari, sistem akan kehabisan daya dan tidak siap memenuhi konsumsi. Salah satu cara dengan melakukan perkiraan jumlah hari dimana sistem beroperasi secara mandiri atau number of days of autonomy 3 sampai dengan 4 hari untuk menjamin pengaturan pengisian baterai (charging) dan pengeluaran (discharge) baterai yang baik. Untuk state of charge (SOC) baterai diukur berdasarkan pada tegangan sebenarnya dari baterai. Dengan mengukur tegangan baterai dan deprogram dengan tipe teknologi penyimpanan yang digunakan oleh baterai, pengatur bisa mengetahui titik tepat dimana baterai akan mengalami pengisian (charge) sesuai dengan sinar matahari bersinar penuh atau pengeluaran (discharge) yang berlebihan sesuai kebutuhan melayani beban listrik. Menurut bentuk struktur baterai dikelompokkan yang terdiri dari baterai stater dan baterai deep cycle seperti ditunjukkan pada gambar 2.8 mengenai jenis-jenis Baterai.



Gambar 2.8 Jenis-Jenis Baterai

2.7.1.1 Baterai *Deep Cycle*

Baterai deep cycle dirancang untuk menghasilkan energy arus listrik yang stabil sebesar tidak sebesar starting battery namun dalam waktu yang lama. Baterai jenis ini ta n terhadap siklus pengisian-pengosongan baterai yang berulang- ulang. Deep cycle karena konstruksinya menggunakan pelat yang lebih tebal dan memungkinkan untuk melepaskan energi dalam selang waktu yang panjang. Baterai deep cycle tidak dapat melepaskan energi listrik secepat dan sebesar baterai starter. Semakin tebal pelat baterai semakin panjang usia baterai yang dapat diharapkan. Jenis ini juga banyak digunakan pada proyek energi alternatif untuk menyimpan arus listrik seperti pada pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin. Jenis baterai deep cycle terdiri dari baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid Battery), Gel Cells Baterai dan Absorbent Glass Mat Battery (AGM Baterai). Seperti ditunjukkan pada gambar 2.9 mengenai kontruksi baterai *deep cycle*.



Gambar 2.9 Struktur Konstruksi Baterai *Deep Cycle*

2.7.1.2 Baterai VRLA⁸

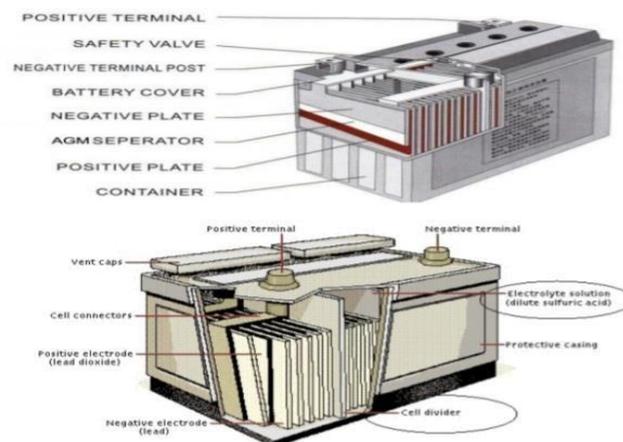
ImKotak baterai box yang tertutup rapat dan dilengkapi dengan sebuah jirswekvalue/k atub, yang akan terbuka jika tekanan gas hasil elektrolisa air melebihi suatu harga tekanan tertentu, untuk melepaskan gas keluar kontainer. Kontainer jenis ini lebih dikenal dengan VRLA (Valve regulated Lead Acid). Kontainer baterai VRLA tidak mempunyai penutup sel, dan bekerja pada tekanan konstan 1 sampai dengan 4 psi. tekanan ini membantu mengmbalikan 99% hydrogen dan oksigen yang terbentuk pada proses'1 charging/pengisian untuk kembali menjadi air. Jadi pada baterai VRLA tidak memungkinkan untuk dilakukan penambahan air. Jenis VRLA yang paling umum adalah Gel VRLA dan AGM VRLA. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.10 mengenai konstruksi baterai VRLA.



⁸ Abraham Tangkemandu, dkk, "Aplikasi Teknik listrik dan elektronika pada alat berat", Maret 2018, Hlm 43

Gambar 2.10 Kontruksi Baterai VRLA**2.7.1.3 Baterai AGM VRLA**

Baterai AGM berbeda dari flooded baterai asam baterai asam timbale dalam elektrolit diadakan di alas kaca, dibandingkan dengan bebas membanjir piring.sangat fiber kaca tipis yang ditunen menjadi matras untuk meningkatkan luas permukaan yang cukup untuk menahan elektrolit yang cukup pada sel-sel untuk seumur mereka (lifetime). Fiber yang membentuk matras kaca baik tidak baterai menyerap yang juga tidak terpengaruh oleh elektrolit asam. Alas ini diperas 2-5% setelah direndam dalam asam, sebelum penyelesaian memproduksi dan penyegelan. Dalam pelat AGM baterai mungkin apapun bentuknya. Beberapa yang datar, yang lain bengkak atau digulung. Baterai AGM, baik dalam siklus dan awal, yang dibangun dalam case persegi panjang dengan spesifikasi kode baterai BCI. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.22 mengenai Konstruksi Baterai AGM VRLA.

**Gambar 2.11** Kontruksi Baterai AGM VRLA



Politeknik Negeri Sriwijaya

2.7.1.4 Baterai / Aki Stater

Baterai stater adalah adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berbalik) dengan efisiensinya yang tinggi, yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengancara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Konstruksi baterai stater didalam wadahnya terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah, ruangan didalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan didalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam elektrolit.

Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan Amperhours (Ah). Jika pada kotak baterai tertulis 12 Volt 60 Ah, berarti baterai-baterai tersebut mempunyai tegangan 12 Volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 Ampere, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan kosong (habis). Kapasitas baterai tersebut juga dapat menjadi kosong setelah 2 jam jika arus pemakaian hanya 30 Ampere. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan baterai, dan sebaliknya, semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama pula baterai mengalami pengosongan. Besarnya kapasitas baterai sangat ditentukan oleh luas permukaan plat atau banyaknya plat baterai. Jadi dengan bertambahnya luas plat atau dengan bertambahnya jumlah plat baterai maka kapasitas baterai juga

Politeknik Negeri Sriwijaya

akan bertambah. Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh numlah daripada sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira-kira 2 sampai 2,1 Volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar tersebut adalah 12 Volt sampai 12,6 Volt. Biasanya setiap sel baterai ditandai dengan adanya satu lubang pada kotak accu bagian atas untuk mengisi elektrolit aki. Setiap sel terdiri dari beberapa plat positif dan plat negatif. Kedua plat tersebut dipisahkan oleh separator agar tidak terjadi hubungan langsung (hubungan singkat). Dalam setiap sel baterai jumlah plat negatif lebih satu jika dibandingkan dengan plat positif. Kotak baterai adalah wadah yang menampung elektrolit dan elemen baterai. Ruangan didalamnya dibagi menjadi ruangan sesuai dengan jumlah selnya. Pada kotak baterai terdapat garis tanda upper level dan lower level, sebagai indikator jumlah elektrolit. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.12 mengenai konstruksi baterai stater.



Gambar 2.12 Kontruksi Baterai Stater

2.7.1.5 Baterai *Gel* VRLA



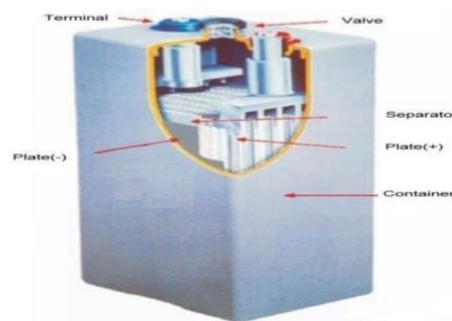
Politeknik Negeri Sriwijaya

Baterai Gel VRLA adalah baterai VRLA dengan elektrolit gelified, asam sulfat dicampur dengan silika diasapi, yang membuat massa yang dihasilkan menyerupai gel dan bisa bergerak. Berbeda dengan flooded baterai sel basah timbale asam, baterai ini tidak perlu disimpan tetap tegak. Baterai gel mengurangi penguapan elektrolit, tidak tumpah (dan masalah korsi berikutnya) bersamaan untuk baterai wet sel, dengan resistansi yang lebih besar untuk shock dan vibrasi. Kimia baterai gel VRLA basah baterai (non sealed) sama kecuali bahwa antimony dalam piring timbal digantikan oleh kalsium, dan rekombinasi gas dapat berlangsung. Baterai OPzV adalah konstruksi sel tunggal dengan tegangan nominal adalah 2 Volt. Misalkan kita mengambil OPzV2-200 “berarti sealed baterai GelOpzV tersebut mempunyai tegangan 2Volt dan 200 Ah. Baterai Gel OpzV memiliki struktur antara lain:

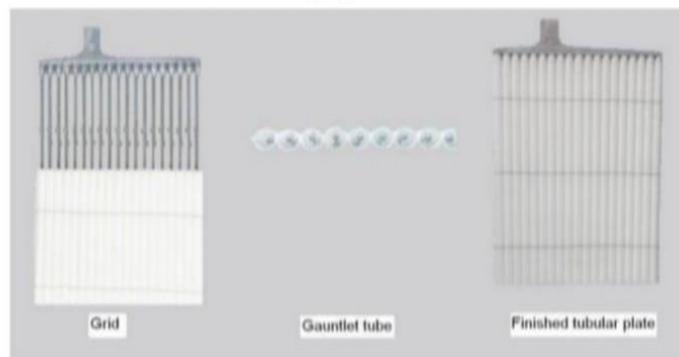
1. Plat Positif: Baterai mengadopsi piring positif tubular. Grid positif yang dibuat oleh die-casting teknik dengan tekanan 18 Mpa dan struktur silinder lebih kompak dan memberikan kebaikan korosi resistansi dengan ekstrim tinggi siklus harapan usia baterai dan umur baterai desain lebih lama dari 20 tahun.
2. Elektrolit : GEL terdiri SiO₂, yang merupakan sel cair yang disuntikkan dan sampai penuh ke dalam baterai dan akhirnya elektrolit menjadi tidak mengalir, tidak ada kebocoran, stratifikasi, dan keamanan yang lebih tinggi. Desain flooded elektrolit berisi lebih banyak elektrolit dari baterai AGM; ruang antara piring dan pemisah penuh elektrolit sehingga bisa disipasi panas yang baik, tahan terhadap pengisian berlebihan (overcharge), stabil terhadap suhu tinggi dan menghindari “pelepasan panas yang berlebihan“.
3. Kontainer baterai terbuat dari kekuatan tinggi. Dengan kualitas kontainer dan tutup disegel bersama-sama dengan perekat untuk memastikan kinerja penyegelan handal dalam pelayanan.

Politeknik Negeri Sriwijaya

4. Keselamatan valve katup pengaman sensitivitas tinggi memiliki kinerja yang stabil di flip-top ventilasi busi pers; bekerja sama dengan arrester api itu membuat baterai lebih aman dan telah rekombinasi tinggi efficiency electrolyte baterai ruang interior dapat memobilized dalam struktur GEL, sehingga lebih dari 25% kinerja baterai. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.13 dan 2.14 mengenai Tubular Deep Cycle Gel Baterai OPzV 2 Volt dan Plate Tubular Baterai Gel OPzV 2 Volt.



Gambar 2.13 *Tubular Deep Cycle Gel* Baterai OPzV 2 Volt



Gambar 2.14 *Plate Tubular* Baterai Gel OPzV 2 Volt

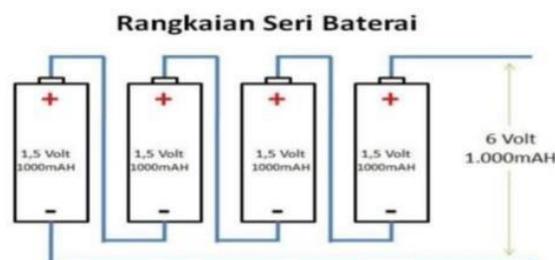
2.8 Prinsi Kerja Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan pada sistem solar cell yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energi listrik. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi arus searah. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (back up), yang biasanya dipergunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang disimpan pada baterai adalah ampere hour (Ah), yang diartikan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam. Namun dalam proses pengosongan (discharge), baterai tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimumnya, hal ini dikarenakan agar baterai dapat bertahan lebih lama usia pakainya, atau minimal tidak mengurangi usia pakai yang ditentukan.

2.9 Rangkaian Pada Baterai

2.9.1 Rangkaian Seri

Rangkaian seri atau modul surya akan meningkatkan tegangan (Voltage) keluarannya sedangkan kuat arus listriknya (Ampere) akan tetap sama. Contoh rangkaian listrik seri sumber arus searah dapat dilihat pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Rangkaian Seri Baterai

Dari Gambar diatas, 4 buah baterai masing-masing menghasilkan current atau kapasitas arus listrik (Ampere) yang sama seperti arus listrik pada 1 buah baterai, namun tegangan yang dihasilkannya menjadi 4 kali lipat dari tegangan



Politeknik Negeri Sriwijaya

1 buah baterai. Yang dimaksud dengan tegangan dalam elektronika adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik yang dinyatakan dalam satuan Volt.

Seperti yang digambarkan pada Gambar diatas, 4 buah baterai yang masing-masing bertegangan 1,5 Volt dan 1.000 miliampere per jam (mAh) akan menghasilkan 6 Volt tegangan tetapi kapasitas arus listriknya (Current) akan tetap yaitu 1.000 miliampere per jam (mAh).

Secara matematis dapat dituliskan:

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{bat1}} + V_{\text{bat2}} + V_{\text{bat3}} + V_{\text{bat4}} + \dots + V_n$$

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bat1}} + I_{\text{bat2}} + I_{\text{bat3}} + I_{\text{bat4}} + \dots + I_n$$

Dimana:

V_{tot} = tegangan total

V_{bat1} = tegangan baterai 1

V_{bat2} = tegangan baterai 2

V_{bat3} = tegangan baterai 3

V_{bat4} = tegangan baterai 4

V_n = tegangan baterai ke-n

I_{tot} = kuat arus total

I_{bat1} = kuat arus baterai 1

I_{bat2} = kuat arus baterai 2

I_{bat3} = kuat arus baterai 3

I_{bat4} = kuat arus baterai 4

I_n = kuat arus baterai ke-n

Sehingga: $V_{\text{tot}} = 1,5V + 1,5V + 1,5V + 1,5V$

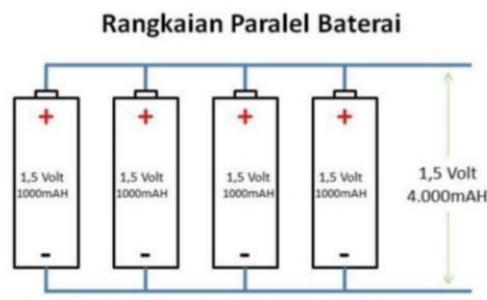
$$V_{\text{tot}} = 6V$$

Dan

$$I_{\text{tot}} = 1.000 \text{ mAh}$$

2.9.2 Rangkaian Pararel

Rangkaian parallel baterai atau modul surya akan meningkatkan Arus Listrik (Ampere) tetapi Tegangan (Voltage) output/keluarannya akan tetap sama. Contoh rangkaian listrik parallel sumber arus searah dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.16 Rangkaian Paralel Baterai

Dari 4 buah baterai pada gambar diatas, tegangan yang dihasilkan dari rangkaian parallel adalah sama yaitu 1,5 Volt tetapi *Current* atau kapasitas arus listrik yang dihasilkan adalah 4.000 mAh (miliampere per jam) yaitu total dari semua kapasitas arus listrik pada baterai.

Secara matematis dapat dituliskan:

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bat1}} + I_{\text{bat2}} + I_{\text{bat3}} + I_{\text{bat4}} + \dots I_n$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{bat1}} + V_{\text{bat2}} + V_{\text{bat3}} + V_{\text{bat4}} + \dots V_n$$

Sehingga:

$$I_{\text{tot}} = 1.000\text{mAh} + 1.000\text{mAh} + 1.000\text{mAh} + 1.000\text{mAh}$$



Politeknik Negeri Sriwijaya

$$I_{\text{tot}} = 4.000\text{mAh}$$

Dan

$$V_{\text{tot}} = 1,5 \text{ Volt}$$

2.10 Perhitungan Baterai

2.10.1 Perhitungan Berapa Lama Baterai / Aki Dapat Membackup Beban dan Lamanya Waktu Pengisian Baterai / Aki

Lamanya baterai dapat memback-up beban dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:⁹

$$Q = I \times T \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

Q = Muatan Listrik (Coloumb)

I = Arus (Ampere)

T = Waktu (Hour)

P = Beban (Watt)

Lamanya waktu pengisian baterai PLTS dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

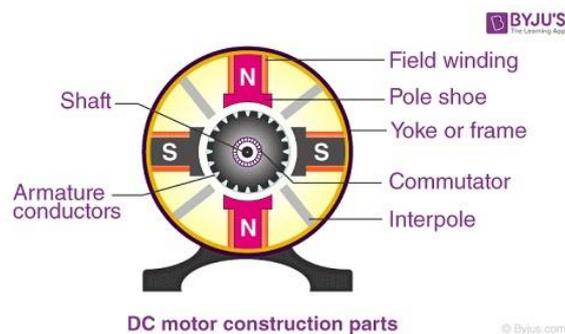
Lama Pengisian Baterai (Jam) =

$$\frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Besar Arus Charging (Ah)}} + (20\% \times \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Besar Arus Charging (Ah)}}) \dots \dots \dots (4)$$

2.11 Motor DC (Direct Current)

⁹ Indah Susanti, Rumiasih, Carlos RS dan Anton Firmansyah “Analisa Penentuan Kapasitas Baterai dan Pengisiannya pada Mobil Listrik” Jurnal Elektra, Vol.4, No.2, Juli 2019, Hal 29-37

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. Gerak atau putaran yang dihasilkan oleh motor arus searah diperoleh dari interaksi dua buah medan yang dihasilkan oleh bagian jangkar dan bagian medan dari motor arus searah.



Gambar 2.17 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. Berdasarkan sumber dayanya, motor listrik DC dibedakan menjadi dua, yaitu sumber daya terpisah dan sumber daya sendiri. 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.

2.11.1 Prinsip Kerja Motor DC



Politeknik Negeri Sriwijaya

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

Aturan genggam 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.

2.11.2 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 :

1. 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 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.
2. 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.



3. Komutator berguna untuk membalik arah arus listrik dari dalam dinamo. Dan juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

2.11.3 Jenis-Jenis Motor DC

Motor DC memiliki beberapa jenis seperti:

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.
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 bahawa 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:

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. Perubahan kecepatan hanya sekitar 10%. Misalnya untuk pemakaian kipas angin, blower, pompa centrifugal, elevator, pengaduk, mesin cetak, dan juga untuk pengerjaan kayu dan logam.
- 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:



Politeknik Negeri Sriwijaya

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.

b. 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 penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.. Dalam industri, motor ini digunakan untuk pekerjaan apa saja yang membutuhkan torsi besar dan kecepatan yang constant.

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 penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.

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

2.12 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 2.26 Roda Gigi

