

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Baterai

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam sel (Aslimeri 2008). Baterai berdasarkan pada proses yang terjadi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Primary battery Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan,
2. Secondary battery Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan baha aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel (Thowil Afif and Ayu Putri Pratiwi 2015).

2.1.1 Baterai Lithium

Salah satu tipe baterai sekunder yang banyak digunakan adalah *Lithium-Ion*. Baterai *Lithium-Ion* memiliki densitas energi dan tegangan yang tinggi serta memiliki siklus hidup yang panjang (Linden and Reddy 2002). Bahan yang umum digunakan sebagai katoda pada baterai *Lithium-Ion* adalah lithium cobalt oxide (LiCoO_2), tetapi unsur kobalt yang terkandung dalam LiCoO_2 merupakan logam

berat yang berbahaya untuk lingkungan, memiliki harga yang mahal, bersifat reaktif dan tidak stabil pada temperatur tinggi sehingga rentan terjadi *LEDakan*. Bahan alternatif yang dapat dijadikan sebagai pengganti LiCoO_2 adalah lithium iron phosphate (LiFePO_4). LiFePO_4 telah diperkenalkan sebagai bahan untuk katoda pada baterai *Lithium-Ion* sejak tahun 1997 (Behavior et al. 2017). karena memiliki keunggulan diantaranya memiliki biaya yang rendah, tidak bersifat reaktif, serta ramah lingkungan. Selain itu LiFePO_4 memiliki kapasitas spesifik yang lebih tinggi (170 mAh/g) dibandingkan LiCoO_2 (100 mAh/g) (Linden and Reddy 2002).

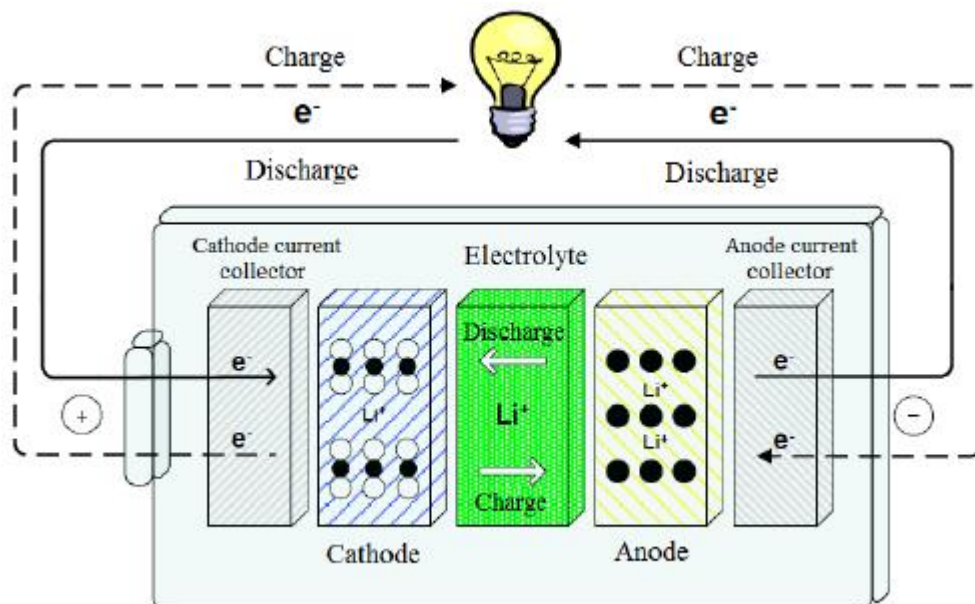


Gambar 2. 1 Baterai LiFePO_4 48volt 100Ah

Baterai yang dipakai pada penelitian ini adalah baterai LiFePO_4 48 volt berkapasitas sebesar 100 Ah.

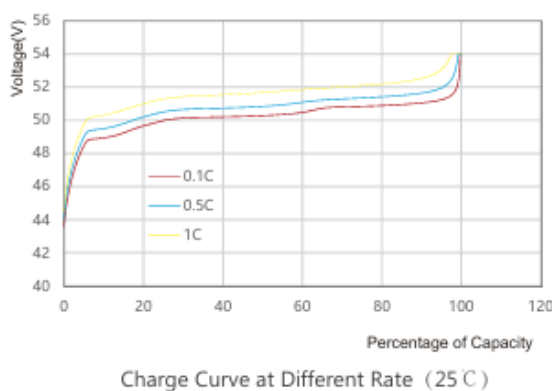
2.1.2 *Charge* dan *Discharge* Baterai

Dalam kondisi *Charge* dan *Discharge* baterai ion lithium bekerja menurut fenomena interkalasi, yaitu proses pelepasan ion lithium dari tempatnya di struktur kristal suatu bahan elektroda dan penyisipan ion lithium pada tempat di struktur kristal bahan elektroda yang lain. Selama *Discharge*, ion lithium bergerak dari elektroda negatif (anoda) ke elektroda positif (katoda) melalui separator dan elektrolit, menghasilkan densitas daya pada baterai. (Minah 2018)

Gambar 2. 2 *Charge dan Discharge* Baterai

Sumber: (Minah 2018)

Pada gambar 2.2 proses interkalasi elektron mengalir dalam arah yang sama dengan ion di sekitar sirkuit luar. Pergerakan ion dan elektron adalah proses yang saling berhubungan dan jika salah satu dari mereka berhenti maka yang lain juga berhenti. Reaksi yang terjadi pada sistem baterai ion lithium merupakan reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi pada katoda dan anoda baterai. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron oleh suatu molekul atau atom sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron pada suatu molekul.



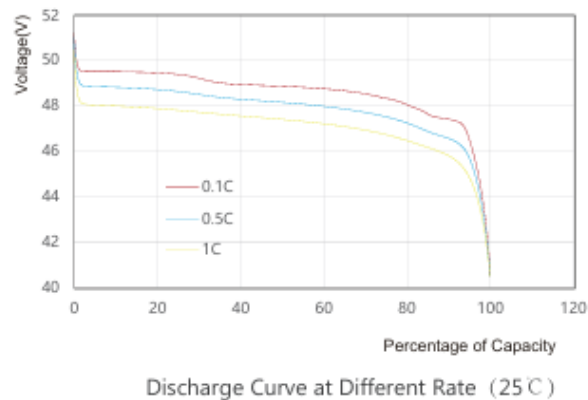
Gambar 2. 3 Grafik Tegangan Charge Terhadap SOC

Sumber: (Datasheet Baterai)

Gambar 2.3 menunjukkan kurva pengisian baterai (*charge curve*) pada tiga tingkat laju pengisian yang berbeda, yaitu 0.1C, 0.5C, dan 1C, pada suhu konstan 25°C. Grafik ini menggambarkan hubungan antara tegangan baterai (Volt) dan persentase kapasitas terisi (*State of Charge/SOC*) selama proses pengisian daya. Terlihat bahwa:

- Pada awal pengisian (0–10% *SOC*), tegangan meningkat cukup tajam, terutama pada laju pengisian yang lebih tinggi.
- Setelah itu, pada kisaran 10–90% *SOC*, tegangan cenderung meningkat secara perlahan dan stabil. Bagian ini mencerminkan fase *constant current (CC)* dari proses pengisian.
- Mendekati 100% *SOC*, terjadi lonjakan tegangan yang cukup signifikan, yang menunjukkan masuknya fase *constant voltage (CV)*, di mana arus pengisian mulai menurun untuk mencegah *overcharge*.

Kurva juga menunjukkan bahwa semakin tinggi laju pengisian (C-rate), tegangan rata-rata selama proses pengisian cenderung lebih tinggi. Sebagai contoh, pada 1C, tegangan lebih tinggi dibandingkan dengan 0.1C untuk kapasitas *SOC* yang sama. Hal ini disebabkan oleh peningkatan resistansi internal dan efek pemanasan selama pengisian cepat. Data ini penting untuk dijadikan acuan dalam merancang sistem pemantauan dan pengendalian pengisian baterai, agar tegangan tidak melebihi batas aman dan umur baterai tetap terjaga.



Gambar 2. 4 Grafik tegangan discharge terhadap *SOC*

Sumber: (Datasheet Baterai)

Gambar 2.4 memperlihatkan karakteristik kurva pengosongan daya (*discharge curve*) baterai pada tiga tingkat laju pengosongan yang berbeda, yaitu 0.1C, 0.5C, dan 1C, pada suhu lingkungan 25°C. Grafik ini menunjukkan hubungan antara tegangan (V) dan persentase kapasitas tersisa (*State of Charge/SOC*) selama proses pelepasan daya. Dari grafik dapat diamati beberapa hal penting:

- Pada awal pengosongan (0–10% *SOC*), terjadi penurunan tegangan yang cukup tajam akibat reaksi awal saat arus mulai ditarik dari baterai.
- Di antara kisaran 10% hingga 90% *SOC*, tegangan cenderung menurun secara perlahan dan relatif stabil. Bagian ini mencerminkan fase kerja normal baterai yang masih mampu memasok daya secara efisien.
- Setelah melewati 90% *SOC*, tegangan mulai menurun drastis hingga mencapai ambang batas bawah. Penurunan tajam ini menandai bahwa baterai hampir habis dan perlu dihentikan pengosongannya untuk mencegah kerusakan akibat *over-discharge*.

Selain itu, terlihat bahwa pada laju pengosongan yang lebih tinggi (misalnya 1C), tegangan lebih cepat turun dibandingkan dengan laju pengosongan rendah (0.1C). Hal ini disebabkan oleh resistansi internal baterai yang menyebabkan

voltage drop lebih besar saat arus pelepasan meningkat. Kurva ini penting sebagai acuan dalam sistem manajemen baterai, khususnya untuk menentukan batas bawah tegangan pemutusan (*cut-off*) dan memastikan pengosongan berhenti sebelum tegangan turun ke tingkat yang merusak sel baterai.

2.1.3 Overcharge dan Overdischarge

Overcharge terjadi ketika baterai terus menerima aliran listrik meskipun kapasitas maksimumnya telah tercapai. Kondisi ini menyebabkan peningkatan suhu pada baterai karena arus tetap masuk meski baterai sudah penuh. Jika dibiarkan, hal ini dapat merusak struktur internal baterai dan berisiko menimbulkan kebakaran atau ledakan. Sebaliknya, *overdischarge* terjadi saat baterai digunakan hingga melewati batas kapasitas minimumnya, atau dibiarkan dalam keadaan kosong terlalu lama tanpa pengisian ulang. Keadaan ini bisa merusak sel baterai dan memperpendek usia pakainya. Selain itu, pengisian berlebih juga dapat menimbulkan ketidakstabilan pada baterai, yang dalam jangka panjang bisa menyebabkan penurunan kapasitas bahkan kegagalan fungsi total. Oleh karena itu, penggunaan *Battery Management System* (BMS) sangat penting untuk mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai secara aman. BMS dirancang untuk mencegah kondisi pengisian maupun pengosongan yang ekstrem. Mengikuti panduan penggunaan dari produsen juga menjadi langkah penting untuk menjaga kinerja dan keselamatan baterai (Triwijaya 2023)



Gambar 2. 5 Kondisi *Overdischarge* Baterai

Gambar 2.5 menunjukkan kondisi *overdischarge* sel baterai *Lithium-Ion* yang sedang diuji. Terlihat bahwa pengukuran tegangan menggunakan multimeter digital menunjukkan nilai tegangan pada salah satu sel baterai 2.46 V, yang berada jauh di bawah ambang batas aman pengosongan sel *Lithium-Ion* (biasanya sekitar 2.7–3.0 V per sel). Kondisi ini menandakan bahwa sel baterai telah mengalami pengosongan yang berlebihan (*overdischarge*), yaitu di bawah tegangan minimum yang direkomendasikan oleh pabrik. *Overdischarge* dapat menyebabkan kerusakan permanen pada struktur kimia internal sel, menurunkan kapasitas, memperpendek umur pakai, hingga menimbulkan risiko keselamatan seperti pemanasan berlebih dan kebocoran. Pengujian ini menjadi bukti penting perlunya sistem proteksi pengosongan dalam sistem manajemen baterai (*Battery Management System/BMS*), untuk memutus arus beban saat tegangan sel mencapai batas minimum. Tanpa adanya proteksi, seperti yang tergambar pada kondisi ini, baterai sangat rentan mengalami kerusakan akibat pengosongan berlebihan.

2.1.4 *Cut-off Charge* dan *Discharge* Baterai

Pada sistem manajemen baterai, *cut-off Charge* dan *Discharge* merupakan fungsi penting yang bertujuan untuk melindungi baterai dari pengisian atau pengosongan yang berlebihan. Pengisian berlebihan (*overcharge*) dapat menyebabkan baterai mengalami panas berlebih dan kerusakan permanen, sedangkan pengosongan berlebihan (*overdischarge*) dapat mengakibatkan baterai tidak dapat diisi kembali dengan efektif atau bahkan rusak.

Untuk mencegah kondisi tersebut, batasan *cut-off* diatur berdasarkan *state of Charge (SOC)* baterai. Misalnya, baterai akan diputus pengisiannya jika *SOC* mencapai 100%, atau diputus pengosongannya jika *SOC* turun hingga mencapai batas minimum tertentu, seperti 20% atau 30%. Fungsi *cut-off* ini juga berperan untuk memperpanjang umur baterai dan menjaga kinerjanya agar tetap optimal dalam jangka panjang.

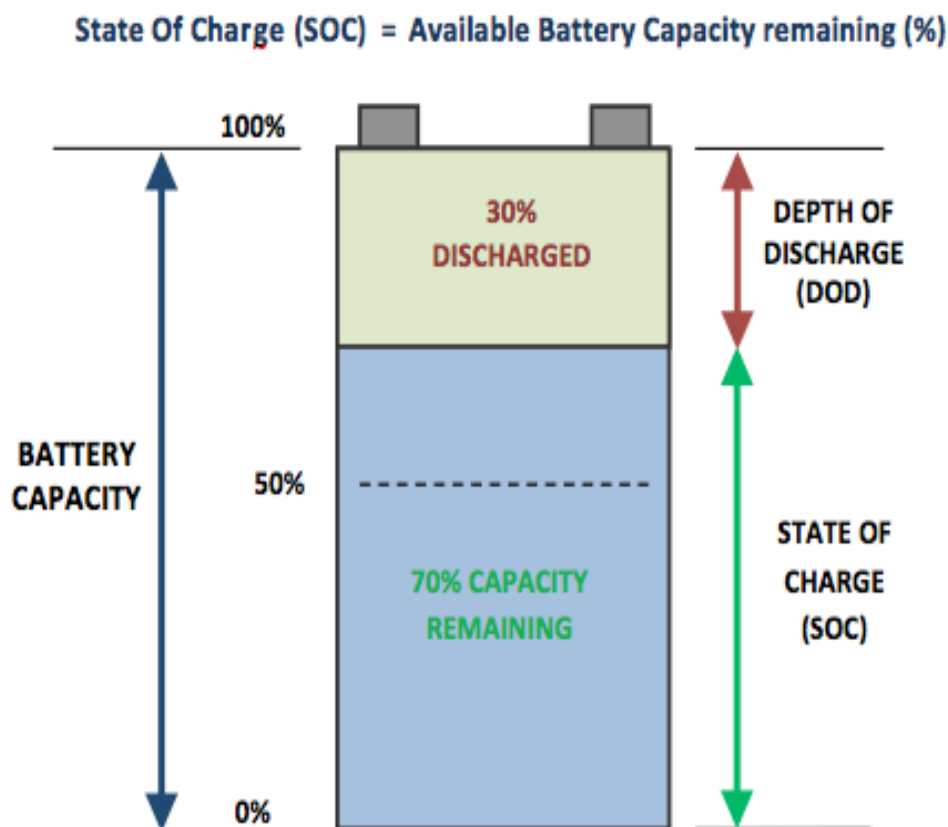
Dengan demikian, pengaturan *cut-off* menjadi salah satu komponen kunci dalam sistem manajemen baterai untuk kendaraan listrik, karena dapat mencegah kerusakan yang disebabkan oleh *overcharge* dan *overdischarge*, serta meningkatkan efisiensi pengoperasian kendaraan (Manfo 2024)

2.2 *State of Charge (SOC)*

State of Charge (SOC) merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kapasitas energi yang tersisa dalam sebuah baterai dibandingkan dengan kapasitas penuhnya. *SOC* dinyatakan dalam persentase, dengan nilai 0% menunjukkan bahwa baterai sepenuhnya kosong, dan 100% menandakan bahwa baterai terisi penuh. *SOC* berfungsi sebagai indikator utama dalam sistem manajemen baterai (*Battery Management System/BMS*) untuk memantau dan mengendalikan performa baterai

secara *real-time*.

SOC memiliki peranan penting dalam pengoperasian kendaraan listrik, karena mampu memberikan informasi tentang sisa energi yang tersedia. Dengan mengetahui nilai *SOC*, sistem dapat mengatur kapan proses pengisian dan pengosongan harus dilakukan, menjaga umur baterai, mencegah *overcharge* dan *overdischarge*, serta meningkatkan efisiensi energi dan keselamatan (Gevork B. Gharehpetian 2017).



Gambar 2. 6 *State of Charge (SOC)*

Sumber: (Gevork B. Gharehpetian 2017)

Gambar 2.6 menggambarkan konsep dasar *State of Charge (SOC)* sebagai indikator kapasitas energi baterai yang masih tersedia. Pada ilustrasi tersebut, *SOC* ditunjukkan sebesar **70%**, yang berarti baterai masih menyimpan 70% dari total kapasitas energinya, sementara 30% sisanya telah digunakan atau dikenal dengan

istilah *Depth of Discharge (DOD)*.

2.3 Coulomb Counting

Metode *Coulomb Counting* merupakan salah satu metode paling umum dan sederhana dalam estimasi *SOC* pada baterai *Lithium-Ion*. Metode ini bekerja dengan prinsip dasar menghitung jumlah total muatan listrik (dalam satuan Coulomb atau Ah) yang masuk atau keluar dari baterai sepanjang waktu. Arus listrik yang diukur selama proses pengisian (charging) atau pengosongan (discharging) dijumlahkan untuk memperkirakan perubahan nilai *SOC* dari waktu ke waktu (Alwi, 2023)

Perhitungan *SOC* menggunakan metode *Coulomb Counting* dirumuskan sebagai berikut:

$$SOC(t) = SOC(t-1) \pm (I \times \Delta t) / C_n \quad (2.1)$$

Keterangan:

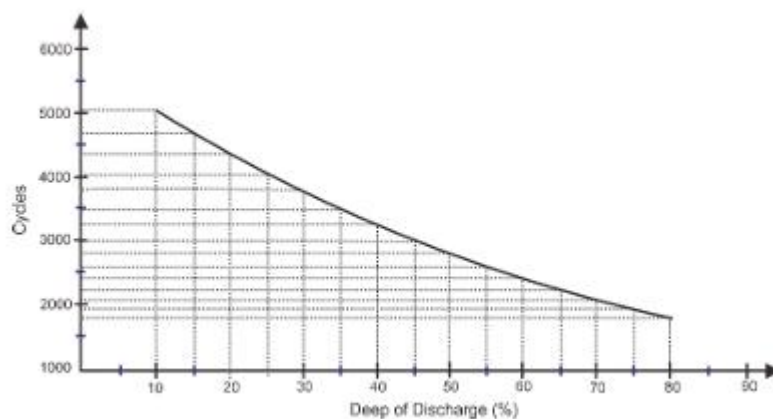
- $SOC(t)$: nilai *SOC* saat ini
- $SOC(t-1)$: nilai *SOC* sebelumnya (%)
- I : arus masuk/keluar (A)
- Δt : selang waktu (jam)
- C_n : kapasitas baterai aktual (72 Ah)

Jika arus (I) bernilai positif (proses pengisian), maka *SOC* akan bertambah. Sebaliknya, jika arus bernilai negatif (proses pengosongan), maka *SOC* akan berkurang. (Gevork B. Gharehpetian, 2017; Alwi, 2023)

Metode ini relatif mudah diterapkan secara *real-time* menggunakan sensor arus dan mikrokontroler. Namun, ketelitian estimasi sangat bergantung pada akurasi sensor arus dan kestabilan waktu pengambilan data, karena kesalahan kecil dalam pengukuran dapat terakumulasi seiring waktu.

2.4 DOD (Depth Of Discharge)

Depth of Discharge merupakan nilai yang digunakan untuk menggambarkan jumlah kapasitas baterai yang sudah digunakan. Ketentuan *Depth of Discharge* (*DOD*) merupakan batasan yang menentukan tingkat maksimum kedalaman *Discharge* yang dapat diterapkan pada baterai. Penentuan *DOD* berperan penting dalam menjaga masa pakai baterai tersebut. Semakin dalam *DOD* yang diterapkan pada baterai, maka semakin singkat pula masa pakai baterai tersebut (Furqon et al, 2022). Apabila suatu baterai memiliki nilai *SOC* sebesar 100%, maka *DOD* baterai sebesar 0%. Apabila suatu baterai memiliki nilai *SOC* sebesar 80% maka, baterai tersebut memiliki *DOD* sebesar 20%. Secara sederhana dapat dikatakan *DOD* merupakan kebalikan dari *SOC*, Apabila *SOC* menyatakan kapasitas baterai yang tersimpan, maka *DOD* menyatakan banyaknya kapasitas baterai yang sudah digunakan.



Gambar 2. 7 Grafik Deep Of Discharge

Sumber: (Rahmawan 2018)

Pada Gambar 2.6 menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman *DOD* semakin sedikit siklus hidup baterai yang bisa dilakukan. Jumlah siklus baterai akan bernilai sekitar 4000 kali dengan *DOD* yang digunakan sebesar 25%. Sedangkan untuk *DOD* sebesar 80% baterai akan memiliki siklus sekitar 1800 kali, angka ini setara

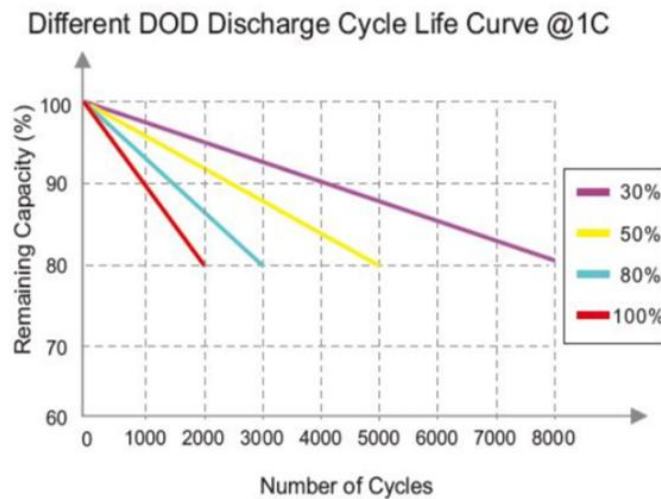
dengan 5 tahun. Pemilihan nilai *DOD* yang digunakan akan sangat penting untuk menentukan jumlah siklus atau umur baterai yang diinginkan. (Rahmawan 2018)

2.5 State Of Health

State of health (SOH) adalah rasio kondisi baterai saat ini terhadap kondisi ideal atau kapasitasnya ketika masih baru. *SOH* dinyatakan dalam persentase (%). *SOH* pada baterai akan mengalami penurunan yang terlihat dari perubahan kapasitas maksimal seiring dengan bertambahnya jumlah siklus pengisian dan pengosongan yang dilakukan. (Lubis et al. 2019)

2.6 Siklus Hidup Baterai

Siklus hidup baterai menunjukkan jumlah pengisian dan pengosongan (satu siklus) yang dapat diterima oleh sebuah baterai sebelum baterai tidak efektif lagi dalam menampung muatan listrik, dengan syarat penggunaan baterai yang normal dan sesuai aturan. Setelah melewati *life cycle* baterai, baterai masih bisa digunakan namun kapasitas pada baterai akan semakin berkurang (Rahmawan 2018). Apabila suatu baterai memiliki keterangan 3000 siklus, dengan 1 siklus terdiri dari 1 kali pengisian dan 1 kali pengosongan maka baterai tersebut dapat digunakan untuk 3000 kali pengisian dan 3000 kali pengosongan. Siklus ini akan memiliki nilai yang sama pada data sheet baterai dengan catatan baterai digunakan dengan normal sesuai dengan ketentuan.



Gambar 2. 8 Grafik kedalaman *DOD* terhadap siklus baterai

Sumber: (Wang et al. 2011)

Gambar 2..7 menunjukkan hubungan antara *Depth of Discharge (DOD)* terhadap siklus hidup baterai dan kapasitas yang tersisa setelah penggunaan berulang. Terlihat bahwa semakin tinggi nilai *DOD*, maka semakin cepat kapasitas baterai mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah siklus. Namun, jika dilihat lebih cermat, *DOD* 80% (ditunjukkan oleh garis berwarna biru) masih menunjukkan performa yang cukup layak dan efisien untuk penggunaan praktis, terutama dalam aplikasi kendaraan Listrik (Wang et al. 2011)

Pada *DOD* 80%, baterai mampu bertahan hingga sekitar 2000–2500 siklus sebelum kapasitasnya turun hingga mendekati 80%. Angka ini tergolong baik secara teknis dan ekonomis, mengingat banyak aplikasi kendaraan listrik hanya membutuhkan daya tahan baterai antara 1000–1500 siklus selama umur operasionalnya. Dibandingkan *DOD* 100% yang hanya mampu bertahan sekitar 500 siklus, *DOD* 80% memberikan kompromi ideal antara kapasitas yang tersedia dan usia pakai.

Penggunaan *DOD* 80% juga memberikan kapasitas penyimpanan energi yang lebih besar per siklus dibanding *DOD* 30% atau 50%, sehingga meningkatkan

efisiensi penggunaan baterai dalam sistem energi yang membutuhkan *Output* daya tinggi, seperti penggerak motor pada mobil listrik. Hal ini menjadi penting terutama ketika efisiensi ruang dan bobot sistem baterai harus dipertimbangkan.

Dengan mempertimbangkan jumlah siklus yang masih cukup panjang, kapasitas daya yang tinggi per siklus, serta keuntungan ruang dan bobot, maka penggunaan *DOD* 80% masih tergolong layak dan efisien, khususnya dalam sistem dengan kendali *SOC* berbasis *cut-off* untuk mencegah *overdischarge* di bawah 10% dan *overcharge* di atas 90%.

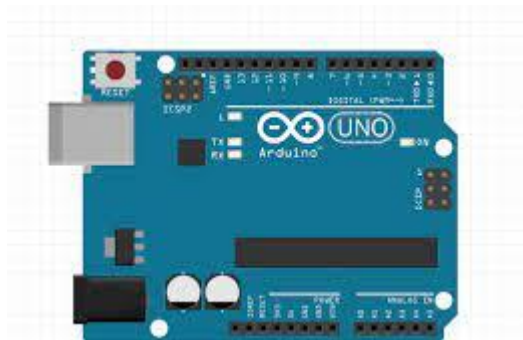
2.7 Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah sebuah komputer kecil (*special purpose computer*) di dalam satu *IC* yang berisi *CPU*, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, port *Input/Output*, dan ADC. Mikrokontroller digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program. Mikrokontroller juga merupakan salah satu komponen teknologi yang akan berperan penting di era revolusi industri 4.0, karena setiap ruang dan gerak pada produktivitas dunia industri akan dilayani oleh sistem mikrokontroller (Aminah, 2022). Mikrokontroller digunakan untuk memproses data arus dan tegangan baterai pada mobil saat kondisi pengosongan.

2.7.1 Arduino UNO

Arduino UNO yaitu sebuah mikrokontroler dibekali dengan Processor tipe ATmega328P yang bisa diprogram menggunakan komputer menggunakan bahasa pemrograman seperti bahasa pemrograman C. Pemrograman Arduino UNO dapat diakses menggunakan Arduino IDE. Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin *Input* dari *Output* digital dimana 6 pin *Input* tersebut dapat digunakan sebagai *Output* PWM dan 6 pin *Input* analog,

(Lubis et al. 2019)



Gambar 2. 9 Arduino Uno

Sumber: (wikipedia)

2.8 Sensor Arus ACS758

Cara kerja dari ACS758 arus mengalir melalui jalur konduksi tembaga ini menghasilkan medan magnet yang mengubah Hall IC menjadi tegangan proporsional. akurasi perangkat dioptimalkan melalui dekat dari sinyal magnetik ke *transducer Hall* (Minah 2018). Berikut adalah beberapa poin penting tentang ACS758-100B:

- Pengukuran Arus AC dan DC: Sensor ini mampu mengukur arus bolak-balik (AC) dan searah (DC).
- Rentang Arus: Dirancang untuk mengukur arus hingga 100A.
- Efek Hall: Menggunakan sensor Hall untuk mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus.
- *Output* Analog: Menghasilkan tegangan analog yang proporsional dengan arus yang diukur.
- Akurasi Tinggi: Didesain untuk memberikan akurasi tinggi dalam pengukuran arus.
- Aplikasi: Cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan pengukuran arus, seperti sistem daya, pengisian daya baterai, dan lainnya.



Gambar 2. 10 ACS758

Sumber: (Minah 2018)

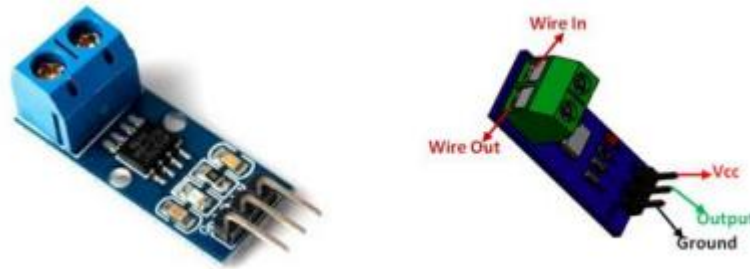
Spesifikasi ACS758 sebagai berikut:

- Tegangan operasi (analog) : 5V
- Maksimal Tegangan : 3000V (AC), 500V (DC)
- Maksimal Arus : 100A
- Sensitivitas : 40 mV/A
- Suhu operasi : -40 ~ 150 ° C
- Dimensi/ukuran : 34x34mm

2.9 Sensor Arus ACS712

Sama seperti ACS758, ACS712 adalah salah satu jenis sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran arus pada suatu objek, sensor ini bekerja berdasarkan prinsip efek hall, yaitu memanfaatkan medan magnet yang ada di sekitar arus yang

akan dikonversi menjadi tegangan yang linear dengan perubahan arus. (Minah 2018)



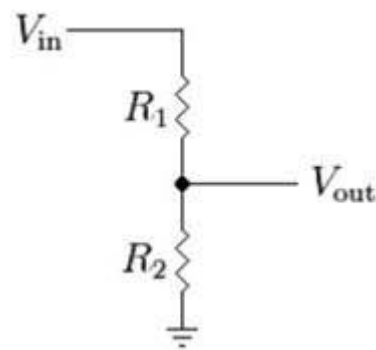
Gambar 2. 11 Sensor Arus ACS712

Sumber: (minah 2018)

Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. medan magnet dengan tranducer medan secara berdekatan.

2.10 Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan merupakan suatu rangkaian pembagi tegangan yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari pembagi tegangan ini adalah untuk membagi tegangan *Input* menjadi satu atau beberapa tegangan *Output* yang diperlukan oleh komponen lainnya di dalam rangkaian. (Jabbarhari, 2021)



Gambar 2. 12 Rangkaian Pembagi Tegangan

Sumber: (Putra et al, 2015)

Rangkaian pembagi tegangan biasanya dibentuk oleh rangkaian seri dari dua buah resistor, dengan sebuah sumber tegangan (Putra et al. 2015). Untuk mengetahui nilai resistor yang akan dipakai, dapat menggunakan rumus di bawah ini:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.2)$$

Keterangan :

V_{out} : Tegangan *Output*

V_{in} : Tegangan Sumber

R_1 : Resistor 1

R_2 : Resistor 2

2.11 Modul *Relay 2 Channel*

Modul *relay 2 channel* merupakan papan yang nyaman dan dapat digunakan untuk mengontrol tegangan yang lebih tinggi dari *coil*, beban arus tinggi seperti motor, katup *solenoid*, lampu dan beban AC dirancang seperti ini untuk memudahkan berinteraksi dengan mikrokontroler. Terminal *relay* yaitu COM, NO

dan NC dengan tegangan 5 VDC sedang diluar terminal itu juga dilengkapi dengan *LED* yang menunjukkan status *relay*. Pada gambar 2.8 menunjukkan gambar dari *relay* 4 chanel. (Pahlawan, 2020)



Gambar 2. 13 Modul *Relay* 2 channel

Sumber: (Pahlawan 2020)

Pada gambar di atas menunjukkan beberapa pin seperti VCC,IN2,IN1,GND digunakan sebagai *Inputan* dari mikronkontroler sedangkan NO,NC,COM digunakan sebagai keluaran menuju beban sesuai yang diperintahkan oleh mikrokontroler.

2.12 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. *LCD (Liquid Cristal Display)* adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. *LCD (Liquid Cristal Display)* berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik (Warjono et al. 2017)



Gambar 2. 14 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Sumber: (Warjono et al, 2017)

LCD yang digunakan adalah *LCD 20X4* yang mempunyai Pin kaki atau jalur *Input* dan kontrol, diantaranya adalah:

1. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan *LCD (Liquid Cristal Display)* dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit
2. Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukan data.
3. Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* menulis data sedangkan *high* membaca data.
4. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 K ohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke *LCD* sebesar 5 Volt.

2.13 Mobil Listrik

Mobil listrik merupakan suatu pengembangan dari mobil konvensional yang sudah ada saat ini. Mobil listrik diciptakan dengan tujuan mengurangi polusi yang disebabkan oleh kendaraan bahan bakar minyak (BBM) yang pada saat ini banyak

digunakan oleh masyarakat. Selain itu mobil listrik pula bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang semakin lama akan semakin habis di alam.



Gambar 2. 15 Mobil Listrik

Mobil listrik jauh lebih hemat energi dibandingkan dengan mobil berbahan bakar konvensional. Efisiensi keseluruhan mobil listrik adalah 48%, secara signifikan lebih baik dibandingkan dengan mobil berbahan bakar konvensional yang mencapai efisiensi sekitar 25%. Selain hemat energi, kendaraan listrik juga ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan gas buang atau bebas gas buang, sehingga udara di sekitarnya bisa lebih bersih. Tidak hanya itu, mobil listrik juga dirancang tidak mengeluarkan suara yang berisik beda halnya dengan mobil konvensional yang memiliki suara berisik ketika beroperasi, oleh karena itu mobil listrik dianggap mampu bersaing di dunia pasar. (Aldhi, 2023)

2.14 Penelitian Terkait

Di bawah ini adalah Tabel 2.1 yang menjelaskan tentang beberapa penelitian terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2. 1 Penelitian terkait

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Pembahasan
1	Estimasi State Of Charge (SOC) Pada Baterai Lead Acid Dengan Menggunakan Metode <i>Coulomb Counting</i> Pada PV Hybrid	Zainul Rahmawan	2018	Penelitian ini membahas tentang bagaimana menerapkan metode <i>Coulomb Counting</i> pada baterai Lead acid untuk memonitoring state of <i>Charge</i> baterai
2	Analisis State Of Charge Baterai Lithium Iron Phosphate Saat <i>Charge</i> Dan <i>Discharge</i> Untuk Electric Vehicle Menggunakan Metode Perhitungan Coulomb	Ikhwan Andika	2023	Jenis penelitian yang diterapkan dalam tugas akhir ini adalah penelitian eksperimental (experimental research). Metode yang dipakai adalah perhitungan coulomb untuk menentukan nilai state of <i>Chargenya</i>
3	Estimasi State Of Charge Dan State Of Health Pada	Nabila Alya Maulidina, Randy	2022	Pada penelitian ini dijelaskan tentang bagaimana cara

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Pembahasan
	Baterai Lithium Ion Dengan Metode Perhitungan Coulomb	Erfa Saputra, dan Casi Setianingsih		membuat sistem monitoring baterai yang berjenis <i>Lithium-Ion</i> dengan menemukan nilai state of <i>Charge</i> dan state of healt menggunakan metode perhitungan coulomb
4	Cycle-life Model For Graphite - LiFePo4 Cells	John Wang, Ping Liu, Jocelyn Hicks-Garner	2011	Jurnal ini membahas tentang bagaimana pengaruh siklus baterai terhadap kapasitasnya
5	Monitoring State Of <i>Charge</i> Pada Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Kalman Filter	Vicky Anugrah Jabbahari	2021	Penelitian ini membahas tentang sistem penyimpanan energi listrik cadangan dengan cahaya matahari sebagai sumbernya. Baterai menjadi hal yang cukup penting pada penelitian ini. Permasalahan yang sering muncul pada penggunaanya adalah seringnya

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Pembahasan
				terjadi <i>overcharge</i> dan <i>overdischarge</i> yang tentu saja berpengaruh pada kinerja baterai. Untuk menaggulangnya masalah tersebut dengan cara merancang sistem monitoring state of <i>Charge</i> pada baterai.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan perancangan alat estimasi *state of charge* baterai *Lithium-Ion* dengan fungsi *cut off charge* dan *Discharge* di atas, yang membedakan dengan penelitian terkait tersebut adalah pengimplementasiannya , baterai yang dipakai berkapasitas lebih besar juga penggunaan baterai terhadap mobil listrik yang memiliki arus yang cukup fluktuatif. Baterai pada mobil listrik tenaga surya yang penulis gunakan tidak memiliki display status pengisian dan pengosongan yang spesifik sehingga menyulitkan penggunaanya dalam manajemen penggunaan dan pengecasan baterai. Penggunaan baterai yang tidak teratur dapat menyebabkan siklus hidup baterai menjadi pendek.