

# Teknologi Sistem Kendaraan Listrik

Indonesia Electric Motor Show

28 – 30 Sept 2022

Assembly Hall - Jakarta Convention Center

Pusat Studi Kendaraan Listrik - Universitas Budi Luhur

[www.budiluhur.ac.id](http://www.budiluhur.ac.id)



[pusatstudikendaraanlistrik.ulb@budiluhur.ac.id](mailto:pusatstudikendaraanlistrik.ulb@budiluhur.ac.id)

# Agenda

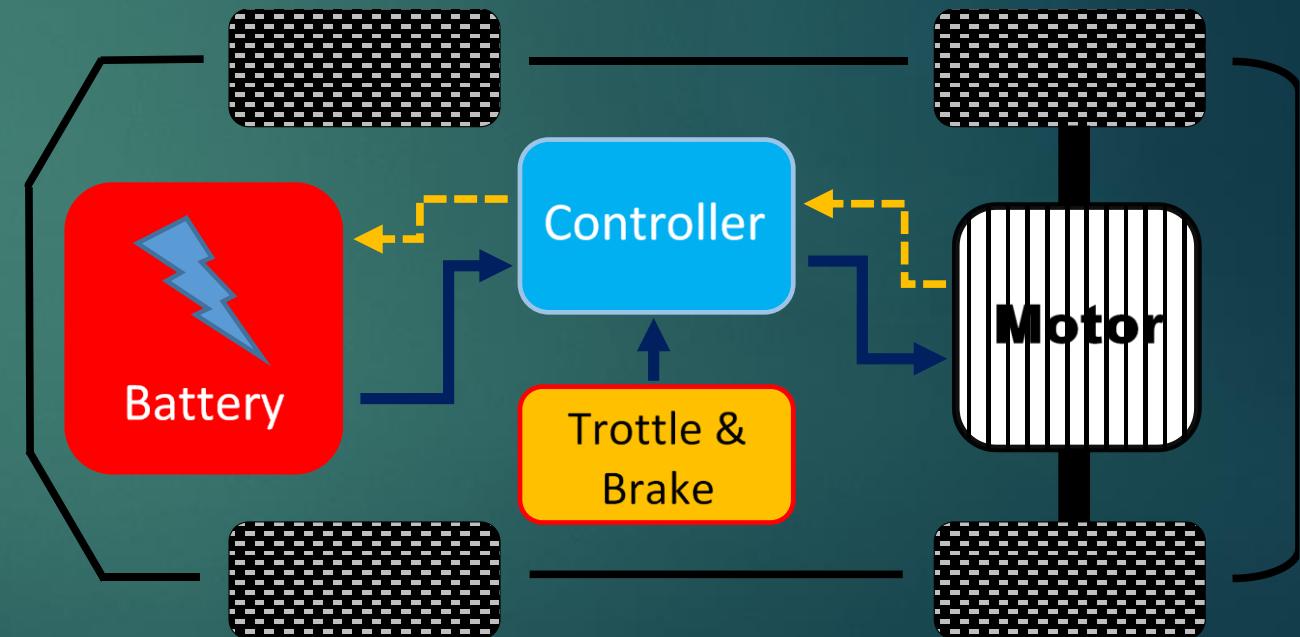
- ▶ Teknologi Kendaraan Listrik
- ▶ Jenis Kendaraan Listrik
- ▶ Sistem Kendaraan Listrik

# Kendaraan Listrik

Kendaraan yang sepenuhnya atau sebahagiannya digerakkan oleh motor menggunakan listrik di baterai yang dapat diisi ulang

Prinsip Kerja :

- Ketika pedal pada mobil ditekan, maka
- Controller akan mengambil serta mengatur daya listrik dari baterai traksi dan inverter
- Dengan pengaturan dari controller, kemudian akan sejumlah energi listrik ke motor (sesuai dengan kedalaman tekanan pada pedal)
- Motor traksi listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (rotasi/putaran)
- Putaran dari rotor pada motor akan memutar transmisi sehingga roda berputar lalu mobil pun bergerak.

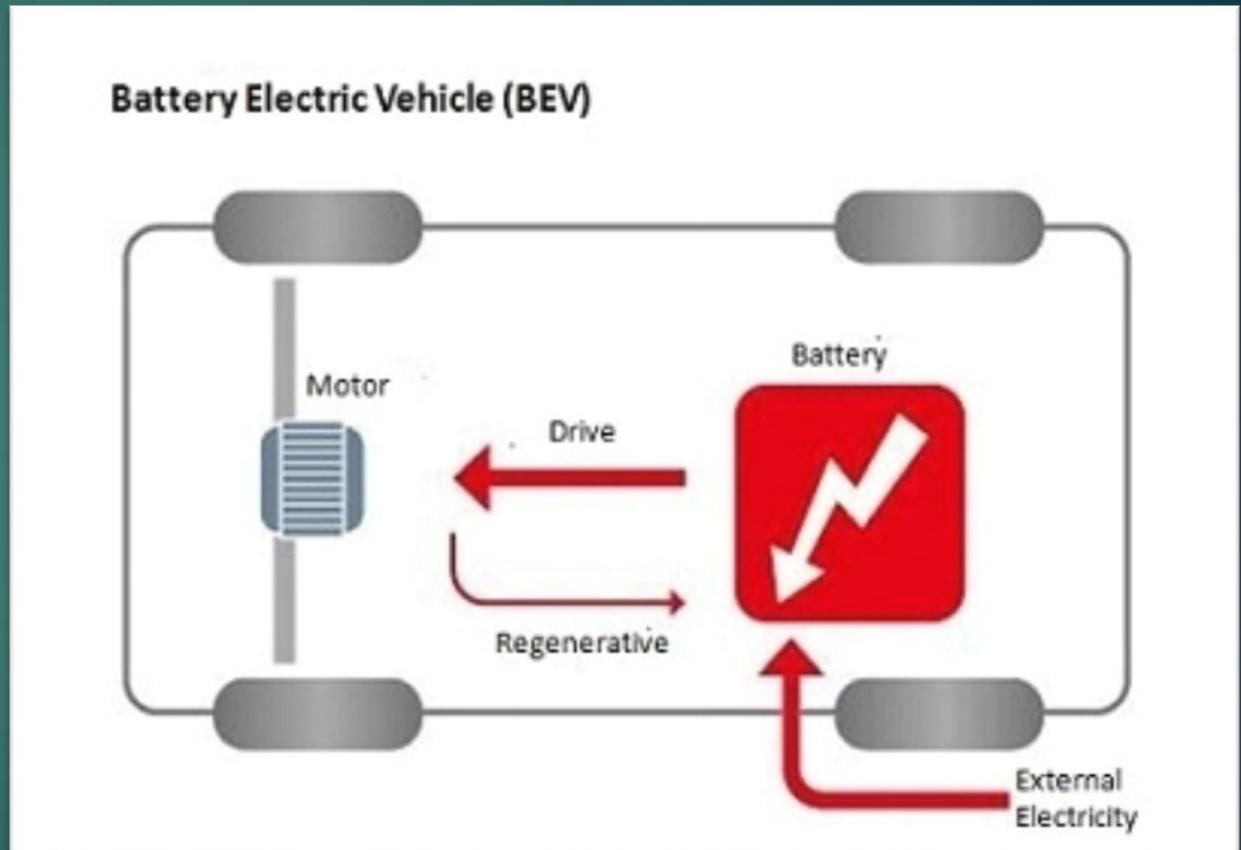


# Jenis-Jenis Kendaraan Listrik

- ▶ BEV : Battery Electric Vehicle
- ▶ HEV : Hybrid Electric Vehicle
- ▶ PHEV : Plug-in Hybrid Electric Vehicle
- ▶ FCEV : Fuel Cell Electric Vehicle

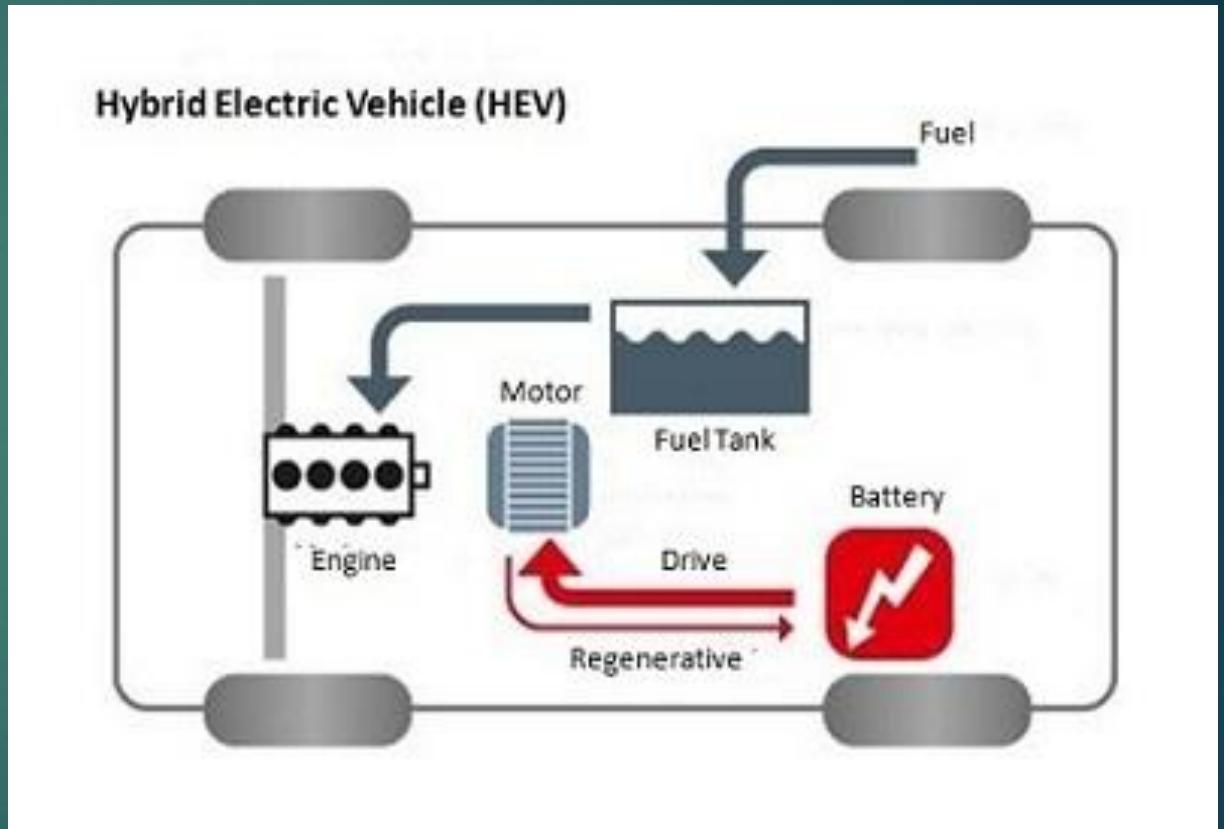
# Battery Electric Vehicle

- ▶ BEV disebut juga *All-Electric Vehicle* (AEV) adalah kendaraan yang beroperasi sepenuhnya dengan menggunakan listrik di baterai.
- ▶ Jenis BEV tidak memiliki mesin pembakaran (ICE).
- ▶ Listrik disimpan pada *battery pack*.
- ▶ Pengisian baterai dilakukan dengan menghubungkannya ke jaringan listrik eksternal.



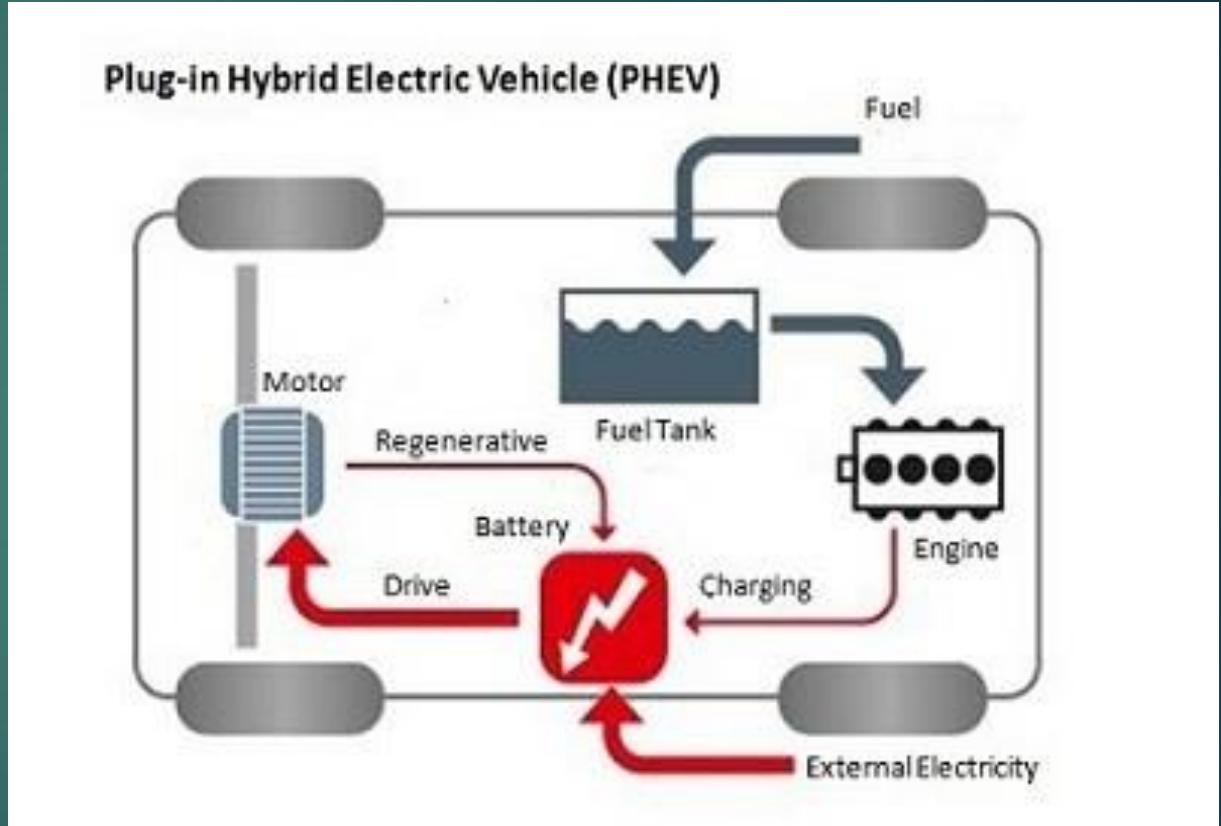
# Hybrid Electric Vehicle

- ▶ Jenis mobil listrik ini disebut juga standard hybrid, atau **parallel hybrid**.
- ▶ Jenis HEV memiliki dua sistem penggerak, yaitu mesin pembakaran (ICE) dan motor traksi.
- ▶ ICE mendapat energi dari BBM dan Motor mendapat daya dari baterai.
- ▶ Mesin bensin serta motor secara bersamaan memutar transmisi menggerakkan roda.
- ▶ Baterai pada HEV hanya diisi oleh karena putaran mesin, gerakan roda atau kombinasi keduanya.



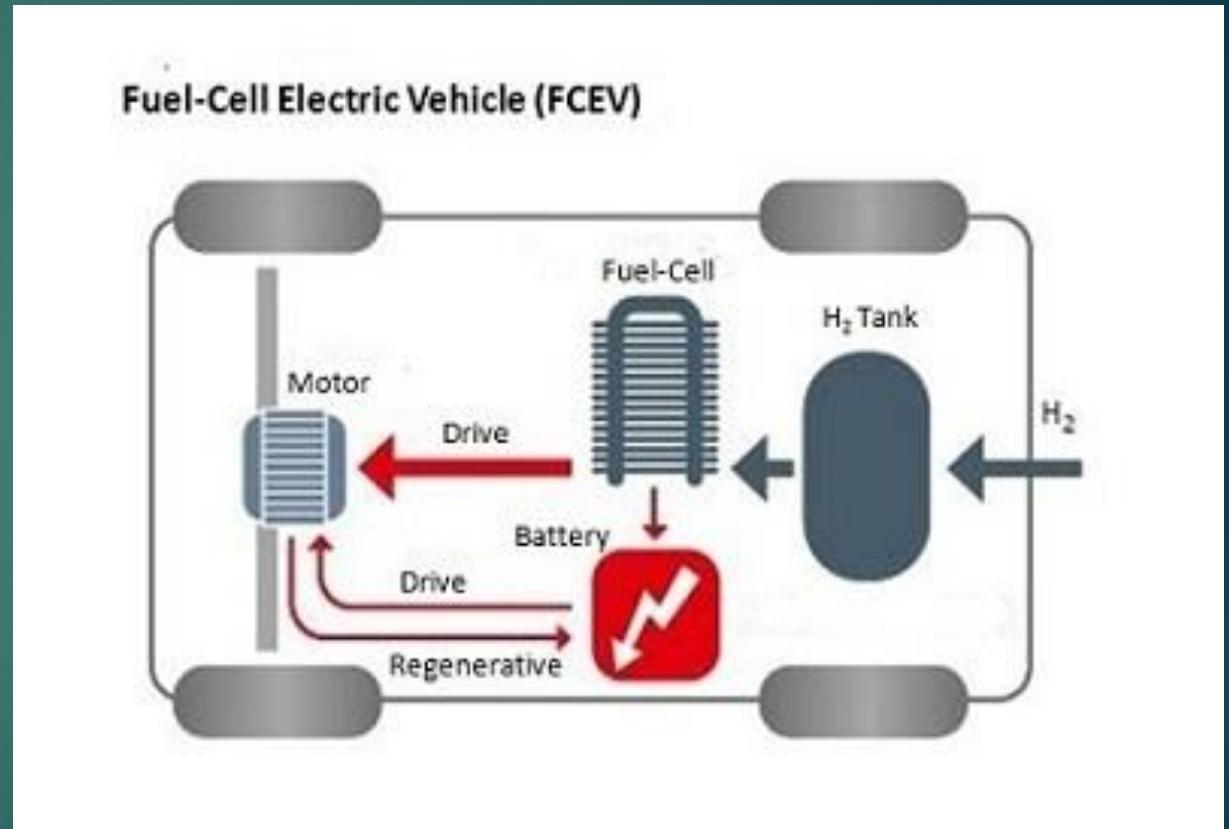
# Plug-in hybrid Electric Vehicle

- ▶ PHEV adalah jenis hibrid yang memiliki mesin pembakaran (ICE) dan motor traksi listrik.
- ▶ Dari aspek teknologi, prinsip kerja mobil listrik PHEV disebut sebagai **series hybrid**.
- ▶ Jenis PHEV menawarkan opsi bahan bakar. Jenis mobil listrik ini dapat ditenagai oleh sumber energi fosil (seperti bensin) atau sumber alternatif (seperti biodiesel) dan oleh baterai.
- ▶ Baterai pada jenis mobil ini dapat diisi-ulang dari sumber listrik eksternal dengan cara menghubungkannya sumber listrik eksternal.
- ▶ PHEV biasanya dapat beroperasi setidaknya dalam dua mode, yaitu:
  - ▶ *All-electric mode*, di mana hanya listrik pada baterai sebagai energi menggerakkan mobil
  - ▶ *Hybrid mode*, di mana listrik dan bensin digunakan bersamaan.



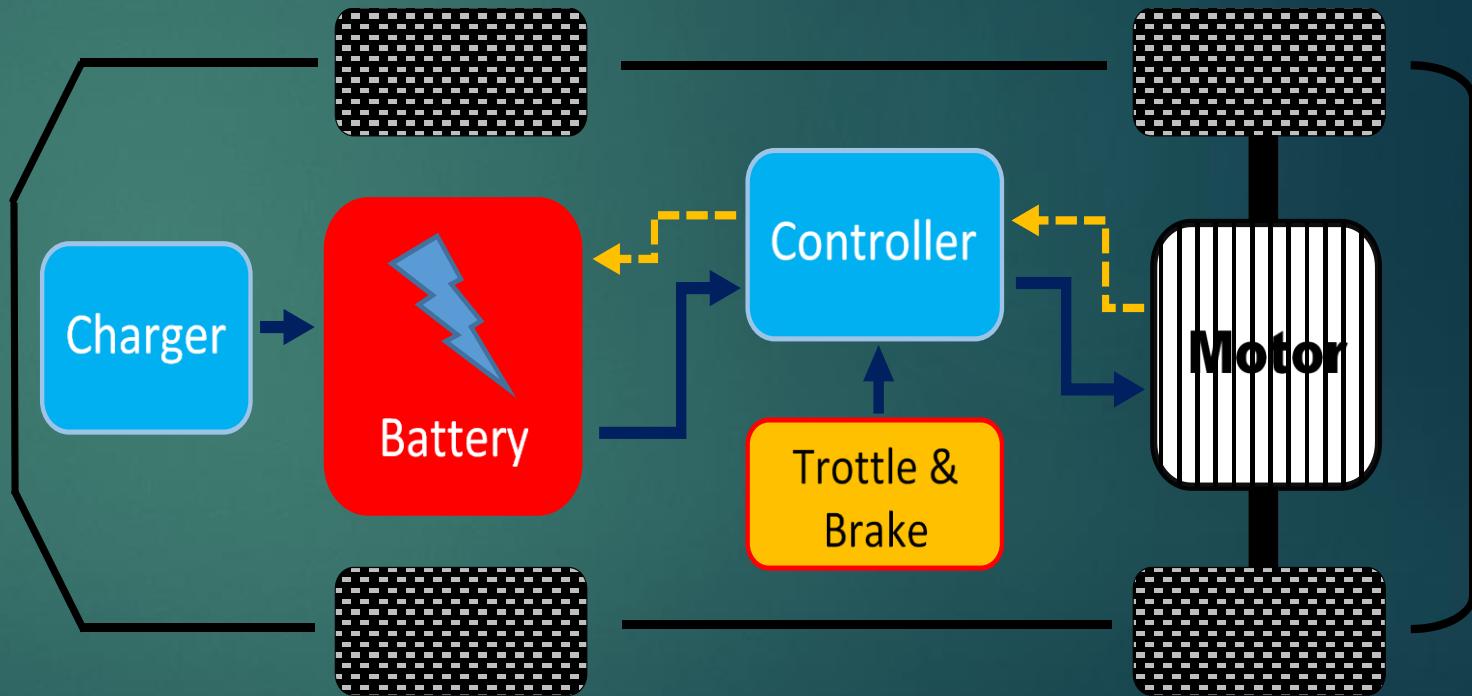
# Fuel Cell Electric Vehicle

- ▶ FCEV juga dikenal sebagai *Fuel-Cell Vehicle* (FCV) atau kendaraan Zero Emission.
- ▶ Jenis FCEV menggunakan teknologi *fuel-cell* untuk menghasilkan listrik.
- ▶ Listrik dipakai untuk mengaktifkan motor menjalankan kendaraan. Prinsip kerja mobil listrik jenis FCEV hampir mirip dengan cara kerja mobil listrik jenis BEV.
- ▶ FCEV memiliki sistem yang mengkoversi energi kimia pada *fuel-cell* menjadi listrik.



# Komponen Utama Kendaraan Listrik

- ▶ Komponen mobil listrik dan fungsinya tergantung pada tipe mobilnya.
- ▶ Komponen atau elemen utama mobil listrik :
  - ▶ Baterai
  - ▶ Inverter (DC-DC converter),
  - ▶ Motor traksi,
  - ▶ On-board charger dan
  - ▶ Controller



# MOTOR PENGERAK

- ▶ Semua jenis motor listrik bisa dijadikan sebagai penggerak kendaraan listrik
- ▶ Jenis motor listrik :
  - Motor Listrik DC (DC penguat bebas, seri, shunt, compound)
  - Motor Listrik AC (Motor Induksi dan motor sinkron)
  - Motor DC tanpa sikat (Brushless DC atau BLDC)
- ▶ Masing masing memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga harus dilakukan pemilihan dengan tepat
- ▶ Paling umum dan banyak digunakan adalah jenis BLDC

# Motor

- ▶ Fungsi sebagai pengubah energi listrik menjadi energi mekanik
- ▶ Ketika controller mengatur energi listrik dari battery ke motor, maka motor akan erubahnya menjadi energi mekanik berupa putaran yang digunakan untuk memutar transmisi dan roda.
- ▶ Motor traksi BLDC (*brushless DC traction motor*) menjadi paling dominan diaplikasikan.
- ▶ Beberapa pabrikan mobil listrik menggunakan permanent magnet motor, beberapa pabrikan lainnya mengaplikasikan jenis induksi fasa-tiga.
- ▶ Pada saat braking/pengereman, motor bisa difungsikan sebagai generator untuk charging battery (Regenerating)

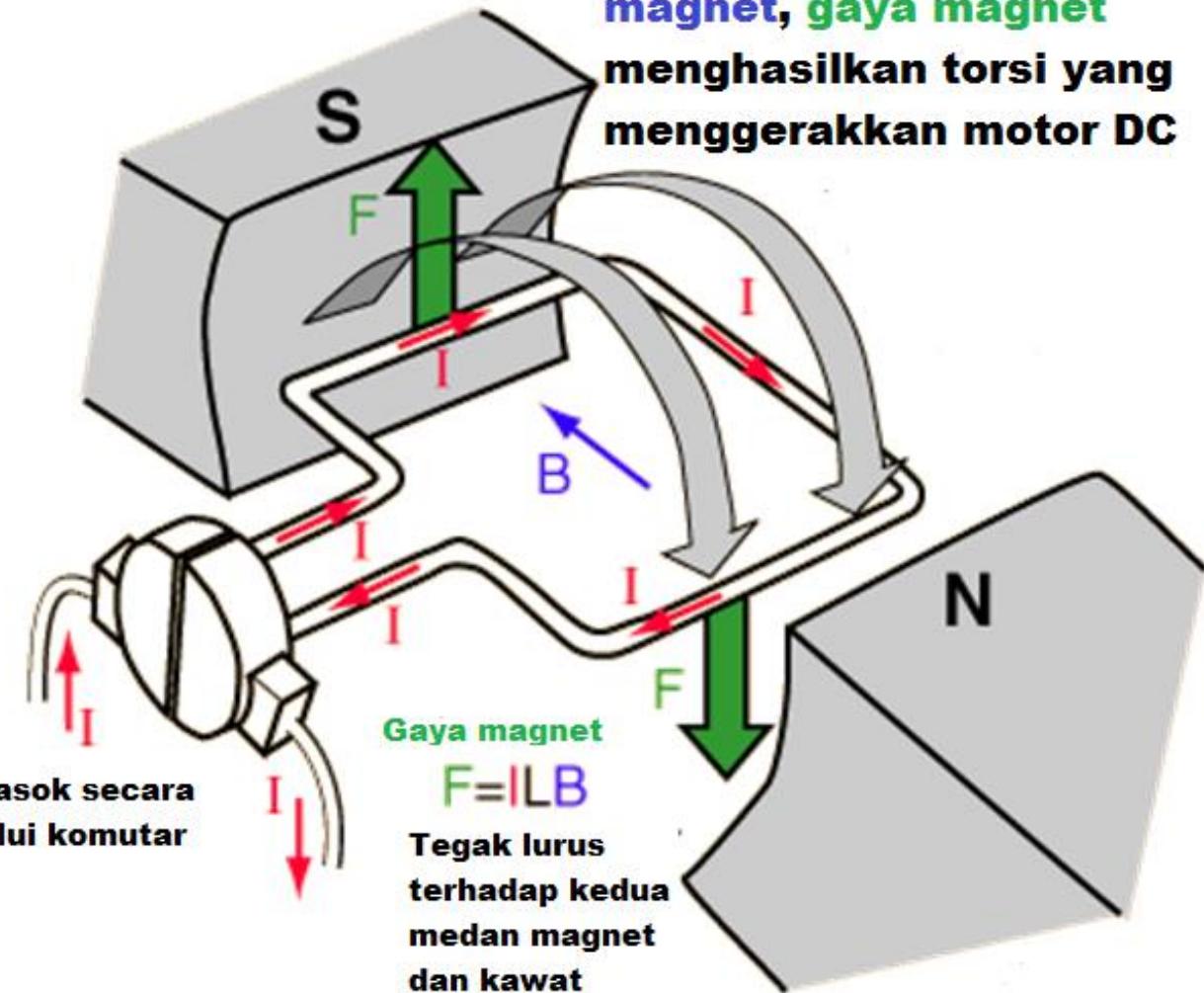


# MOTOR DC



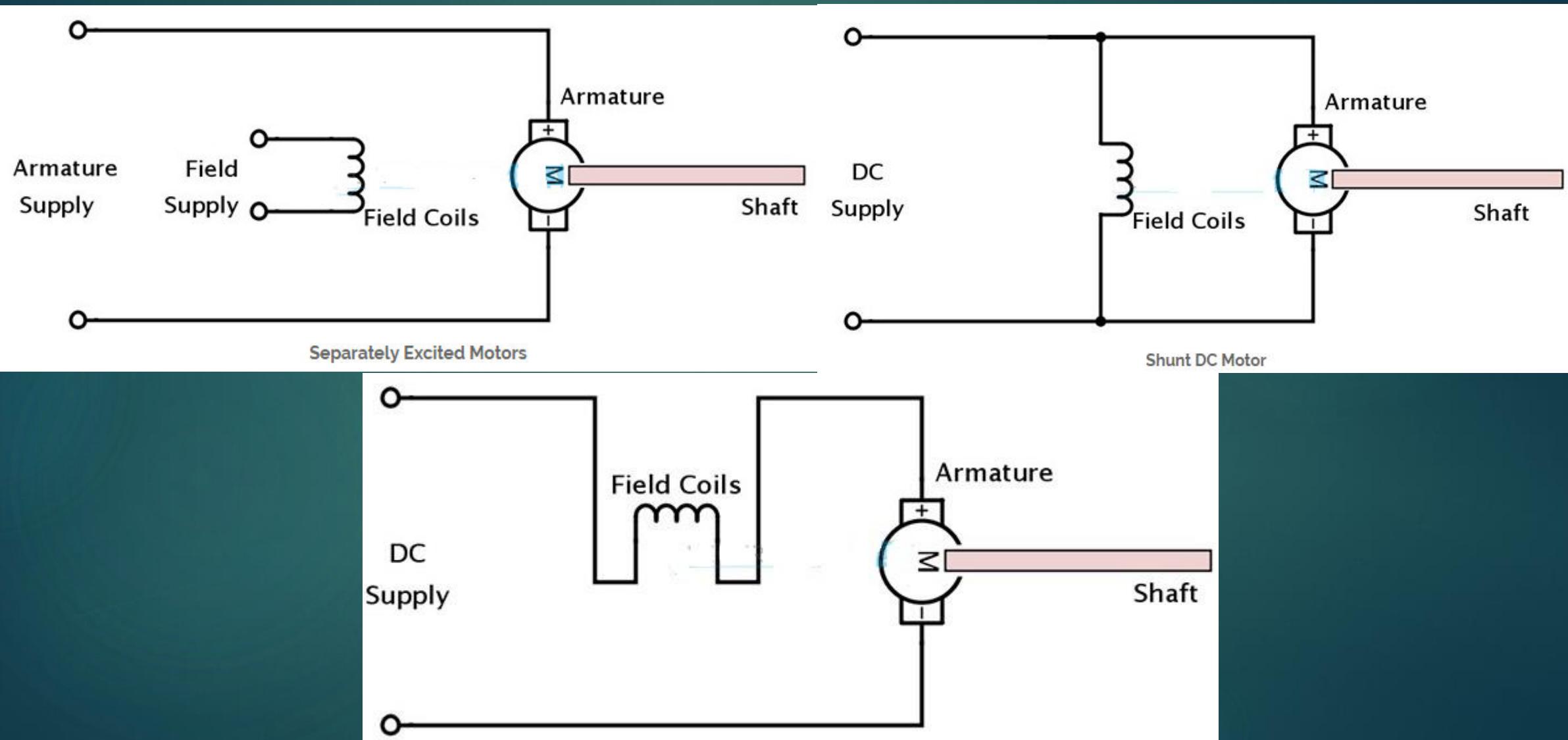
Webstudi.site

Arus listrik dipasok secara eksternal melalui komutator

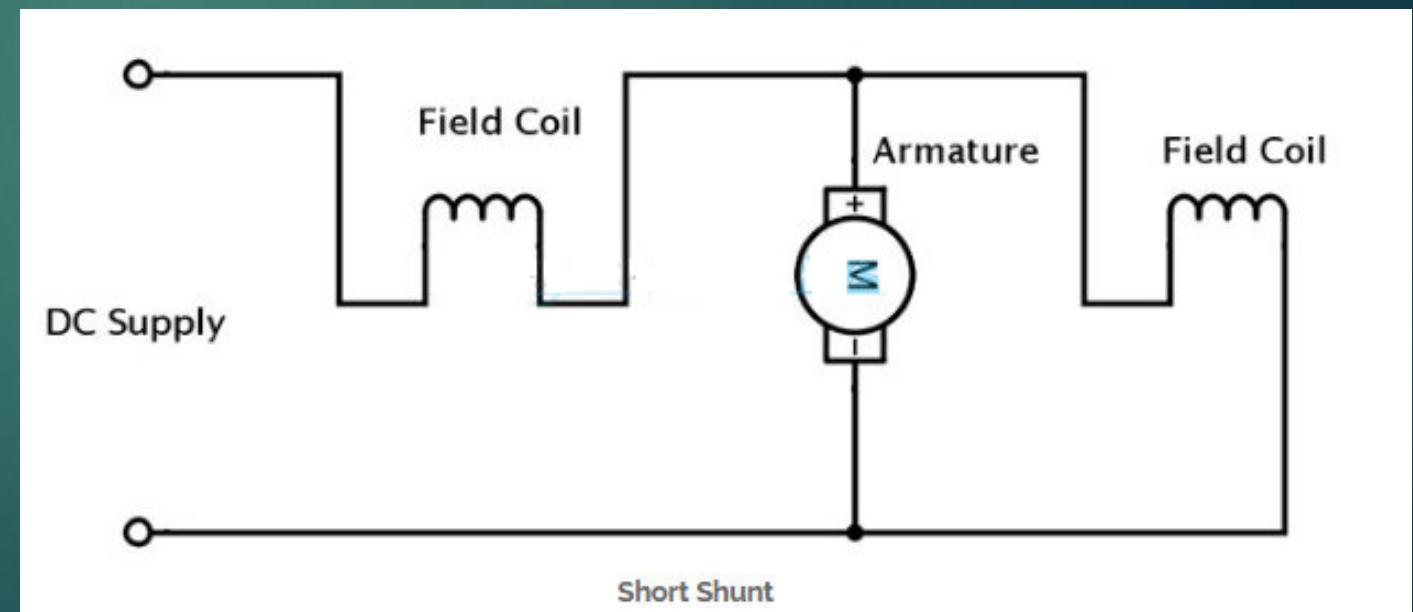
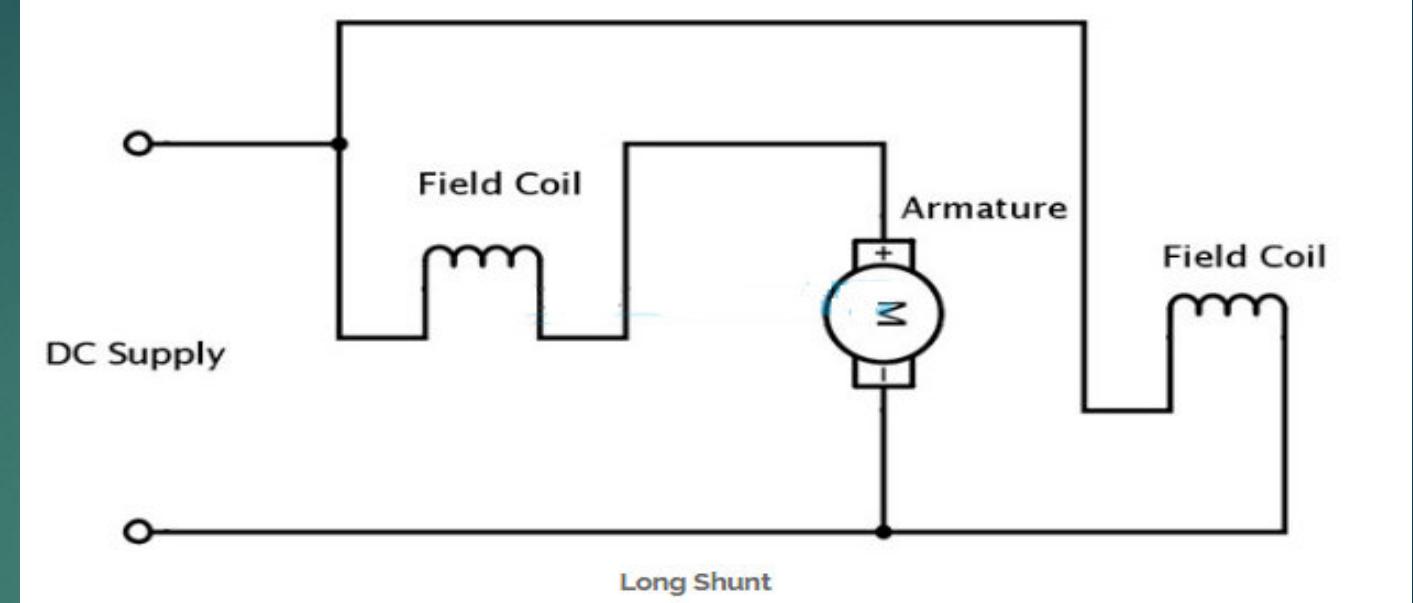


Ketika arus listrik melewati kumparan dalam medan magnet, gaya magnet menghasilkan torsi yang menggerakkan motor DC

# JENIS MOTOR DC



# JENIS MOTOR DC



# MOTOR BLDC

## High Efficiency + Very Compact **20KW BLDC Motor**

1. Voltages: 72V-120Vdc
2. Rated power: 20-25KW
3. Peak power: 50KW
4. Speed: 3200-5000rpm
5. Rated torque: 80 Nm
6. Peak torque: 160 Nm
7. Efficiency: >90%
8. Dimensions: 30x30x25cm
9. Weight: 39kgs
- 10: Cooling: liquid cooling



[www.goldenmotor.com](http://www.goldenmotor.com)

## High Efficiency + Very Compact **3KW BLDC Motor**

1. Voltages: 48/60/72Vdc
2. Rated power: 2-3KW
3. Peak power: 6KW
4. Speed: 3000-5000rpm
5. Rated torque: 10 Nm
6. Peak torque: 25 Nm
7. Efficiency: >90%
8. Dimensions: 18cm dia.  
12.5cm height
9. Weight: 8kgs
- 10: Cooling: air or liquid cooling



[www.goldenmotor.com](http://www.goldenmotor.com)

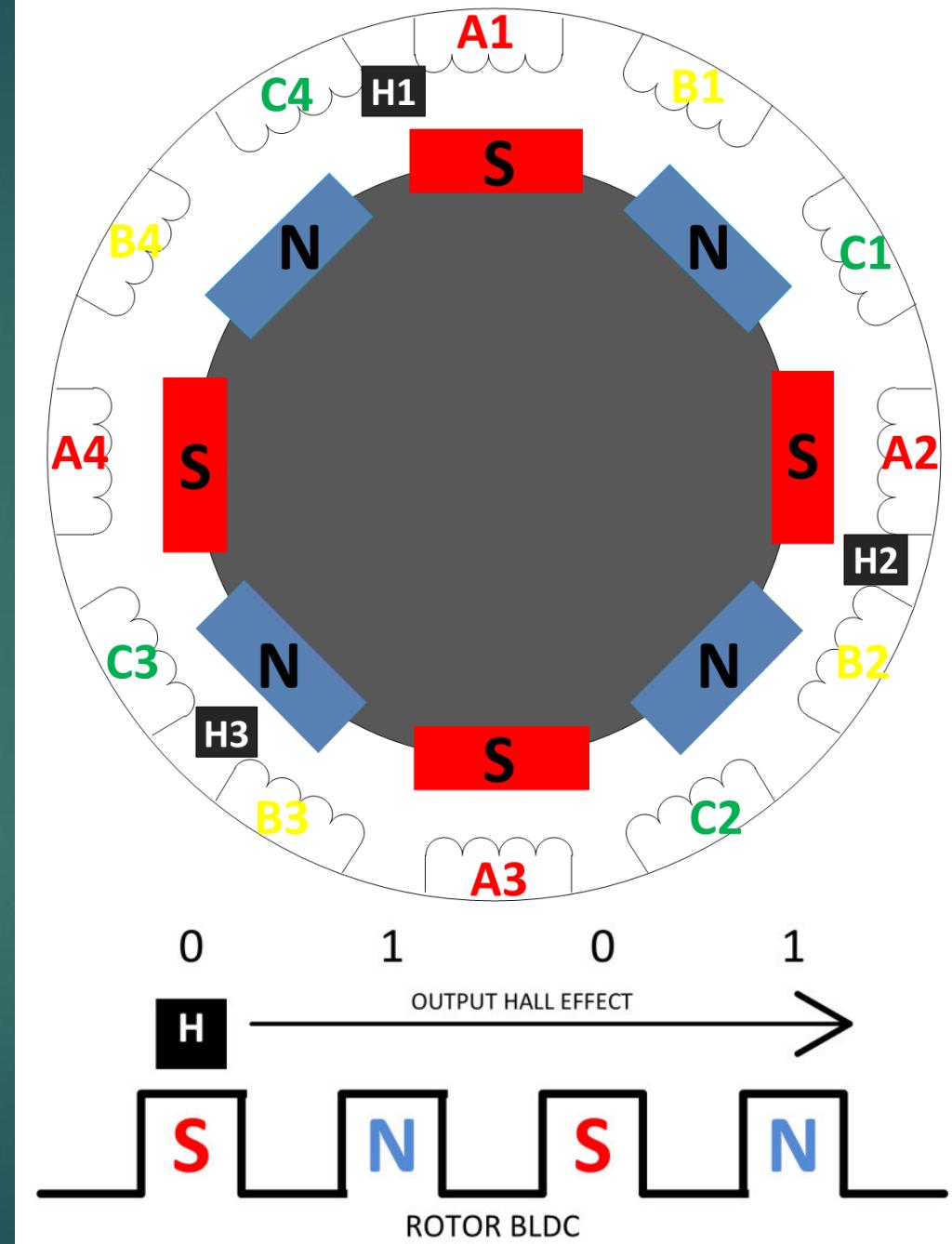
# MOTOR BLDC

*Enjoy very smooth  
riding experiences*



# Konstruksi BLDC

- ▶ Motor BLDC bekerja dengan menggunakan prinsip gaya tarik antara dua magnet yang berlainan kutub atau gaya tolak antara dua magnet dengan kutub yang sama.
- ▶ Rotor : magnet permanen sehingga kutubnya tetap.
- ▶ Stator : belitan sebagai elektromagnet, sehingga kutub magnet dapat berubah sesuai arus belitan stator yang diberikan (A,B,C)
- ▶ H1, H2 dan H3 adalah Hall efek sensor berjarak  $120^\circ$  untuk mendeteksi posisi sudut dari rotor

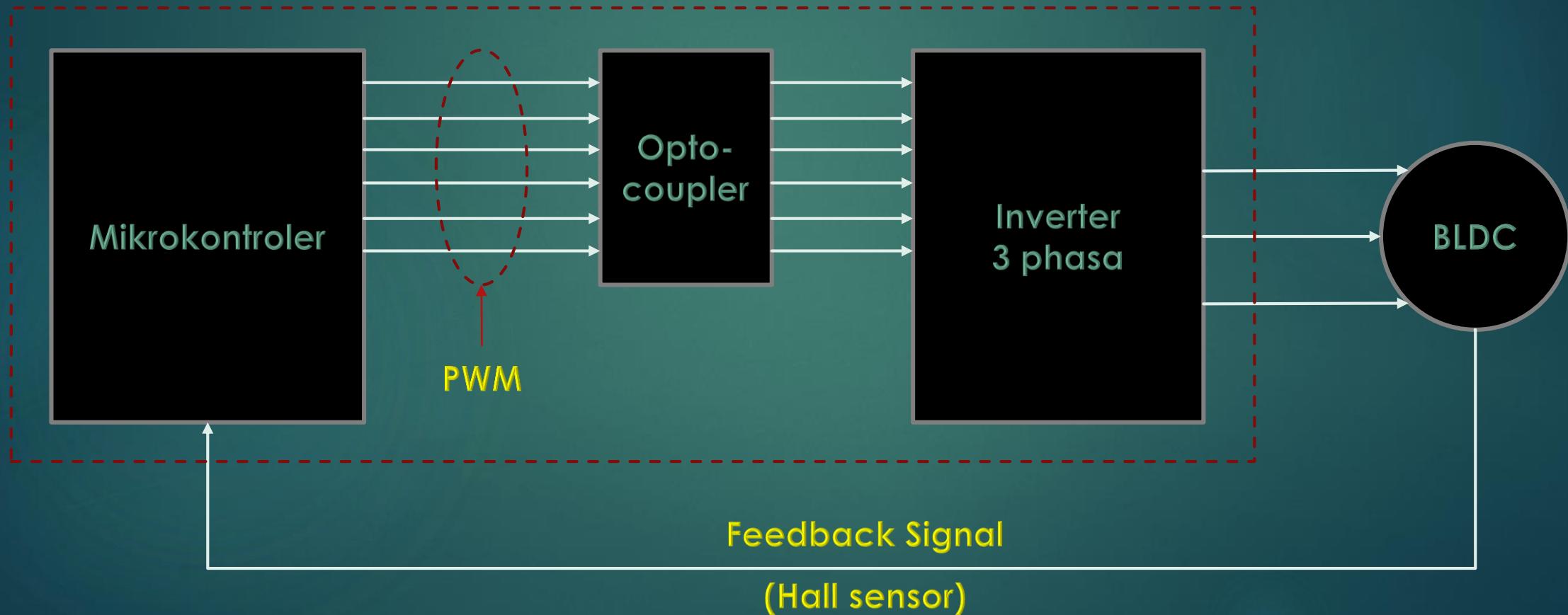


# Controller

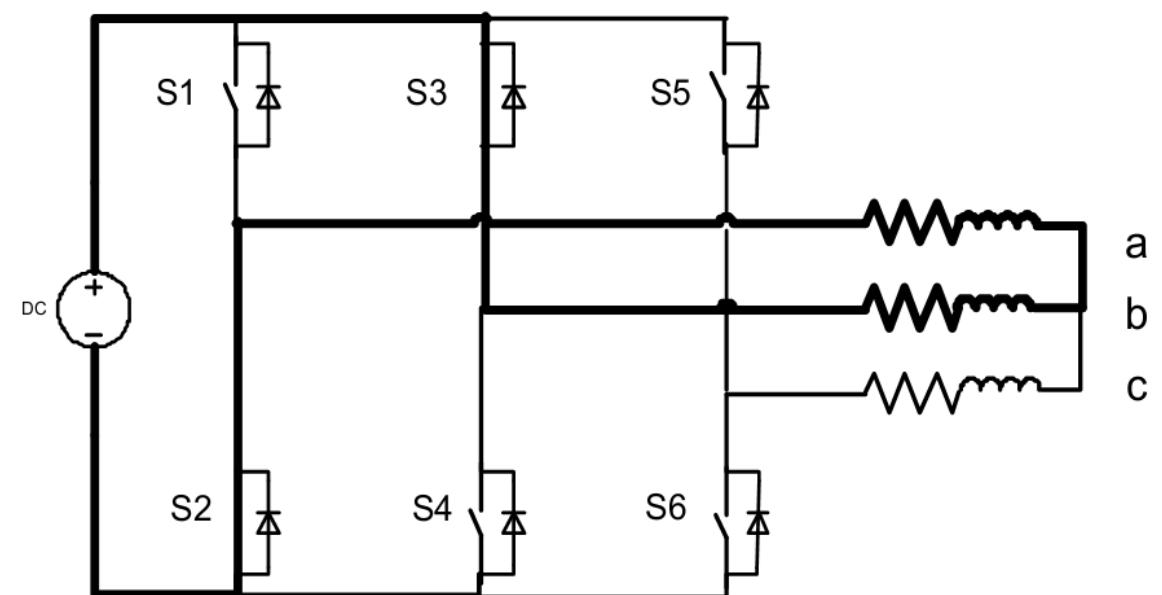
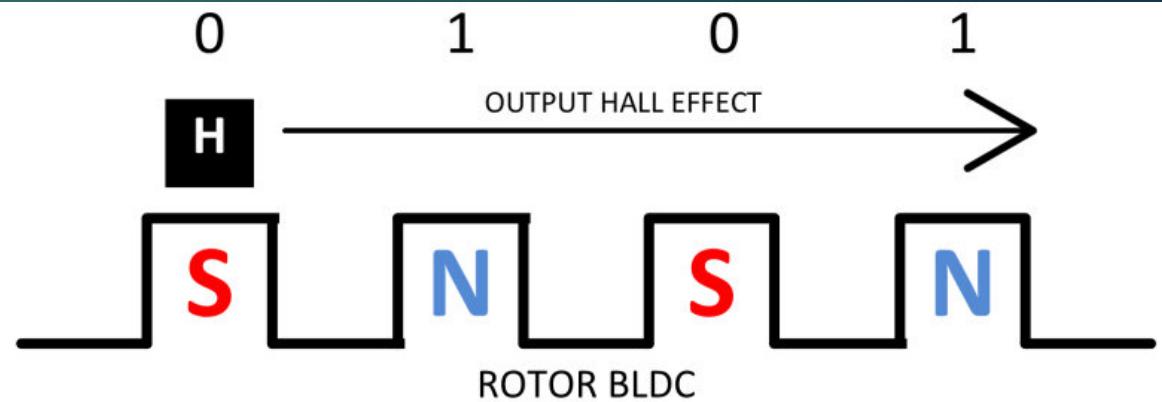
- ▶ Fungsi utama dari pengendali (controller) adalah sebagai elemen pengatur energi di baterai yang disalurkan ke motor traksi.
- ▶ Input controller sinyal pengaturan kecepatan yang dihasilkan dari pedal gas dan pedal rem
- ▶ Pengaturan pedal ini akan menentukan variasi frekuensi atau variasi tegangan masuk menuju motor, sekaligus menentukan laju mobil.
- ▶ Secara sederhananya, kontroler mengelola aliran listrik yang dihasilkan oleh baterai traksi, mengendalikan kecepatan traksi dan torsi keluaran.



# Skematik Sistem Kendali BLDC



H1	H2	H3		V <sub>an</sub>	V <sub>bnn</sub>	V <sub>cnn</sub>
0	0	1	-	+	0	
1	0	1	0	+	-	
1	0	0	+	0	-	
1	1	0	+	-	0	
0	1	0	0	-	+	
0	1	1	-	0	+	



# Battery

- ▶ As a Energy Storage
- ▶ Rechargeable battery
- ▶ Combination of series and parallel to meet the Power Capacity
- ▶ Battery type:
  - Lithium-Ion (Li-On)
  - Nickel-Metal Hybrid (NiMH)
  - Lead Acid (SLA)



# Perbandingan Karakteristik Battery

## Understanding Electric Car Batteries

	Lithium Ion	Nickel-Metal	Lead-Acid	Ultracapacitors
Easy Access / Inexpensive	✓	✗	✓	✗
Energy Efficient	✓	✓	✓	✓
Temp. Performance	✓	✗	✗	✓
Weight	✓	✓	✓	✓
Life Cycle	✓	✗	✓	✗

# Battery Lithium Ion

- ▶ Battery paling populer digunakan pada kendaraan listrik
- ▶ Juga banyak digunakan pada peralatan elektronik portabel seperti ponsel dan laptop.
- ▶ Efisiensi energinya tinggi dan kinerjanya pada suhu tinggi juga baik
- ▶ Power to weight yang sangat tinggi → sangat penting pada perancangan kendaraan listrik karena akan menentukan berat total kendaraan.
- ▶ “Self-discharge” yang rendahrendah, sehingga baterai paling baik dibanding baterai lain dalam mempertahankan kemampuan menahan muatan penuhnya.
- ▶ Selain itu, sebagian besar bagian baterai Li-ion dapat didaur ulang,



Parameter	Estimated Value
Mass energy density	100 - 180 Wh/kg
Volume energy density	200 - 300 Wh/L
Efficiency	95 - 99 %
Self-discharge rate	1 – 5 %/month
Cycle durability	500 – 15000 cycles
Typical cost	\$ 0,50 - \$ 2,50 /Wh

# Baterai Nickel-Metal Hybrid (NiMH)

- ▶ Baterai NiMH aman dan toleran terhadap ketidak-tepatan penggunaan.
- ▶ Harganya relatif lebih mahal
- ▶ Tingkat self-discharge tinggi
- ▶ Menghasilkan panas yang signifikan
- ▶ Paling banyak diterapkan oleh mobil hibrida



Parameter	Estimated Value
Mass energy density	40 - 120 Wh/kg
Volume energy density	140 - 400 Wh/L
Efficiency	65 - 80 %
Self-discharge rate	~30 %/month
Cycle durability	500 – 1000 cycles
Typical cost	\$ 0,30 - \$ 0,60 /Wh

# Baterai Sealed Lead-Acid (SLA)

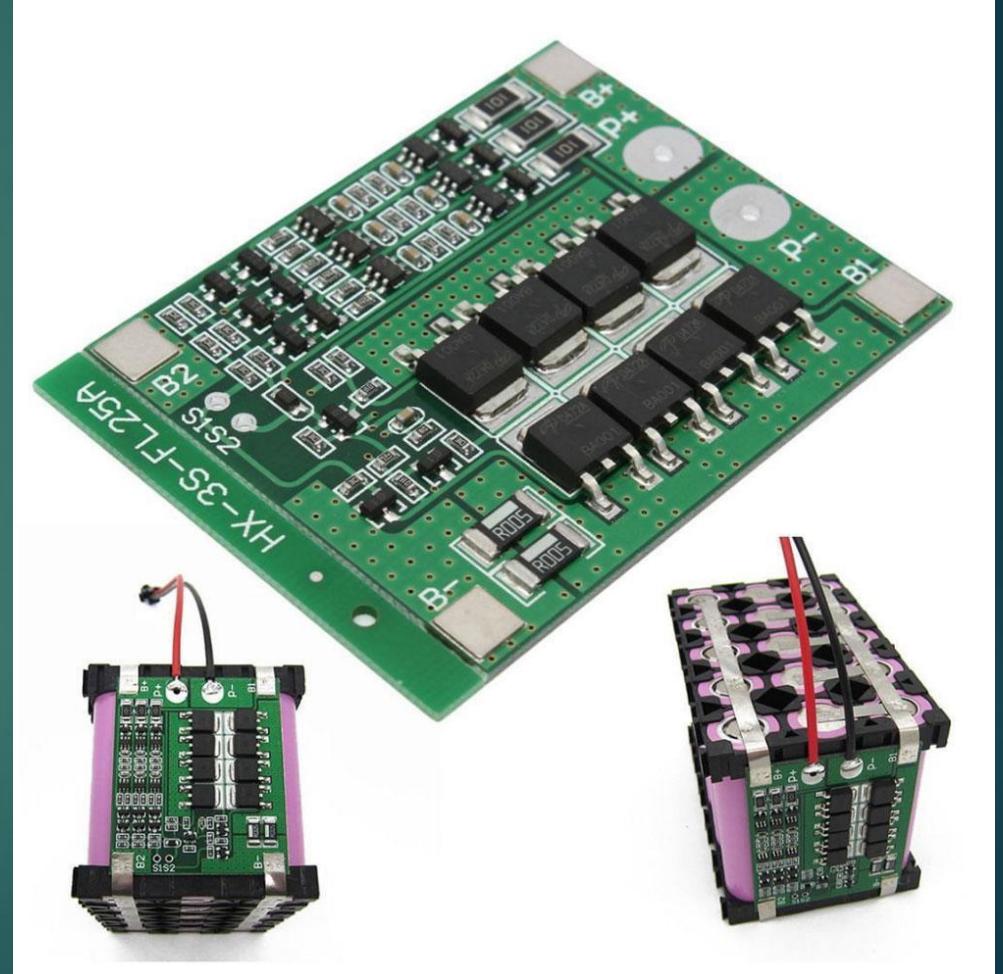
- ▶ Baterai SLA (asam-timbal) merupakan baterai isi ulang tertua.
- ▶ Dibanding baterai lithium dan NiMH, baterai asam-timbal memang kalah dalam kapasitas dan bobotnya jauh lebih berat, namun harganya relatif murah serta aman.
- ▶ Baterai SLA masih digunakan oleh kendaraan komersial sebagai sistem penyimpanan sekunder.



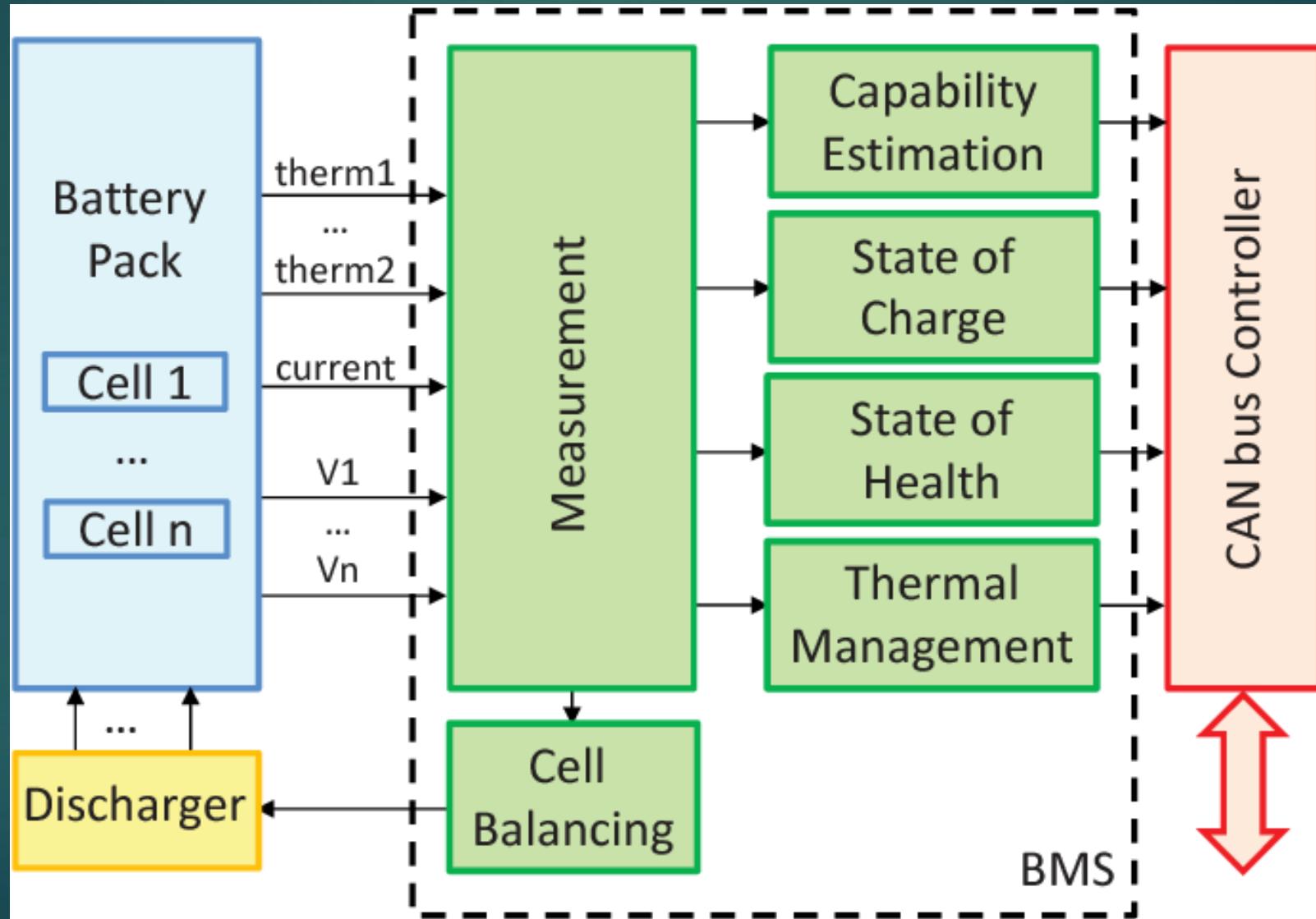
Parameter	Estimated Value
Mass energy density	30 - 40 Wh/kg
Volume energy density	60 - 75 Wh/L
Efficiency	70 - 92 %
Self-discharge rate	3 - 20 %/month
Cycle durability	500 – 800 cycles
Typical cost	\$ 0,15 - \$ 0,30 /Wh

# Battery Management System (BMS)

- ▶ BMS adalah sistem elektronik yang mengelola baterai,
- ▶ Sebuah baterai dibangun bersama-sama dengan sistem manajemen baterai dengan komunikasi eksternal data bus adalah baterai pintar.
- ▶ Paket baterai pintar harus diisi oleh pengisi daya baterai pintar (smart charger)



# Arsitektur BMS



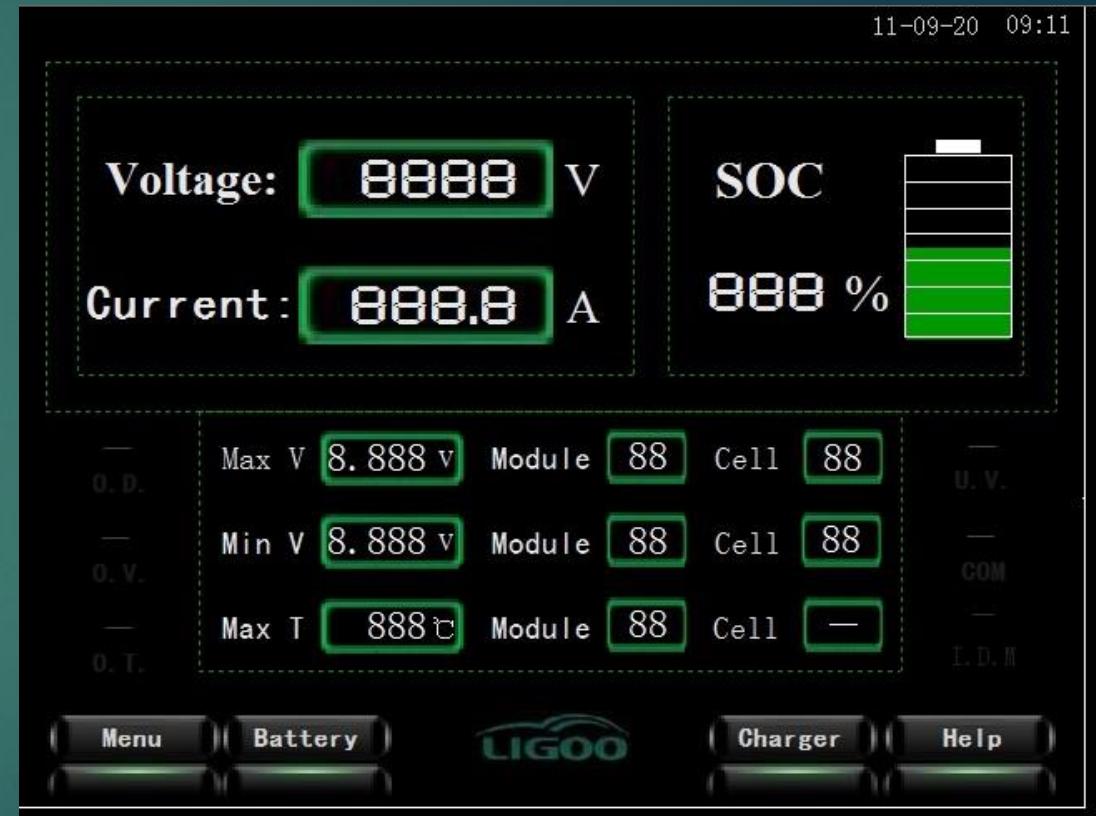
# Fungsi dan Peranan BMS

## ► Safety :

- BMS secara kontinyu memantau parameter seperti tegangan, arus dan temperatur sistem baterai → agar baterai **selalu beroperasi di area operasi yang aman**,
- Mencegah over-charging dan over-discharging
- Sensing electrical isolation → BMS bisa difungsikan mengecek kondisi isolasi antara body kendaraan dengan sistem battery untuk keamanan pengendara dari sengatan listrik

## ► Performance Optimization :

- State of Charge (SoC) adalah kondisi isi baterai dan State of Healt (SoH) adalah kondisi kesehatan baterai
- Performa terbaik suatu baterai adalah ketika SoC sesuai batas min/maks dalam spesifikasi baterai
- BMS memonitor SoC dan SoH baterai untuk menjaga performa baterai dengan mencegah terjadinya suatu sel over-discharge dan menyeimbangkan SoC pada saat charging



# Fungsi dan Peranan BMS

## ► **Health monitoring & diagnostic**

- BMS mengumpulkan data (temperatur, tegangan dan arus) untuk estimasi SoC dan SoH
- SoC merepresentasikan energi yang tersimpan dalam baterai, sehingga bisa diperkirakan kemampuan jarak tempuh yang masih bisa dilakukan
- SoH merepresentasikan kondisi kesehatan baterai untuk perkiraan kesesuaian dan kelayakan penggunaan baterai bagi kendaraan

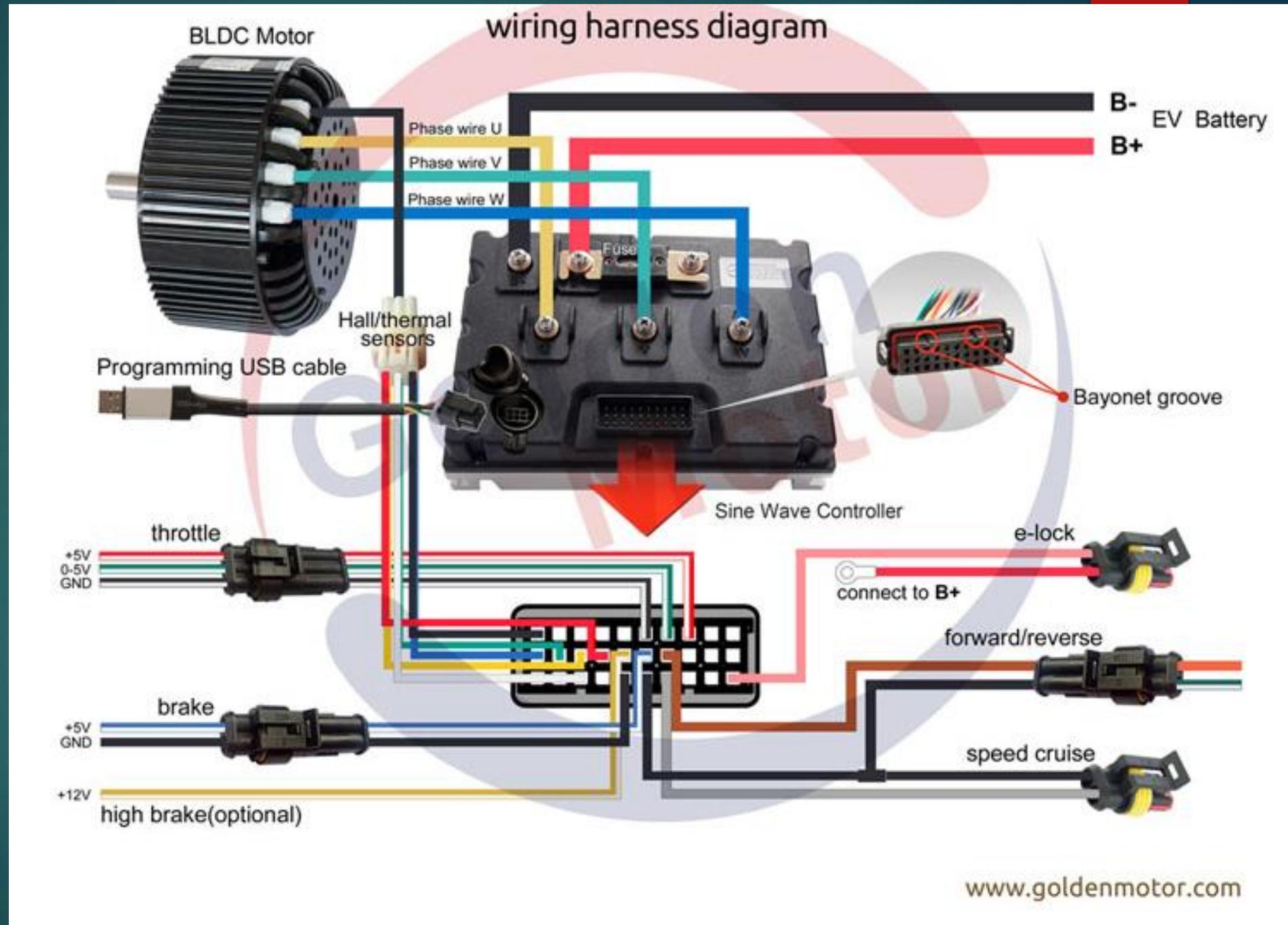
## ► **Communication**

- BMS berkomunikasi dengan Electronic Control Unit (ECU) untuk menjamin pengendalian kendaraan secara baik (smooth running), start/stop charging dan discharging

# Kapasitas Motor, Battery, dan BMS

<b>Motor Penggerak</b>	<b>Rekomendasi Battery</b>	<b>Rekomendasi BMS</b>
$V_m = \text{Tegangan Motor (Volt)}$ $P_m = \text{Daya motor (Watt)}$ $I_m = \text{Arus motor (Amper)}$	$V_{bat} = \text{Tegangan battery}$ $= V_m$ $I_{bat} = \text{Arus battery minimal}$ $= 120\% I_m$	$V_{bms}=V_{motor}$ $I_{bms}=120\%$
Contoh : Motor BLDC 36 Volt, 350 Watt	$V_{bat} = 36 \text{ Volt}$ $I_{bat} = 120\% \times 9,7 \text{ A} = 11,6 \text{ A}$	$V_{bms} = 36 \text{ Volt}$ $I_{bms} = 12 \text{ Ampere}$
$V_m = 36 \text{ Volt}$ $P_m = 350 \text{ Watt}$ $I_m = P_m/V_m$ $= 350/36$ $= 9,7 \text{ A}$	<u>Jenis battery :</u> Li-ion 18650 (4,2 V, 3600 mAh)  <u>Konfigurasi battery:</u> Paralel : 4 cell Seri : 10 cell Total : 40 pcs	<u>Note:</u> Menyesuaikan ketersediaan jenis BMS di pasaran

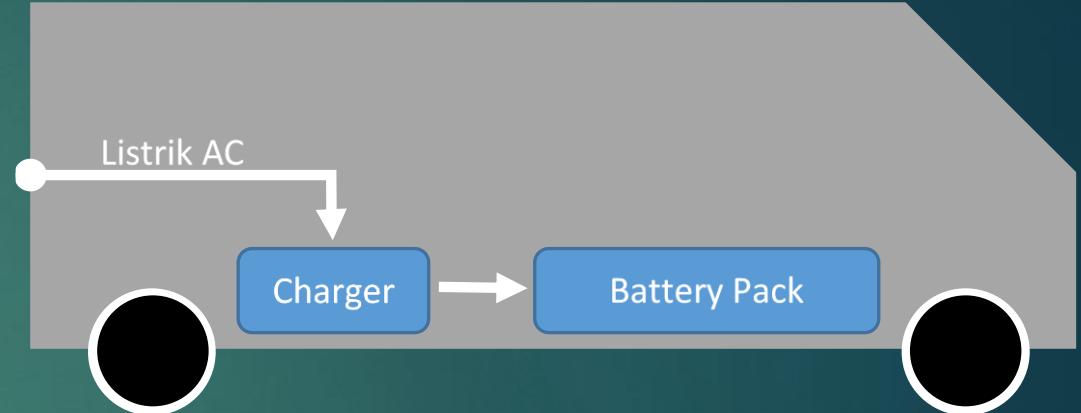
# Contoh Wiring Diagram



# Charging System

## ► On-board charger :

- Pengisi ulang daya (charger) terpasang pada unit kendaraan.
- Charger menjadi komponen sistem mobil.
- Jenis listrik yang masuk ke mobil adalah jenis arus bolak-balik (AC)

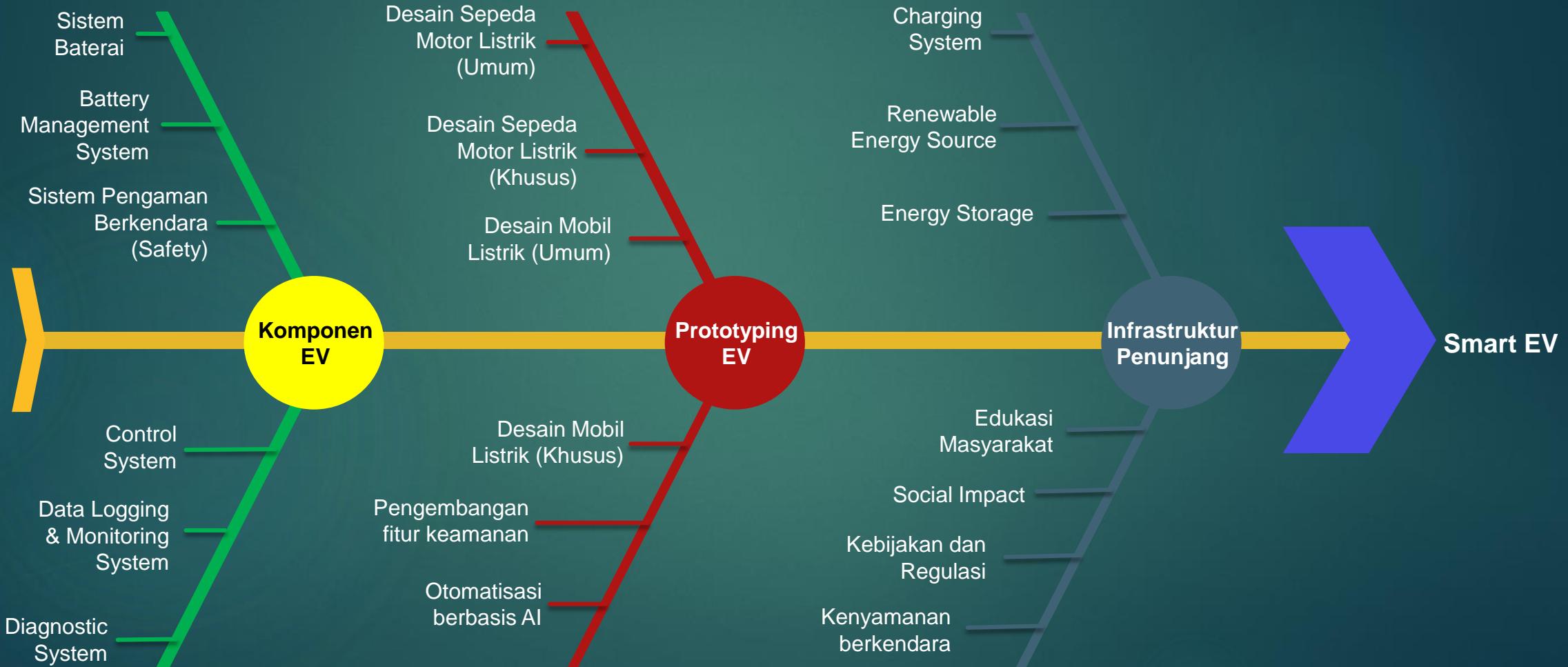


## ► Off-board charger :

- Charger tidak terpasang dalam sistem unit kendaraan.
- Charger ada di luar sistem mobil.
- Untuk keperluan pengisian ulang baterai maka diperlukan charger dari luar.
- Jenis listrik yang masuk ke mobil adalah jenis arus searah (DC)



# Peta Kajian Pengembangan Kendaraan Listrik



# Beberapa Karya PSKL-UBL & Partner



2



1



3



5



4



Terima  
kasih

