

# 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)**



**@pskl.ubl**



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

# Agenda

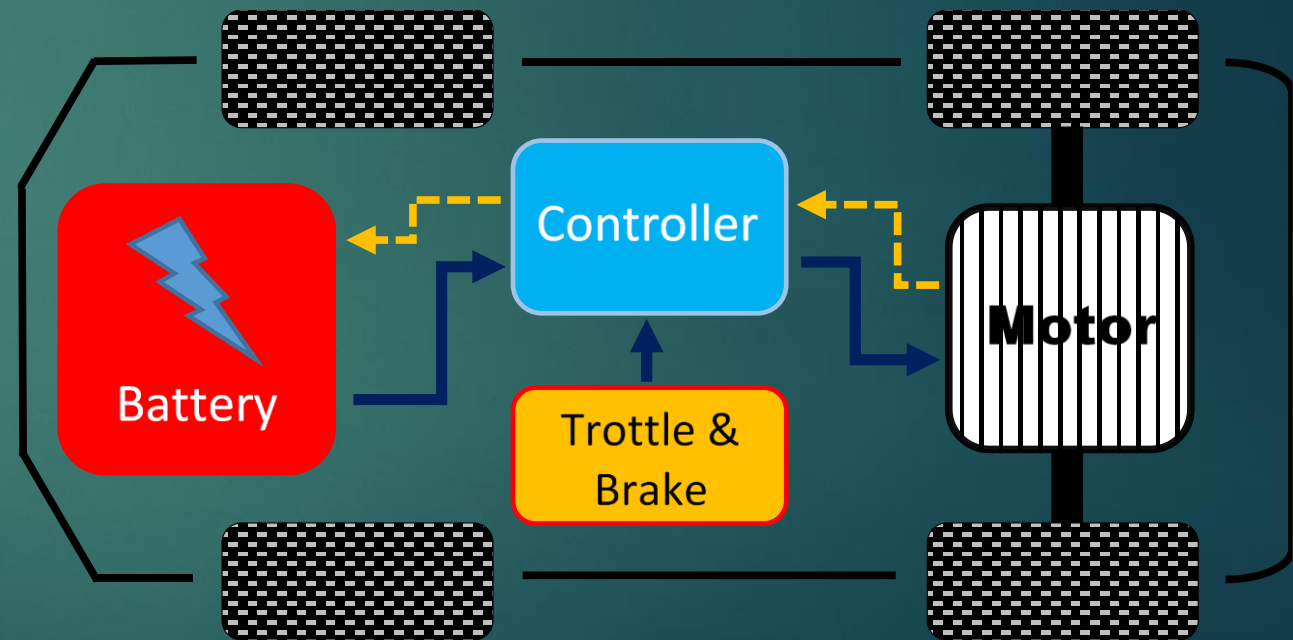
- ▶ Teknologi Kendaraan Listrik
- ▶ Jenis Kendaraan Listrik
- ▶ Sistem Kendaraan Listrik

# 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.

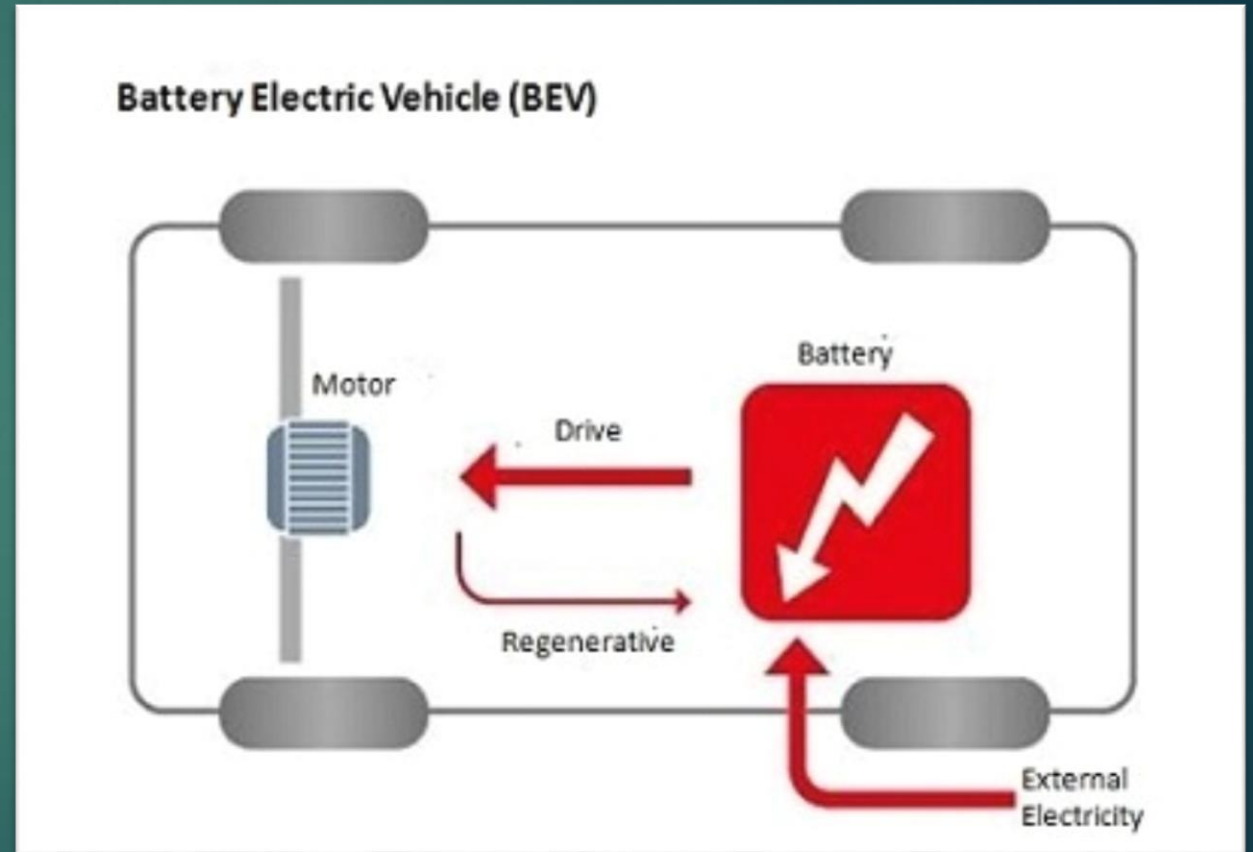


# Jenis-Jenis Kendaraan Listrik

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

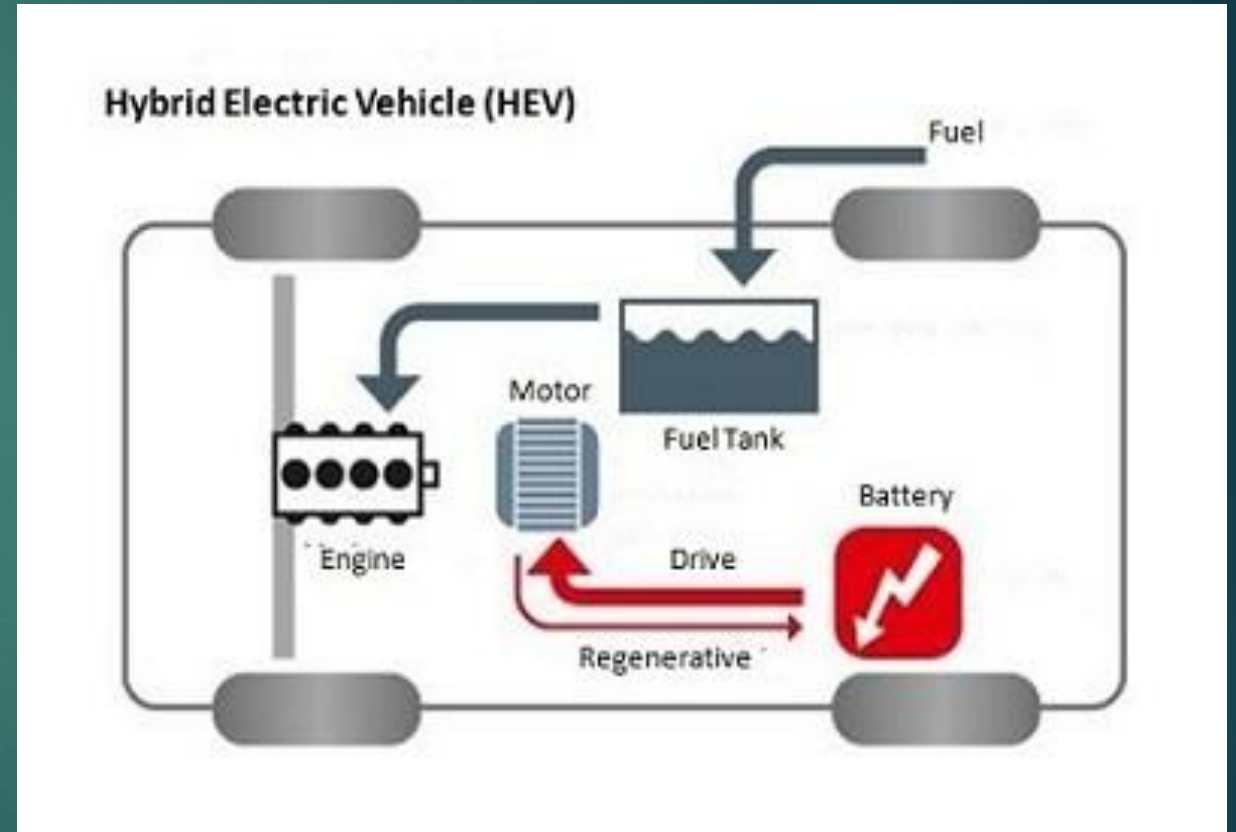
# Battery Electric Vehicle

- ▶ 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 **paralel 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.

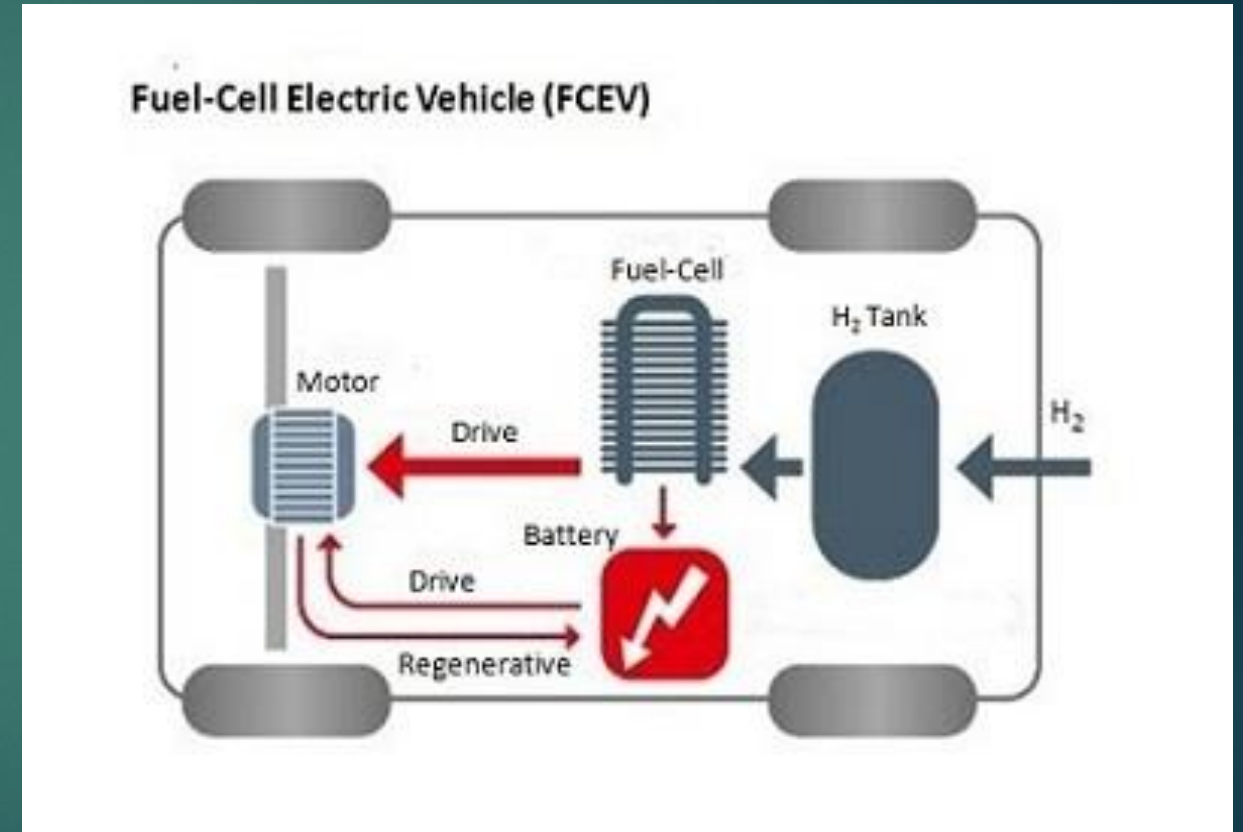




- ### Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)
- 
- The diagram illustrates the energy flow in a Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV). It features a central red battery icon with a lightning bolt. To the left is a blue motor icon, and to the right is a black engine icon. Above the engine is a blue fuel tank icon. Arrows indicate the following flows: 1. Fuel enters the Fuel Tank from the top. 2. Fuel flows from the Fuel Tank to the Engine. 3. The Engine provides 'Charging' to the Battery. 4. The Battery provides 'Drive' to the Motor. 5. The Motor provides 'Regenerative' feedback to the Battery. The entire system is connected to a powertrain represented by a grey bar at the bottom.

# Fuel Cell Electric Vehicle

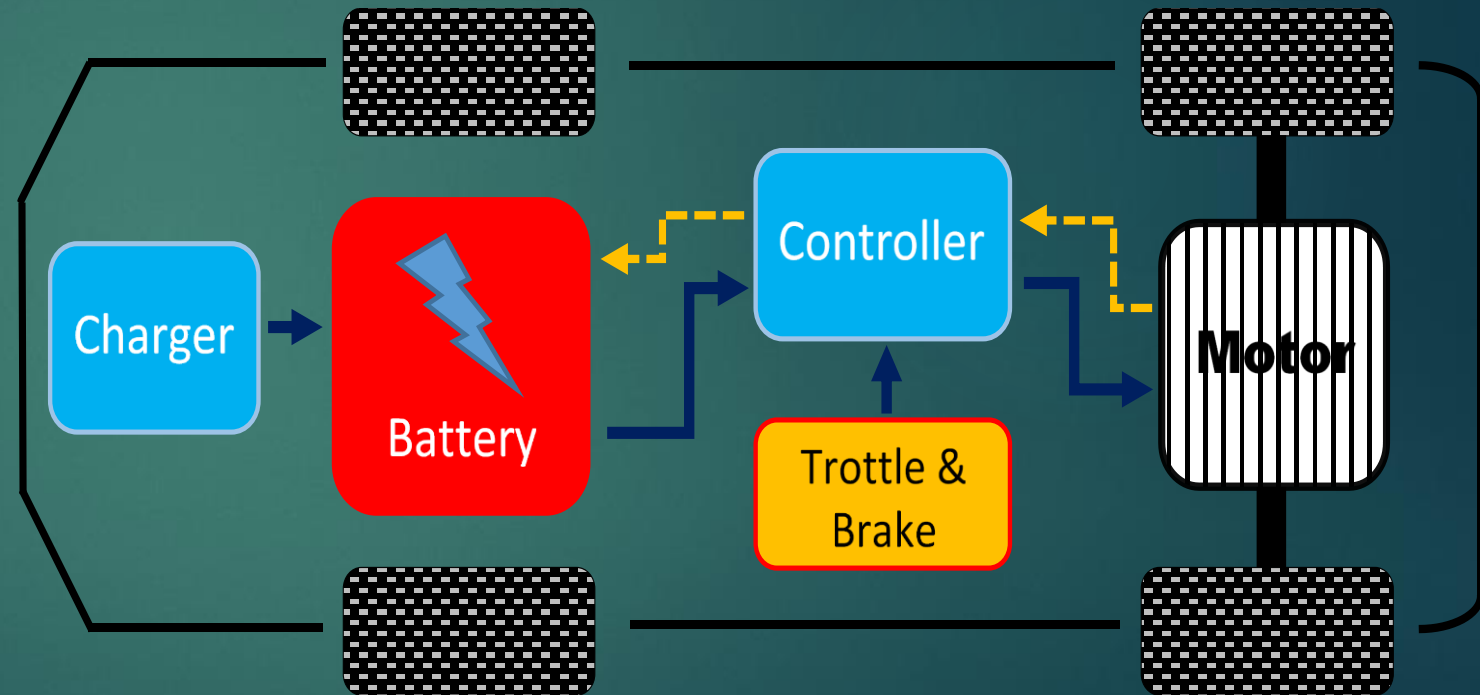
- ▶ FCEV juga dikenal sebagai *Fuel-Cell Vehicle* (FCV) atau kendaraan Zero Emission.
- ▶ Jenis FCEV menggunakan teknologi *fuel-cell* untuk menghasilkan listrik.
- ▶ Listrik dipakai untuk mengaktifkan motor menjalankan kendaraan. Prinsip kerja mobil listrik jenis FCEV hampir mirip dengan cara kerja 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 PENGGERAK

- ▶ 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

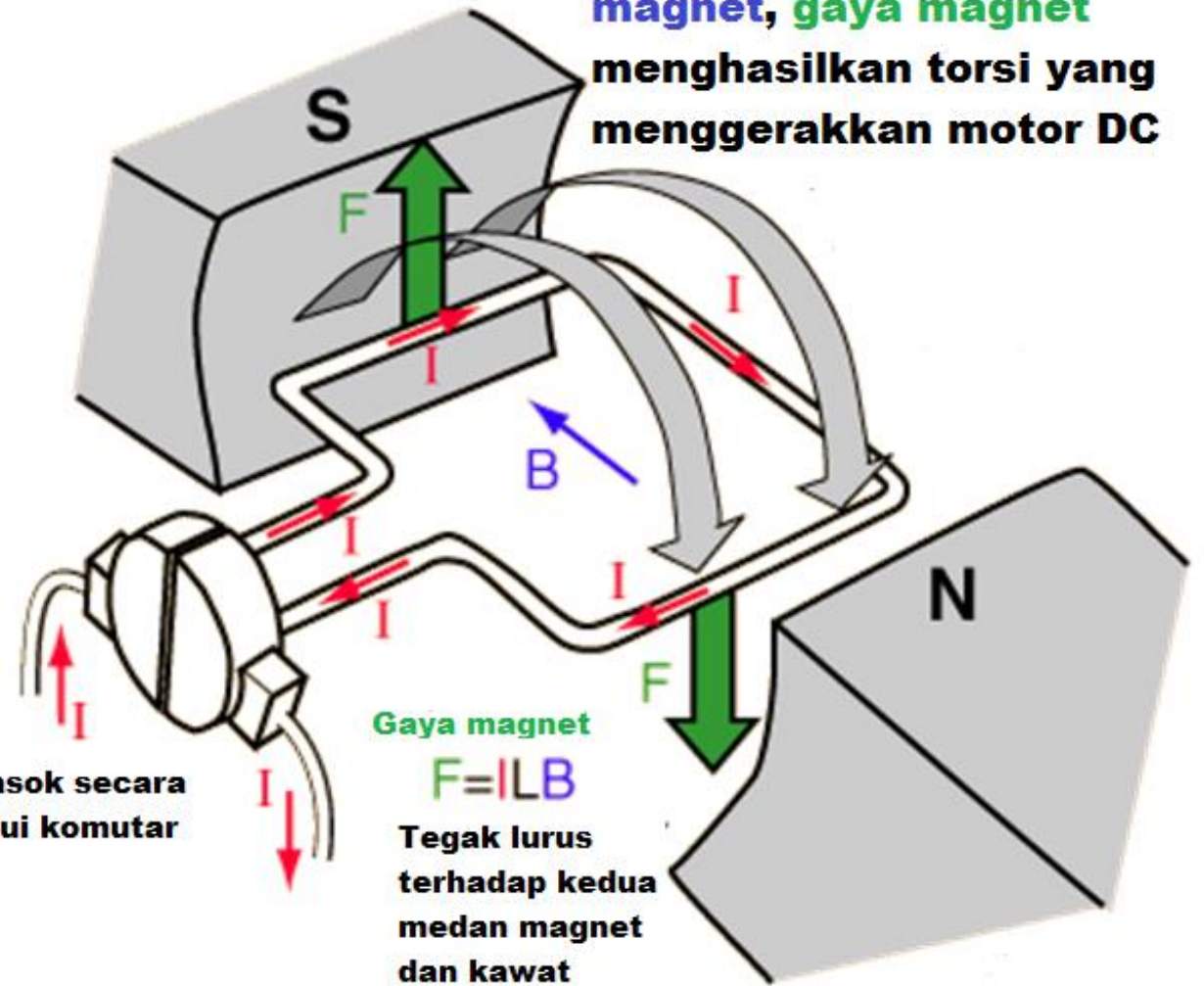
- ▶ Fungsi sebagai pengubah energi listrik menjadi energi mekanik
- ▶ Ketika controller mengatur energi listrik dari battery ke motor, maka motor akan berubahnya menjadi energi mekanik berupa putaran yang digunakan untuk memutar transmisi dan roda.
- ▶ Motor traksi BLDC (*brushless DC traction motor*) 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

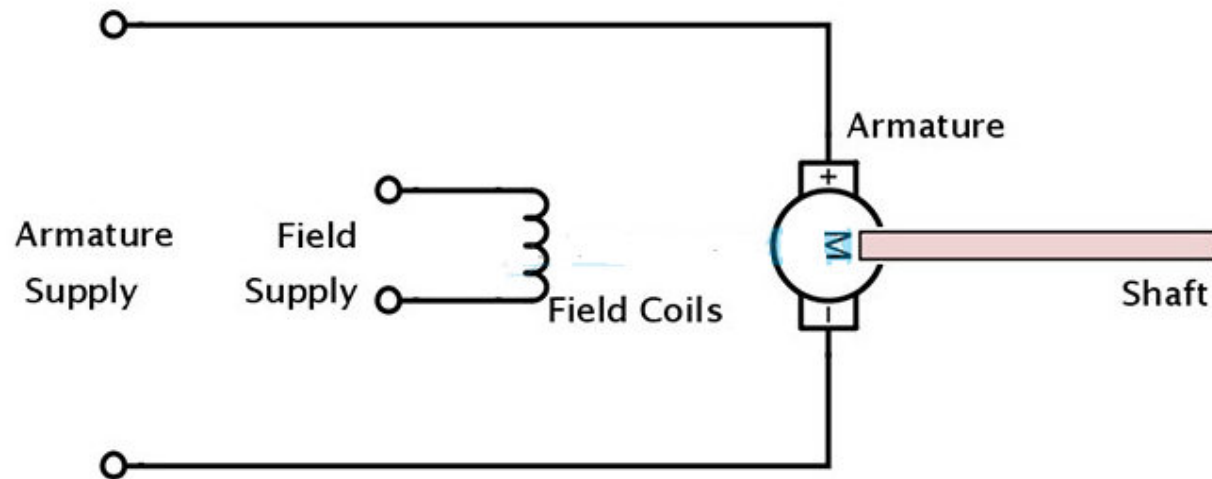


Arus listrik dipasok secara eksternal melalui komutar

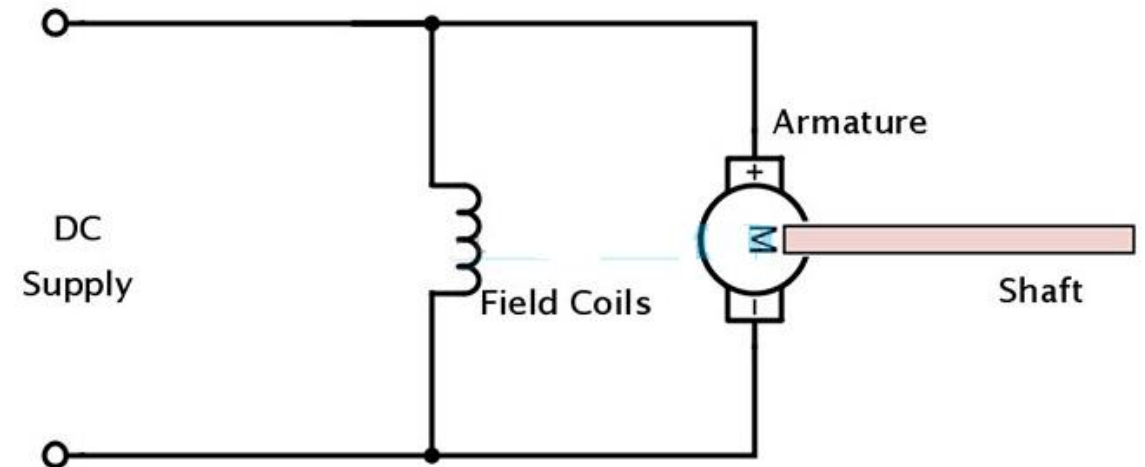




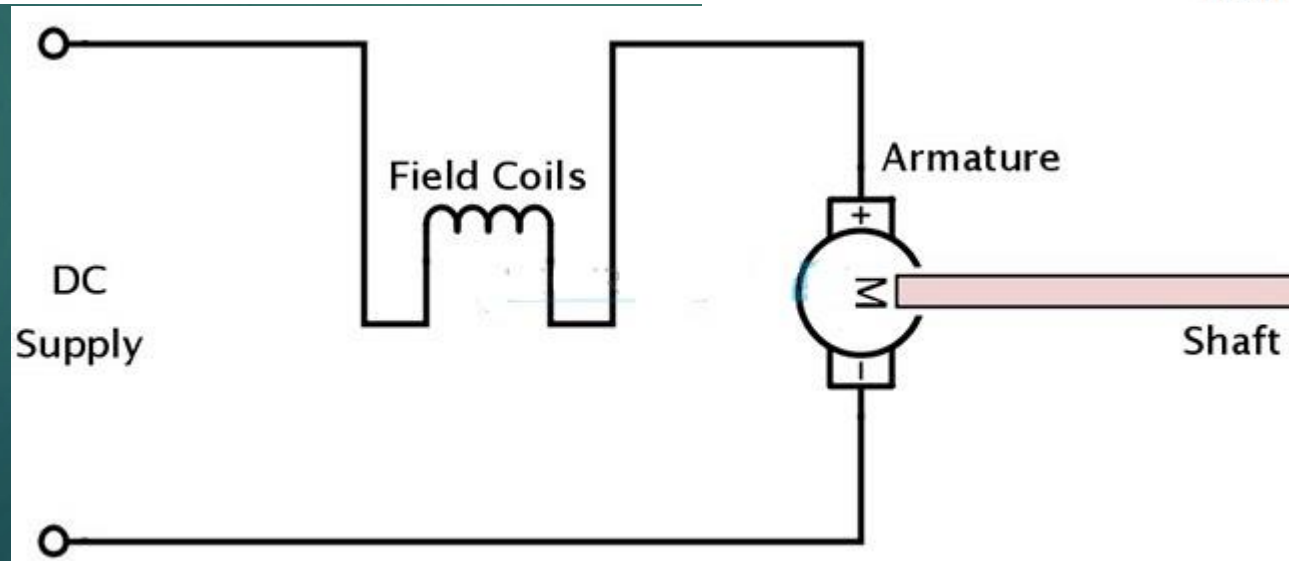
# JENIS MOTOR DC



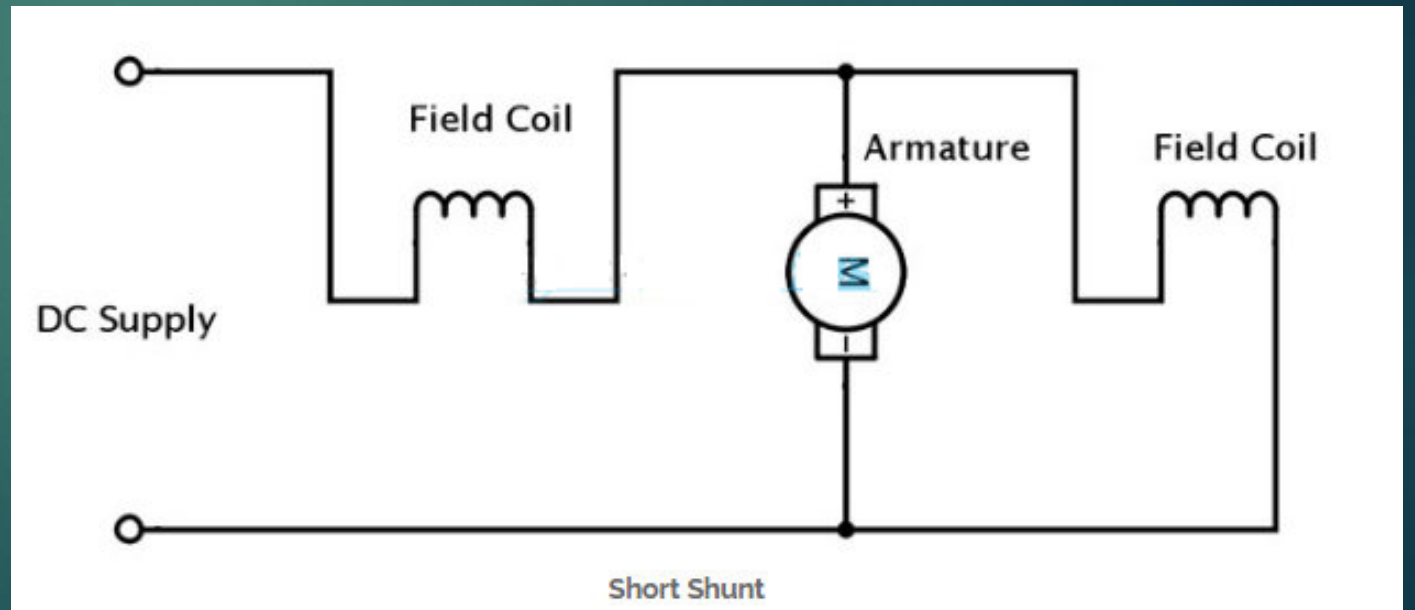
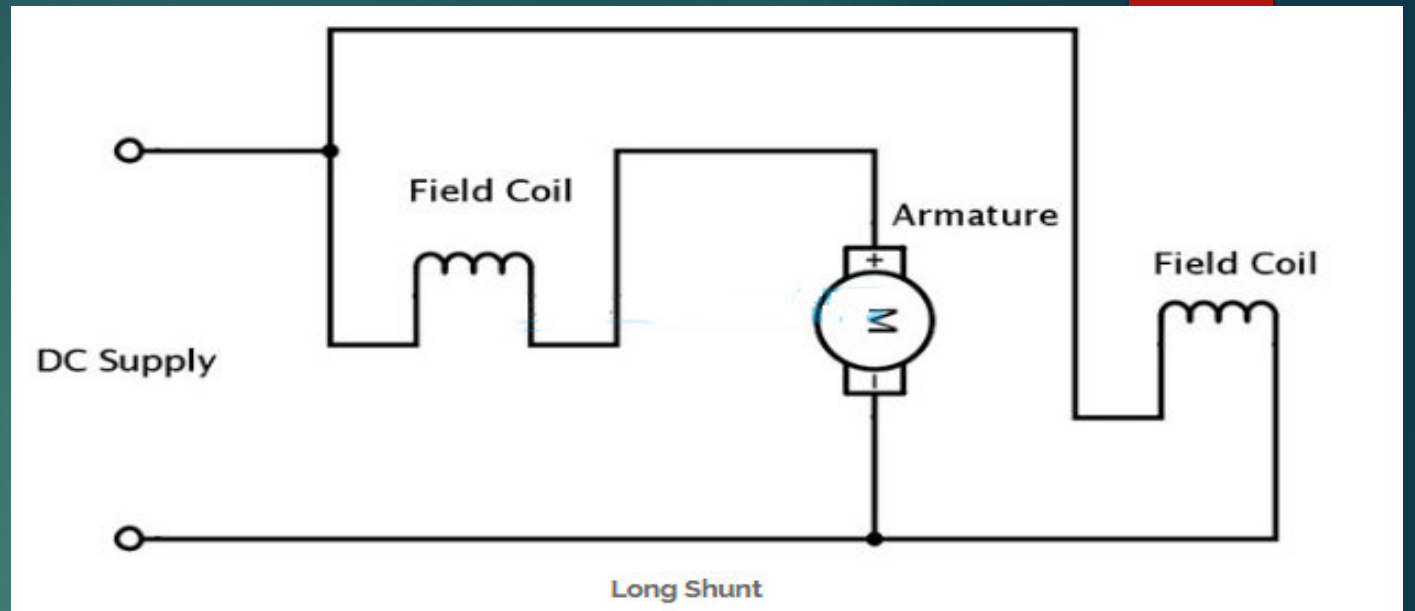
Separately Excited Motors



Shunt DC Motor



# 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)

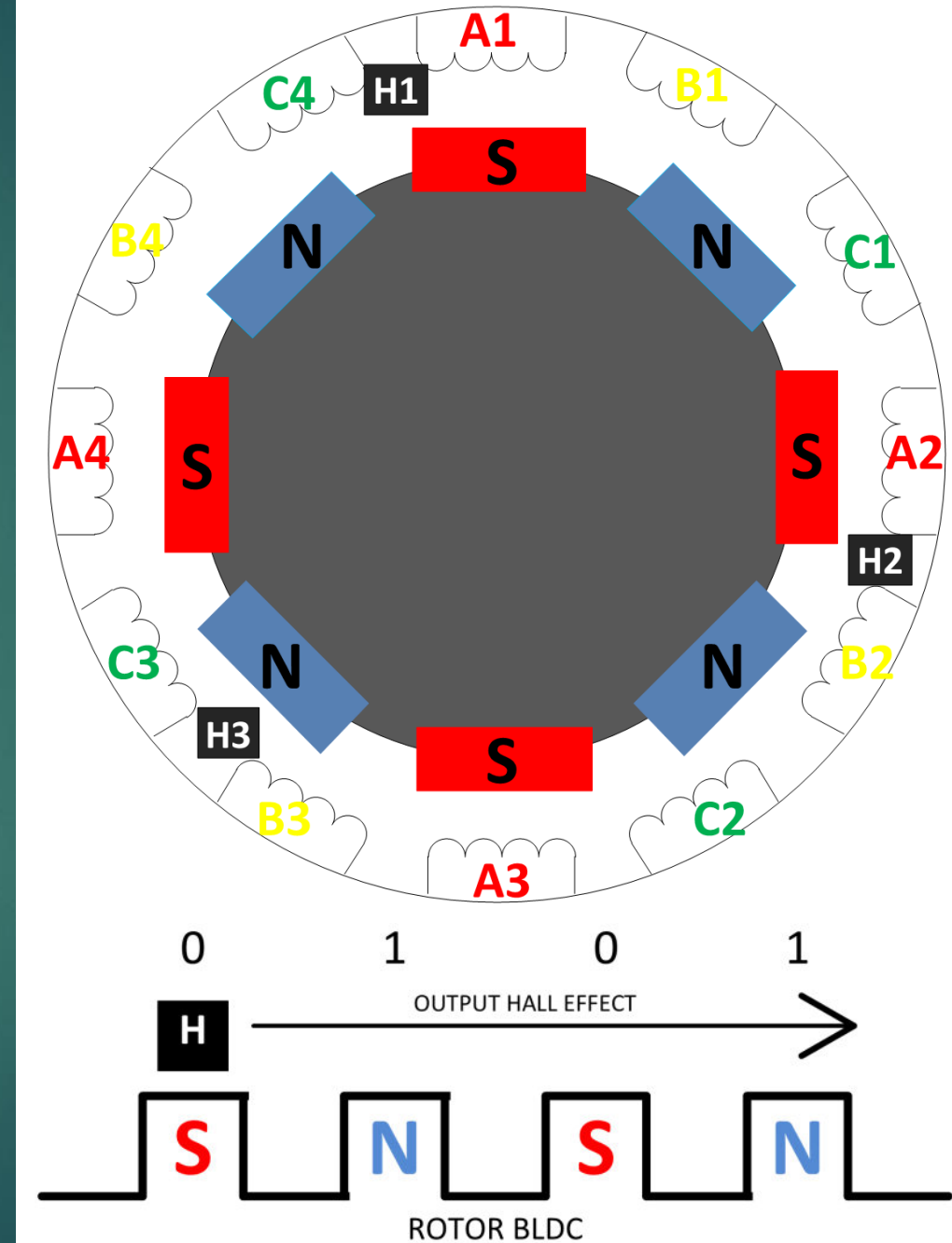
# MOTOR BLDC

*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° untuk mendeteksi posisi sudut dari rotor



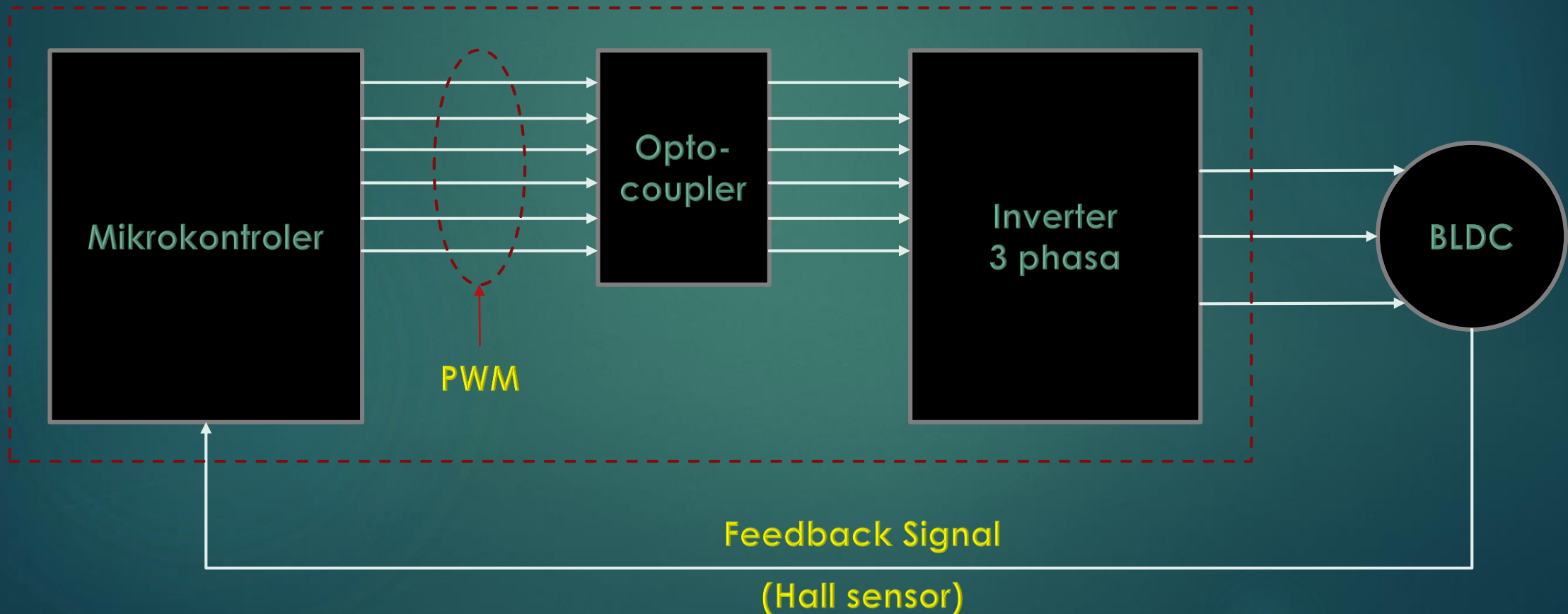


# Controller

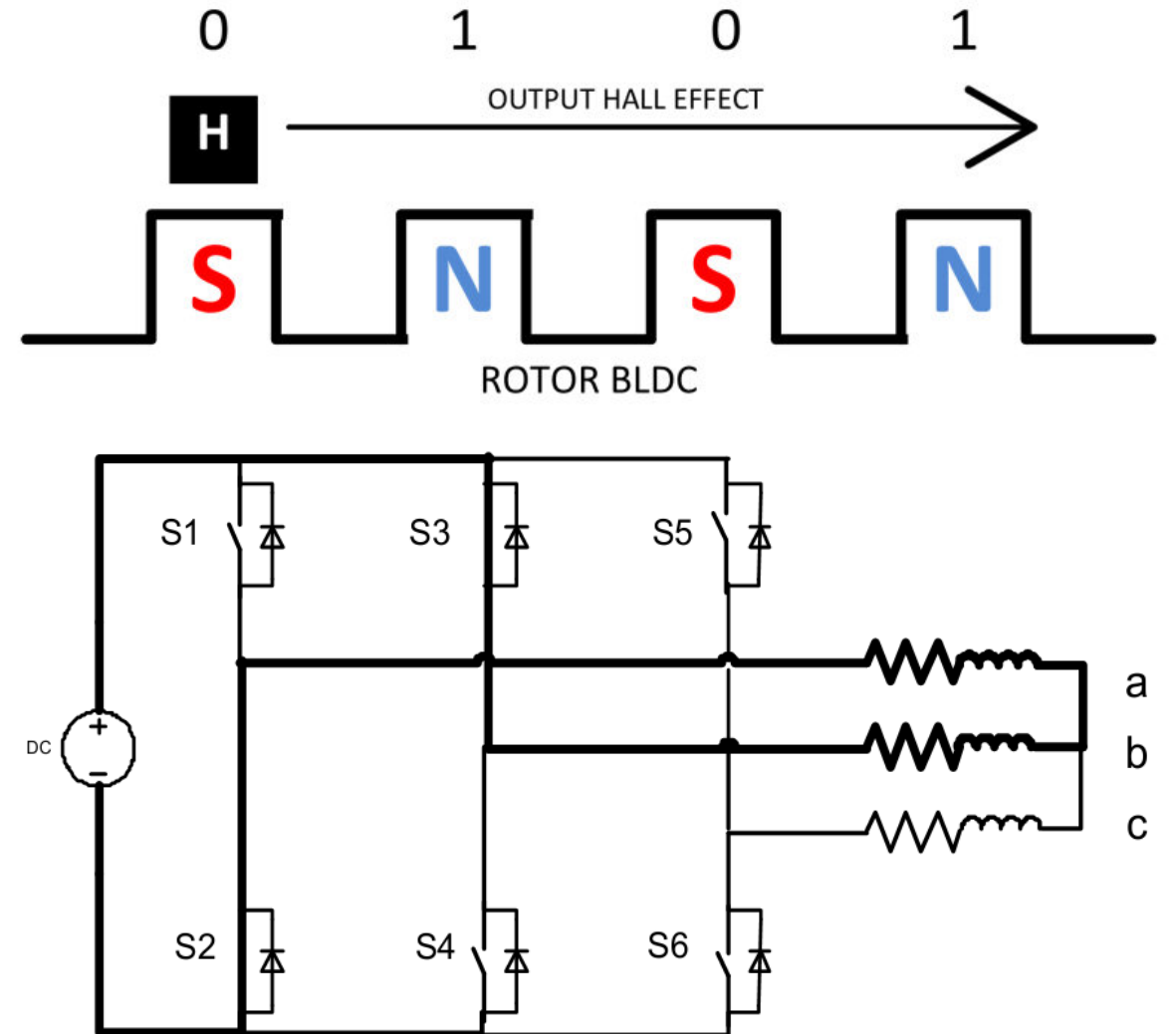
- ▶ Fungsi utama dari pengendali (*controller*) adalah sebagai elemen pengatur energi di baterai yang disalurkan ke motor traksi.
- ▶ Input controller sinyal pengaturan kecepatan yang dihasilkan dari pedal gas dan pedal rem
- ▶ Pengaturan pedal ini akan menentukan variasi frekuensi atau variasi tegangan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



# Skematik Sistem Kendali BLDC



H1	H2	H3	Van	Vbn	Vcn
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-on 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)

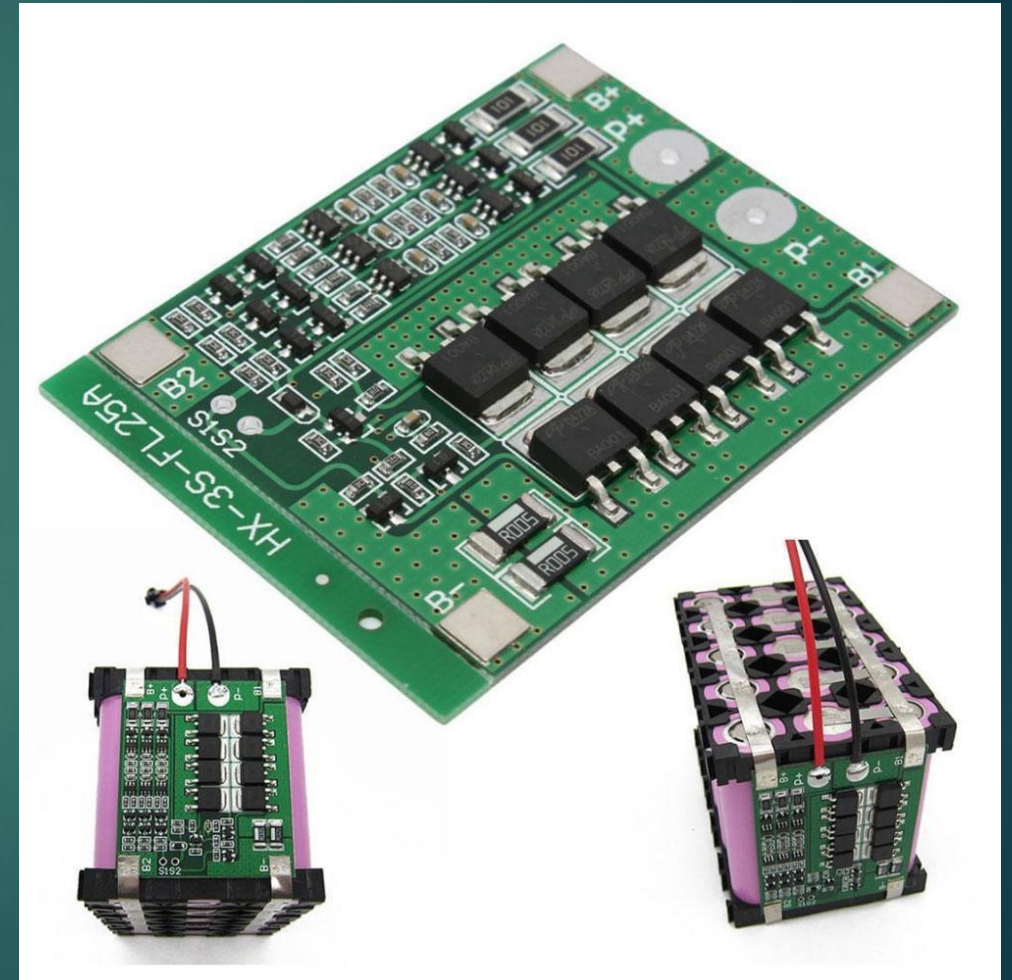
- ▶ Baterai SLA (asam-timbal) merupakan baterai isi ulang tertua.
- ▶ Dibanding baterai lithium dan NiMH, baterai asam-timbal memang kalah dalam kapasitas dan bobotnya jauh lebih berat, namun harganya relatif murah serta aman.
- ▶ Baterai SLA masih digunakan oleh kendaraan komersial sebagai sistem penyimpanan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

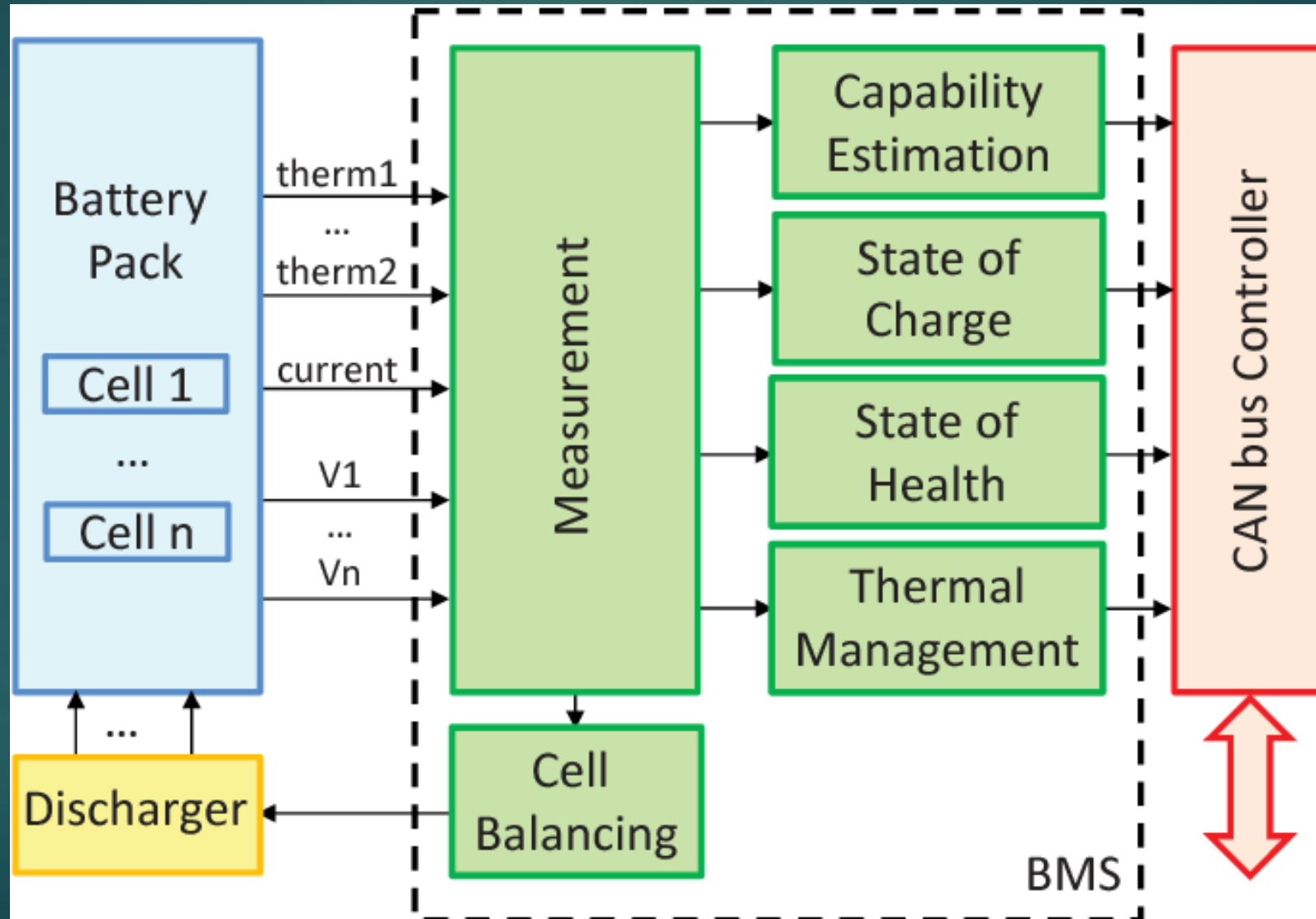
# Battery Management System (BMS)

- ▶ 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



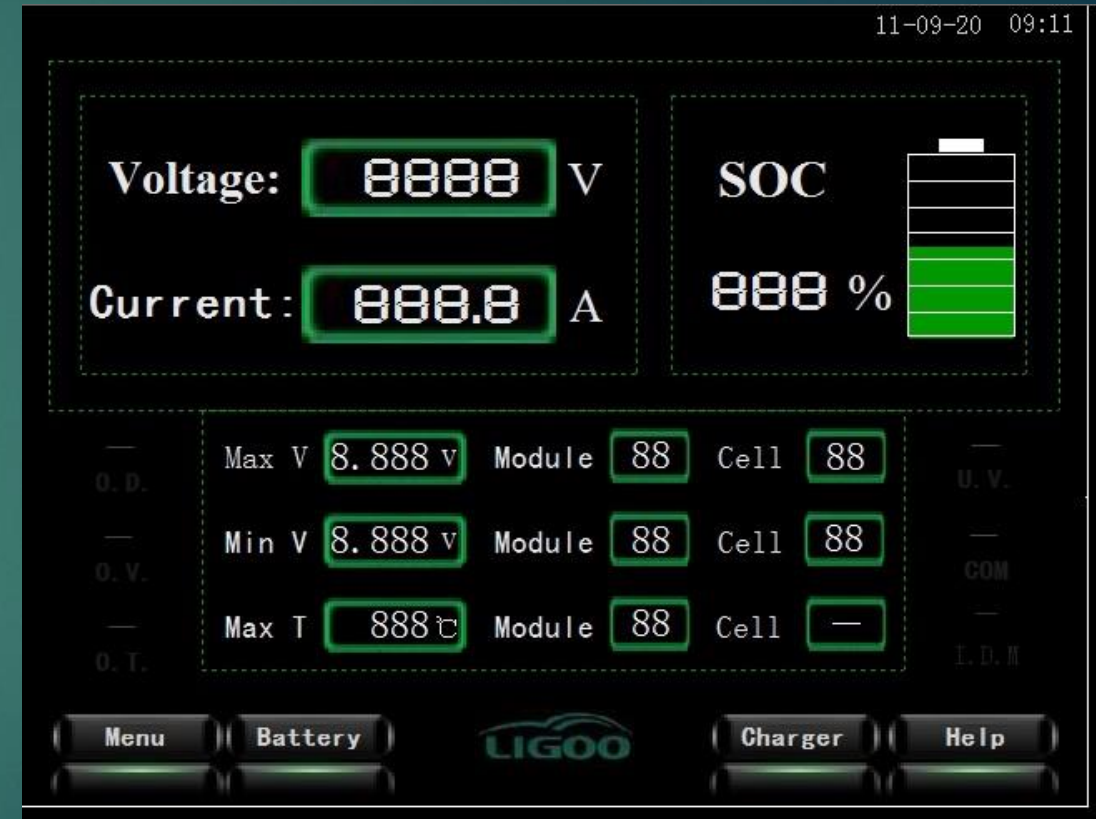
# Fungsi dan Peranan BMS

## ► 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 Health (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

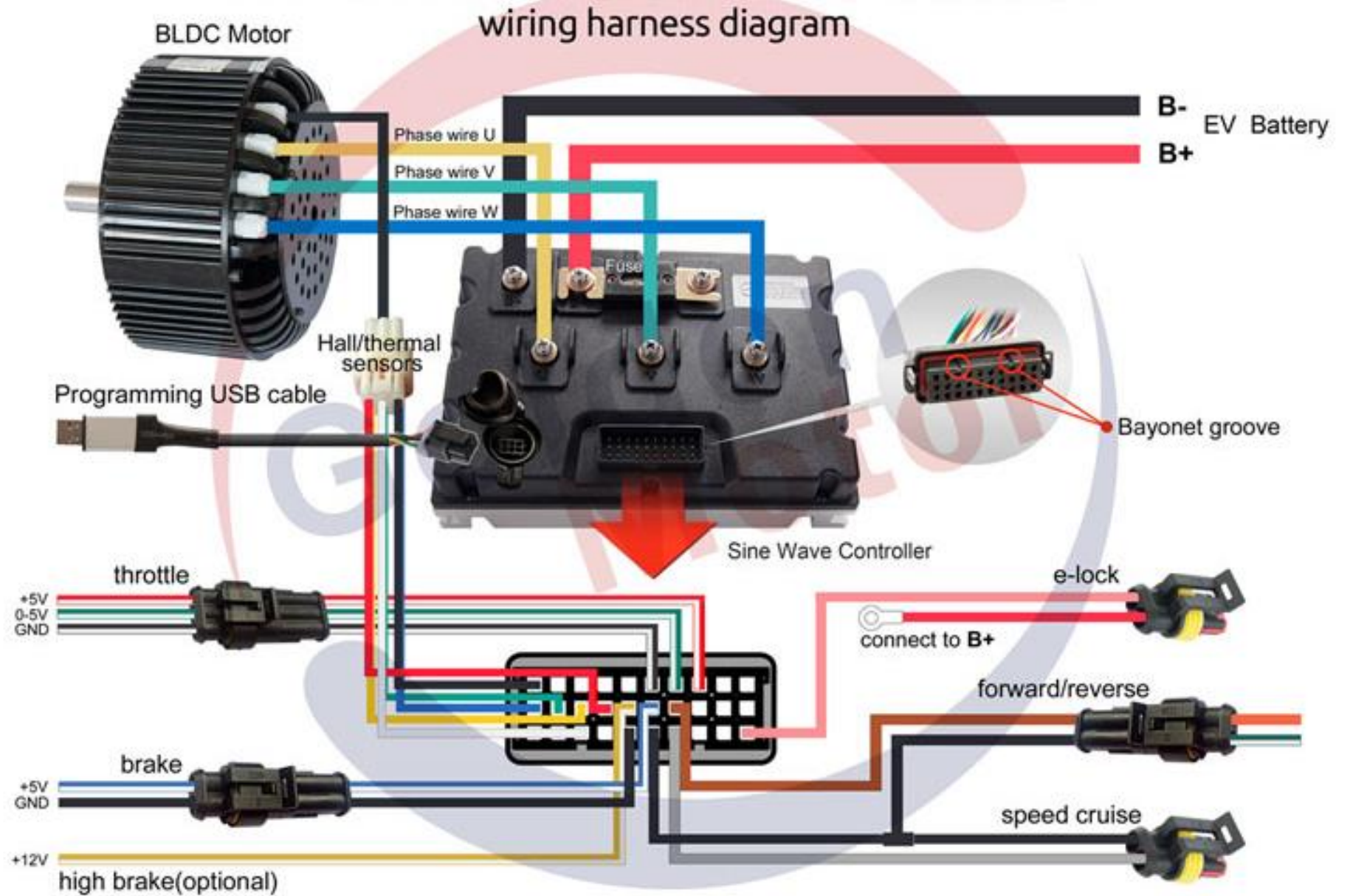
- BMS berkomunikasi dengan Electronic Control Unit (ECU) untuk menjamin pengendalian kendaraan secara baik (smooth running), start/stop charging dan discharging

# Kapasitas Motor, Battery, dan BMS

Motor Penggerak	Rekomendasi Battery	Rekomendasi BMS
$V_m$ = Tegangan Motor (Volt) $P_m$ = Daya motor (Watt) $I_m$ = Arus motor (Amper)	$V_{bat}$ = Tegangan battery = $V_m$ $I_{bat}$ = Arus battery minimal = 120% $I_m$	$V_{bms}$ = $V_{motor}$ $I_{bms}$ = 120%
Contoh : Motor BLDC 36 Volt, 350 Watt  $V_m$ = 36 Volt $P_m$ = 350 Watt $I_m$ = $P_m/V_m$ = $350/36$ = 9,7 A	$V_{bat}$ = 36 Volt $I_{bat}$ = 120% x 9,7 A = 11,6 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	$V_{bms}$ = 36 Volt $I_{bms}$ = 12 Ampere  <u>Note:</u> Menyesuaikan ketersediaan jenis BMS di pasaran



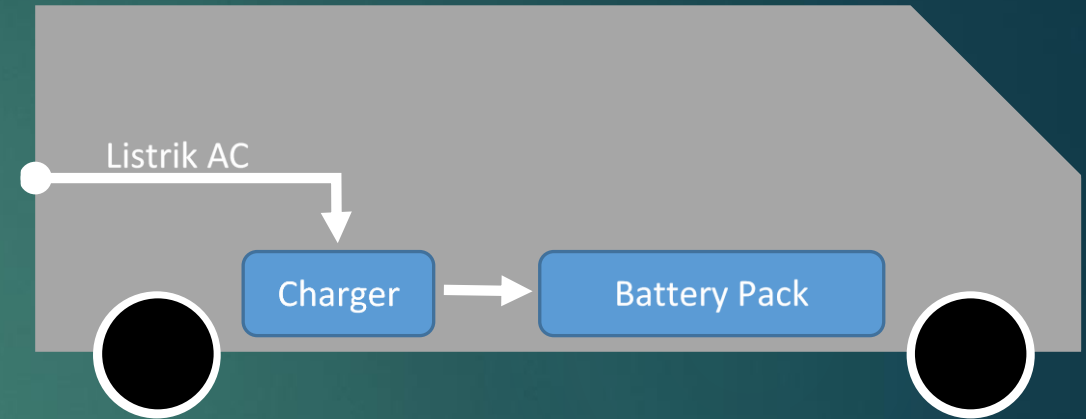
# Contoh Wiring Diagram



# Charging System

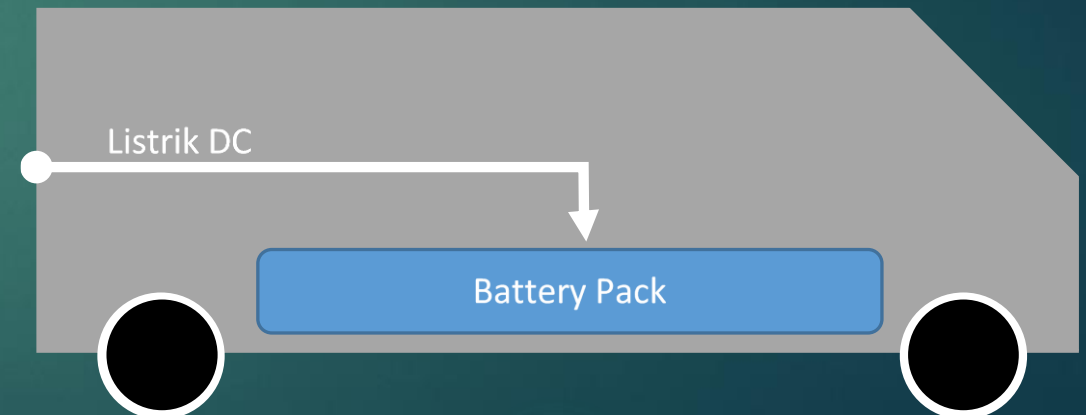
## ► On-board charger :

- 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)



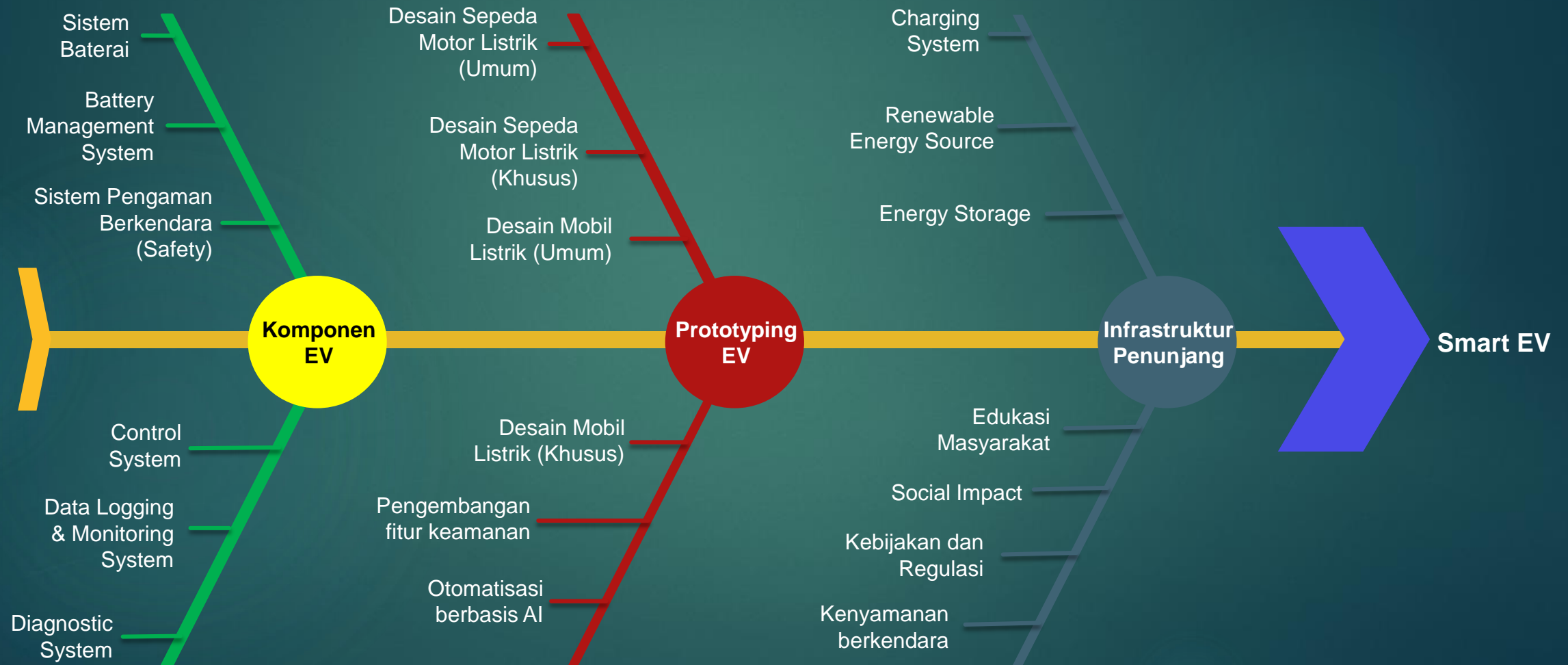
## ► Off-board charger :

- 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







Terima  
kasih

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



[pusatstudikendaraanlistrik.ubl@gmail.com](mailto:pusatstudikendaraanlistrik.ubl@gmail.com)