

# Revolusi dan Teknologi Kenderaan Elektrik

**Muhamad Husaini Abu Bakar**

Peningkatan suhu dunia mengakibatkan perubahan iklim yang mendadak serta memberikan impak negatif terhadap kemandirian hidup manusia secara global. Umum mengetahui bahawa peningkatan suhu ialah kesan daripada kegagalan

sinaran matahari untuk keluar daripada atmosfera bumi dan akibat kadar sinaran yang berbahaya memasuki bumi kerana penipisan lapisan ozon. Kedua-dua faktor ini disebabkan oleh kandungan gas rumah hijau seperti karbon dioksida, nitrogen

dioksida dan metana yang tinggi dalam udara bumi. Gas rumah hijau berpunca daripada pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan tenaga yang amat diperlukan dalam era Revolusi Industri 4.0. Satu daripada penyumbang



kepada keperluan tenaga yang tinggi ialah sektor pengangkutan yang menggunakan sumber tenaga boleh gerak untuk menampung keperluan enjin. Jelaslah bahawa dengan mengurangkan penggunaan bahan bakar untuk tujuan pengangkutan sekali gus dapat meminimumkan pembebasan gas rumah hijau.

**Revolusi Penciptaan Kereta Elektrik**

Dewasa ini, pembangunan sistem pengangkutan alternatif berasaskan kuasa bateri semakin popular dan meluas. Lebih khusus lagi, sistem pengangkutan ini dinamakan sebagai kenderaan elektrik. Ramai beranggapan bahawa kenderaan elektrik ialah teknologi baharu yang diperkenalkan pada penghujung kurun ke-20 setelah timbulnya kesedaran masyarakat untuk mengurangkan kesan rumah hijau yang terhasil daripada pembakaran enjin

**Pada tahun 1880 hingga tahun 1914, iaitu dalam tempoh kedua, kenderaan elektrik mula dikeluarkan secara komersial dan mendominasi jalan raya di Eropah dan Amerika Syarikat.**

kenderaan. Namun pada hakikatnya, kenderaan elektrik pernah mendominasi jalan raya sebelum penggunaan enjin pembakaran dalam, iaitu sekitar awal kurun ke-19. Pada tahun 1832, Robert Anderson telah berjaya membangunkan kenderaan elektrik pertama dengan menggunakan bateri tidak dapat dicas semula. Kereta tersebut mampu mencapai kelajuan sekitar enam kilometer (km) per jam. Pada waktu yang sama, beberapa orang

pencipta seperti Anyos Jedlik, Sibrandus Stratingh dan Thomas Davenport turut membina model kenderaan elektrik. Walau bagaimanapun, semua prototaip yang dibangunkan adalah terhad kepada kelajuan maksimum 12 km/jam dan jarak adalah sekitar empat kilometer kerana tenaga bateri yang terhad dan tidak dapat dicas semula.

Perjalanan kenderaan elektrik dapat dibahagikan kepada lima tempoh sepanjang lewat kurun ke-19 dan awal kurun ke-21. Tempoh pertama adalah antara tahun 1830 hingga tahun 1880 semasa penerokaan awal kenderaan elektrik berlaku. Pada tahun 1880 hingga tahun 1914, iaitu dalam tempoh kedua, kenderaan elektrik mula dikeluarkan secara komersial dan mendominasi jalan raya di Eropah dan Amerika Syarikat. Tempoh ketiga bermula pada tahun 1914 hingga tahun 1970 apabila kemunculan enjin pembakaran dalam dan menyebabkan



kenderaan elektrik menjadi tidak popular lantaran kegagalan persaingan dari segi kos dan jarak perjalanan. Namun begitu, pada tempoh keempat, iaitu tahun 1970 hingga tahun 2003, kenderaan elektrik mula menarik perhatian kesan daripada kenaikan harga bahan bakar dan pengenalan bateri yang berkapasiti tinggi seperti bateri litium ion. Tempoh perjalanan kenderaan elektrik yang terakhir bermula dari tahun 2003 hingga sekarang yang menunjukkan kenderaan elektrik menjadi keutamaan masyarakat dunia kerana kemampuannya untuk menyaingi enjin pembakaran dalam dan permulaan kepada penggunaan teknologi bateri, motor elektrik dan struktur kenderaan ringan.

#### **Pengelasan Kenderaan Elektrik**

Secara dasarnya, teknologi kenderaan elektrik boleh dikelaskan kepada empat, iaitu kenderaan elektrik bateri atau *battery electric vehicle* (BEV), kenderaan elektrik hibrid atau *hybrid electric vehicle* (HEV), kenderaan elektrik pemasangan hibrid atau *plug-in hybrid vehicle* (PHEV), dan kenderaan elektrik sel bahan api atau *fuel cell electric vehicle* (FCEV).

BEV ialah kenderaan yang menggunakan bateri sepenuhnya untuk menggerakkan sistem gear dan seterusnya memacu roda kenderaan. Kuasa elektrik arus terus daripada bateri akan ditukarkan kepada kuasa arus ulang-alik untuk memacu motor kenderaan. Bateri BEV akan dicas di stesen pengecas yang bersambung dengan grid kuasa. Ciri ini menjadikan kenderaan jenis ini bersifat mesra alam sekitar kerana tiada enjin pembakaran dalam yang menyebabkan karbon monoksida terhasil.

Seiring dengan namanya, HEV ialah kenderaan yang menggabungkan dua atau lebih kuasa enjin. Kenderaan jenis ini menggunakan enjin pembakaran dalam untuk mengecap bateri dan seterusnya menyalurkan kuasa kepada motor untuk menggerakkan kenderaan. Motor elektrik dan bateri berkapasiti rendah dalam kereta hibrid sekadar memberikan sokongan dan mampu menggerakkan kenderaan dalam jarak dekat. Kenderaan jenis HEV juga tidak mempunyai sebarang terminal untuk proses pengecasan semula.

## **Bateri cas semula yang berasaskan asid plumbum telah digunakan untuk membekalkan tenaga bagi menggerakkan dua motor berkuasa 1.1 kilowatt. Dengan menggunakan bateri asid plumbum, kenderaan elektrik dilaporkan boleh bergerak sejauh 40 km dengan kelajuan maksimum 32 km/jam.**

PHEV menggunakan kuasa bateri untuk memacukan kenderaan. Apabila kuasa bateri kehabisan, enjin pembakaran dalam akan menggerakkan kenderaan. Secara umumnya, PHEV ialah kenderaan yang mempunyai ciri yang sama seperti HEV. Namun begitu, bateri dalam PHEV dapat dicas semula oleh enjin pembakaran dalam atau brek regeneratif. Semasa kenderaan dalam mod brek, motor akan bertindak sebagai generator untuk menghasilkan tenaga elektrik dan kemudiannya akan mengecap bateri PHEV.

FCEV ialah kenderaan yang menggunakan penukaran daripada tenaga kimia kepada tenaga elektrik. Pada kebiasaannya, gas hidrogen digunakan dalam sel bahan bakar untuk menghasilkan tenaga elektrik dan seterusnya menggerakkan motor. FCEV juga digelar sebagai kenderaan pembebasan sifar kerana produk utama daripada tindak balas ini ialah air. Oleh sebab FCEV menggunakan

hidrogen sebagai bahan utama dalam proses penghasilan tenaga elektrik, maka tangki penyimpanan hidrogen diperlukan di samping lapisan sel bahan api.

#### **Teknologi Bateri untuk Kenderaan Elektrik**

Komponen utama dalam kenderaan elektrik ialah bateri. Kemajuan dalam teknologi bateri memberikan nafas baharu dalam perkembangan pembangunan kenderaan elektrik. Sebelum bateri cas semula yang pertama diperkenalkan pada tahun 1860, penggunaan kenderaan elektrik adalah terhad kepada prototaip. Pengeluaran kenderaan secara komersial hanya berlaku sekitar tahun 1890-an oleh Philadelphians Pedro Salom dan Henry G. Morris. Bateri cas semula yang berasaskan asid plumbum telah digunakan untuk membekalkan tenaga bagi menggerakkan dua motor berkuasa 1.1 kilowatt. Dengan menggunakan





bateri asid plumbum, kenderaan elektrik dilaporkan boleh bergerak sejauh 40 km dengan kelajuan maksimum 32 km/jam.

Teknologi bateri telah berkembang pesat sepanjang kurun ke-19 lantaran meningkatnya keperluan dalam peralatan boleh gerak seperti peralatan komunikasi. Anjakan terbesar dalam teknologi bateri ialah penemuan bateri berasaskan litium yang ditemukan oleh John Goodenough pada tahun 1980. Beliau dianugerahi Hadiah Nobel bersama-sama Stanley Whittingham dan Akira Yoshino pada tahun 2019 sebagai penghargaan dalam penciptaan bateri litium ion. Dengan menggunakan bateri litium ion, kenderaan elektrik dilaporkan berjaya bergerak dengan lebih jauh sebelum dicas semula. Penggunaan bateri litium telah menyebabkan kenderaan elektrik semakin popular dan menjadi kenderaan alternatif bermotor berbanding dengan kenderaan

yang menggunakan enjin pembakaran dalam.

Sifat reaktiviti bagi logam transisi yang digunakan dalam bateri litium telah mengakibatkan ketidakstabilan terma bagi bateri. Keadaan ini berpotensi besar menghasilkan letupan dan kebakaran yang berpunca daripada bateri. Oleh sebab itu, pencarian katod yang stabil telah membawa kepada penerokaan teknologi nano dalam bidang penyelidikan bateri. Dengan menggunakan teknologi nano, *lithium ferro phosphate* diperkenalkan dan teknologi ini mempunyai kestabilan terma yang tinggi serta sesuai digunakan sebagai katod untuk bateri litium. Selain teknologi bateri litium, beberapa jenis bateri lain juga digunakan dalam kenderaan elektrik dan mempunyai kelebihan dari segi kitar hayat yang lebih panjang, tenaga spesifik yang tinggi serta kos yang lebih murah.

Bateri asid plumbum mempunyai kelebihan dari segi kos yang murah, iaitu sekitar RM400 per kilowatt-jam (kWh). Namun begitu, bateri ini mempunyai tenaga spesifik yang rendah sekitar 40 watt-jam (Wh) per kilogram (kg). Teknologi logam nikel hidrid mampu memberikan tenaga spesifik yang lebih tinggi, iaitu 80 Wh/kg, namun begitu kosnya sekitar dalam julat RM2800 hingga RM3200 kWh/kg. Faktor kos telah menjadikan bateri logam nikel hidrid sebagai pilihan yang kurang berkesan untuk kegunaan kenderaan elektrik. Selain itu, teknologi bateri sodium nikel klorida menawarkan harga satu pertiga daripada bateri litium dan jangkakan kos sekitar RM1000 kWh/kg. Bateri ini mempunyai tahap keselamatan dan kitar hayat yang panjang. Walau bagaimanapun, bateri sodium nikel klorida lebih sesuai digunakan bersama-sama kapasitor dalam

membekalkan kuasa kepada kenderaan elektrik. Oleh itu, bateri litium lebih sesuai digunakan sebagai sumber kuasa dalam kenderaan elektrik berbanding dengan bateri jenis lain buat masa ini.

Di samping jenis bateri yang digunakan, pembangunan sistem kawalan pengurusan bateri juga memainkan peranan penting dalam memastikan kenderaan elektrik berfungsi secara optimum di jalan raya. Sistem pengurusan bateri mempunyai dua peranan utama, iaitu pemantauan parameter bateri dan mengawasi operasi bateri. Pemantauan parameter termasuklah menentukan cas bateri, prestasi dan baki jangka hayat bateri. Pemantauan parameter ini penting bagi memastikan proses pengecasan dan discas berlaku pada tahap optimum. Selain itu, komunikasi antara sistem

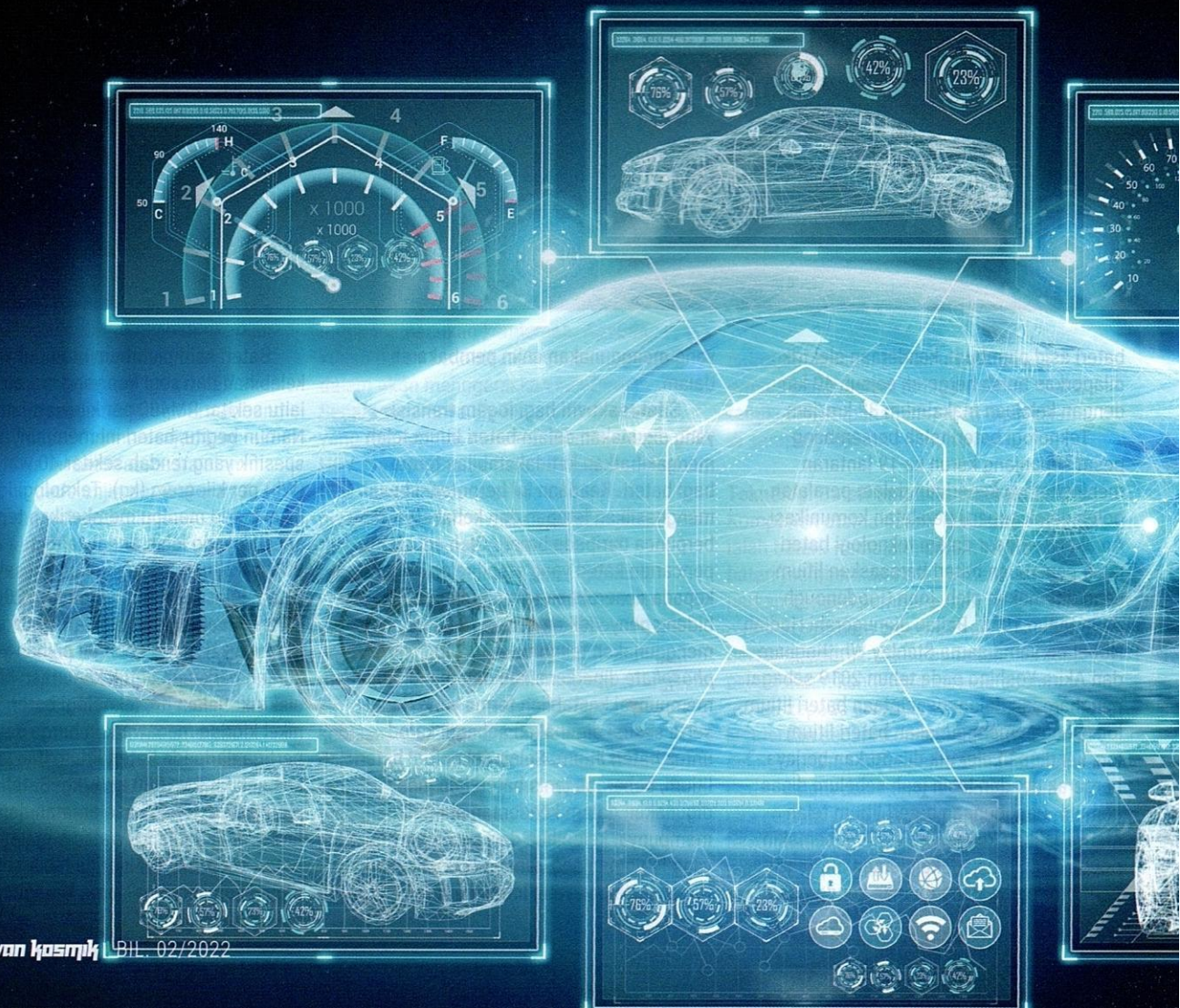
pengaturan atas papan dengan pemandu juga perlu dipastikan berjalan dengan baik.

Operasi bateri hendaklah ditentukan supaya bateri sentiasa dalam keadaan selamat, cekap dan tidak berlaku keadaan yang memusnahkan fungsi bateri. Untuk membina sistem pengurusan bateri yang baik, model matematik untuk kapasiti dan impedans bateri dibangunkan. Model matematik ini juga membolehkan sistem kawalan tertutup dan pintar untuk bateri dimajukan. Bagi mencapai tujuan kawalan yang optimum, kaedah kecerdasan buatan digunakan dengan meluas. Kesannya, kebanyakan sistem pengurusan bateri dilengkapi dengan sistem kawalan tertutup pintar dan mampu membuat keputusan yang baik dengan seliaan minimum.

### Teknologi Motor Elektrik

Motor elektrik ialah mesin yang menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga kinetik. Motor ini menggunakan bekalan elektrik sebagai sumber dan menghasilkan tenaga mekanik dalam bentuk daya kilas atau putaran. Kenderaan elektrik digerakkan oleh motor elektrik yang disambungkan kepada roda dengan menggunakan sistem pemacu gear yang kompleks. Motor elektrik yang digunakan sama ada secara arus terus atau arus ulang-alik. Kedua-dua sistem ini digunakan mengikut kesesuaian tertentu dan bergantung pada segmen pasaran kenderaan elektrik.

Motor arus terus lebih senang digunakan kerana sistem kawalan yang mudah dan lebih murah berbanding dengan motor arus ulang-alik. Namun begitu, motor arus terus memerlukan penyelenggaraan



yang kerap akibat haus dan lusuh antara berus karbon dengan penukar tertib atau komutator. Motor arus ulang-alik pula menawarkan tenaga spesifik yang lebih tinggi tetapi memerlukan pengubah arus dan sistem kawalan yang kompleks. Walaupun motor arus ulang-alik bersifat lebih ringan, pendawaian dan papan pemacu elektronik kuasa diperlukan bagi penggunaan motor jenis ini. Hal ini menjadikan sistem kawalan menjadi lebih sukar dan banyak komponen diperlukan serta mengakibatkan kebolehpercayaan terhimpun menjadi rendah dan akhirnya mengurangkan keberkesanan kenderaan elektrik.

### Teknologi Struktur Kenderaan Elektrik

Berat dan daya seretan ialah penyumbang utama kepada penggunaan tenaga dalam kenderaan elektrik. Oleh sebab kenderaan

elektrik bergantung pada tenaga yang dibekalkan oleh bateri, maka penggunaan tenaga yang minimum amat diperlukan bagi meningkatkan jarak perjalanan. Hal ini menyebabkan pembangunan teknologi struktur dan reka bentuk badan kenderaan elektrik yang optimum amat dititikberatkan.

Pembangunan kenderaan elektrik berstruktur ringan adalah berdasarkan tiga matlamat utama, iaitu penggunaan tenaga yang cekap, meningkatkan keselamatan dan menambah baik prestasi. Pengurangan berat kenderaan sebanyak 10 peratus berpotensi mengurangkan penggunaan tenaga sebanyak enam peratus hingga lapan peratus. Di samping itu, dengan pembangunan kenderaan yang lebih ringan, momentum kenderaan dapat dikurangkan, terutamanya apabila berhadapan dengan keadaan jalan raya yang tidak sekata. Hal ini dapat mengurangkan tindakan brek ketika berdepan dengan situasi berbahaya dan memendekkan jarak kenderaan untuk berhenti. Selain itu, penggunaan kenderaan yang lebih ringan meningkatkan kebolehkawalan kenderaan sekali gus meningkatkan prestasi pemanduan.

Kenderaan berstruktur ringan boleh dicapai dengan menggunakan teknologi komposit logam dan bahan termaju. Gentian karbon dan gentian kaca sebagai bahan komposit dan plastik semakin banyak digunakan dalam penghasilan komponen dalaman kenderaan menggantikan kepingan besi. Aluminium dan magnesium juga mula digunakan memandangkan kedua-dua bahan ini mampu memberikan kekuatan yang diperlukan dan mempunyai berat yang lebih rendah berbanding dengan besi berasaskan ferum.

Bagi penghasilan struktur utama kenderaan, bahan yang mempunyai kekuatan lebih tinggi diperlukan. Pada kebiasaannya, bahan yang mempunyai kekuatan tinggi juga mempunyai densiti yang tinggi dan akhirnya berat komponen yang terhasil mempunyai berat yang tinggi. Untuk menyelesaikan masalah ini, besi kekuatan tinggi termaju atau *advanced high strength steel* (AHSS) telah diperkenalkan oleh pembuat kenderaan. AHSS mempunyai kekuatan sekitar 550 MPa dan kekuatan tegangan 500 MPa hingga 800 MPa

bergantung pada teknik penguatan logam yang digunakan. Penggunaan AHSS terbukti berjaya mengurangkan berat kenderaan kepada 30 peratus hingga 35 peratus.

Selain menggunakan bahan termaju dalam menghasilkan kereta, dinamik bendalir kenderaan juga diambil kira semasa mereka bentuk bahagian luar badan kenderaan. Reka bentuk yang mempunyai aliran lamina akan mengurangkan daya seretan pada kenderaan. Oleh sebab itu, bentuk aliran udara di sekitar badan kenderaan perlu kekal dalam aliran garis arus. Untuk mendapatkan reka bentuk badan kenderaan yang optimum, kaedah pengkomputeran dinamik bendalir atau *computational fluid dynamics* (CFD) dilakukan dalam setiap reka bentuk kenderaan. Pemodelan CFD ini membantu dalam menentukan titik bermulanya aliran gelora udara. Aliran gelora ini penting untuk meningkatkan daya seretan kepada kenderaan apabila halaju kenderaan ditingkatkan. Kini, bentuk kenderaan elektrik direka bentuk berdasarkan pemodelan CFD supaya daya seretan dapat dikurangkan dan menjimatkan tenaga untuk melawan daya ini.

Sebagai kesimpulannya, perubahan iklim dunia yang berpunca daripada pembebasan gas rumah hijau akibat pembakaran bahan bakar kenderaan telah menyebabkan pilihan untuk beralih kepada penggunaan teknologi kenderaan elektrik. Kenderaan elektrik dilihat telah bersedia dari segi teknologi untuk menggantikan kenderaan berasaskan enjin pembakaran dalam. Dari sudut inovasi bateri, motor elektrik dan struktur ringan bagi kenderaan elektrik jelas memperlihatkan revolusi kenderaan jenis ini bersedia untuk digunakan sepenuhnya. Walau bagaimanapun, penggunaannya masih terhad pada masa ini akibat kos bateri yang bahan pembuatannya masih tertumpu kepada litium. Sungguhpun ada usaha yang dilakukan untuk menggunakan bahan yang lebih murah, namun begitu pelaksanaannya masih belum pada peringkat komersial dan sesuai untuk digunakan di jalan raya.👉

