

KOMERSIALISASI MOBIL HIBRIDA

Irwan Ibrahim *)

Peneliti Pada Pusat Pengkajian Teknologi Industri dan Sistem Transportasi

Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa, BPPT

Ged.2 BBPT LT.10, JI.M.H.Thamrin 8, Jakarta 10340

Tlp: 021-316 9357; Fax: 021-316 9345

E-mail : wanibra@yahoo.com

ABSTRACT

Nowadays hybrid vehicles become an interesting subject of discussion in relation with oil fuel conservation and air quality. Hybride car is considered suitable to cope with oil reserve depletion as well as to reduce exhaust emission of motor vehicles. All car manufacturers try to introduce their products which are excellent in technology and competitive in price. However, due to technology embedded in hybrid car, demand on new and rare materials is increasing. Plug-in hybrid which is more popular may cause increase of pollution around the power plant area. These matters also need appropriate attention.

Hybrid cars are already introduced in Jakarta. Public interest is still very low due to limited information on the advantages of hybrid technology, and of course because of higher price of the car. Incentives are necessary especially for the user of hybrid car in densely populated cities.

Keywords: *hybrid, electric motor, battery*

PENDAHULUAN

Kendaraan hibrida adalah kendaraan yang menggunakan dua atau lebih sumber tenaga penggerak. Karena banyak dikaitkan dengan tenaga listrik, maka kendaraan listrik hibrida sering menjadi pokok bahasan. Terminologi yang paling umum dipakai untuk kendaraan listrik hibrida (*hybrid electric vehicles*) adalah kendaraan yang mengkombinasikan sebuah motor bakar (*internal combustion engine*) dan sebuah atau lebih motor listrik. Dalam praktek, sumber tenaga yang dapat dipergunakan kendaraan hibrida tersebut diantaranya termasuk sebagai berikut:

- On-board atau out-board rechargeable energy storage system
- Bensin atau minyak solar
- Hidrogen
- Nitrogen cair
- Tenaga manusia misal mendayung atau mengayuh
- Angin
- Listrik
- CNG atau LPG
- Matahari

- Panas dari motor bakar
- Batubara, kayu, atau bahan padat lain yang dapat terbakar

Pemikiran dan teknologi kendaraan-kendaraan hibrida sudah muncul ratusan tahun yang lalu. Ferdinand Porsche pada tahun 1900 telah mengembangkan mobil bensin-listrik pertama di dunia. Mobil yang menggunakan dua motor pada sumbu roda yang dikombinasikan secara seri dengan generator yang digerakkan oleh motor bakar berhasil mencapai suatu rekor kecepatan. Pada tahun 1978/79 David Arthurs, seorang insinyur dari Springdale-Arkansas menemukan teknologi perolehan energi pada saat pengereman yang dikenal sebagai *braking regenerative hybrid*. Sebuah mobil Opel GT yang dimodifikasinya dilaporkan dapat mengembalikan energi sehingga mobil tersebut mencapai konsumsi bahan bakar 75MPG.

Prototip dan publikasi pertama tentang sepeda hibrida seri dibuat oleh A. Kinzel tahun 1975. Tahun 1994 Bernie Macdonalds merancang kendaraan ringan Electricite yang memanfaatkan *regenerative braking* dengan dukungan *power electronics*. Di tahun 1995 Thomas Müller merampungkan disain "*Fahrrad mit elektro-magnetischem Antrieb*" dan berhasil membuat prototip kendaraan tersebut. Pada tahun 1996 Jürg Blatter and Andreas Fuchs dari Berne University membuat sebuah sepeda hibrida seri, dan tahun 1998 memasang sistem itu pada Leitra Tricycle yang memperoleh *European patent*. Tahun 1999 Harald Kutzke mengemukakan konsep "*active bicycle*" yang merupakan pendekatan terhadap sepeda ideal ultra ringan yang mempunyai koefisien *drag nol* dan didukung kompensasi elektronik. Tahun 2005 Fuchs dan timnya membuat beberapa prototip *tricycles* dan *quadricycles* hibrida seri.

Dengan terminologi seperti di atas, sesungguhnya kendaraan hibrida bukanlah barang asing karena telah cukup banyak orang yang sudah atau pernah memilikinya. Setiap kendaraan yang mengkombinasikan dua atau lebih sumber tenaga yang dapat secara langsung atau tidak langsung menyediakan propulsi masuk dalam kategori hibrida. Sebagai contoh sepeda yang dilengkapi sebuah motor bakar, berarti kendaraan ini menggunakan tenaga motor dan tenaga orang yang mengendarainya. Lokomotif juga digerakkan oleh perpaduan tenaga motor diesel dengan motor listrik, demikian juga bus diesel-listrik yang terdapat di Seattle. Truk tambang ukuran raksasa kebanyakan juga memakai hibrida diesel-listrik. Kapal selam konvensional atau kapal selam nuklir merupakan hibrida yang mengandalkan diesel-listrik atau nuklir-listrik. Jadi kendaraan hibrida ada di sekitar kita. Kebanyakan mobil hibrida yang dikenal sekarang ini merupakan hibrida bensin-listrik, namun Peugeot Citroen baru saja meluncurkan mobil hibrida diesel-listrik.

Mobil bensin dan mobil listrik

Mobil bensin konvensional memperoleh daya propulsinya dari pembakaran bensin yang menghasilkan energi untuk memutar transmisi dan diteruskan ke roda. Sayangnya, walau bahan bakar fosil masih unggul dalam peringkat penghasil daya per satuan berat, produk sampingnya merugikan lingkungan. Disamping itu bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui sementara ketersediaannya makin terbatas dan harganya terus meningkat. Sebaliknya, Mobil listrik dilengkapi satu set baterai untuk mencatu motor listrik, produk sampingnya hampir bebas polusi, walaupun mobil ini membutuhkan waktu agak lama untuk mengisi baterai, dan relatif lambat.

BAHAN DAN METODE

Mobil hibrida dan komponennya

Mobil hibrida memadukan kekuatan motor listrik dan motor bensin. Mobil ini mengeluarkan sedikit polusi, lebih ekonomis dibanding mobil konvensional, serta lebih bertenaga dibanding mobil listrik. Komponen mobil hibrida adalah tangki bensin, motor bensin mutakhir yang berukuran lebih kecil, lebih efisien, beremisi rendah dibanding motor bensin biasa, motor/generator listrik, satu set baterai, dan transmisi yang menggerakkan roda.

Fitur mobil hibrida

Regenerative braking: Gesekan yang terjadi ketika pengereman dimanfaatkan untuk menambah energi listrik; generator motor listrik dari mobil hibrida menggunakan kelebihan energi kinetiknya untuk mengisi baterai motor listrik yang berarti menangkap sejumlah energi yang hilang terbuang pada mobil konvensional.

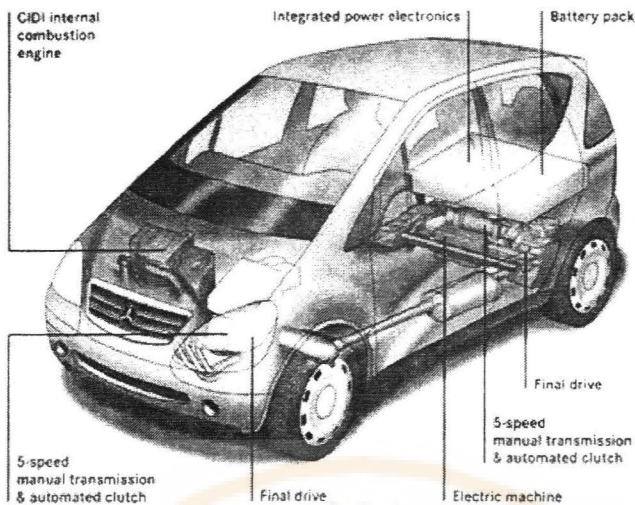
Temporary engine shut-off: Karena mobil hibrida mempunyai dua sumber penggerak, motor bensin dapat dimatikan secara otomatis pada waktu *idle*, dan cukup menggunakan motor listrik saja sehingga terdapat penghematan bahan bakar. Selanjutnya mobil hibrida dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar melalui minimalisasi gesekan ban, penggunaan material komposit sehingga terdapat pengurangan berat, dan pemakaian desain karoseri yang aerodinamis. Semua fitur ini memudahkan mobil hibrida dalam bermanuver, akselerasi, mencapai kecepatan maksimum serta menekan konsumsi bahan bakar dan emisi.

Teknologi mobil hibrida

Berdasarkan terminologi kendaraan hibrida yang digunakan, kendaraan listrik hibrida ini meliputi mobil kategori *Advanced Hybrid System 2 -AHS2* (Chevrolet Tahoe, Chevrolet Silverado, GMC Yukon, Cadillac Escalade, dan Saturn Vue), Toyota Prius, Toyota Camry Hybrid, Ford Escape Hybrid, Toyota Highlander Hybrid, Honda Insight, Honda Civic Hybrid, Lexus RX 400h/450h. Hibrida bensin-listrik kebanyakan menggunakan motor bakar bensin atau diesel dan motor listrik yang diaktifkan oleh baterai. Kendaraan hibrida dapat pula dipilah mulai dari tipe *full hybrid* hingga *mild hybrid* yang menawarkan beberapa keuntungan dan kerugian. Ada pula mobil hibrida jenis *plug-in-electric-vehicle* yang semakin banyak dipakai. Alasannya, kendaraan ini dapat mencapai berbagai lokasi dimana terdapat sumber listrik. Baterai dapat diisi ulang hanya dengan menggunakan stop kontak listrik di rumah, atau diisi oleh motor bakarnya.

- Hibrida paralel

Dalam hal hibrida paralel sebuah motor listrik dan motor bensin dipasang sedemikian sehingga keduanya secara bersama-sama atau sendiri-sendiri dapat jadi penggerak. Umumnya motor listrik dan motor bensin tersebut serta kotak roda gigi (*gear box*) dihubungkan oleh kopling otomatis. Bila jalan dengan tenaga listrik maka kopling ke motor bensin tidak terhubung, demikian juga sebaliknya. Contoh hibrida paralel dapat dilihat pada mobil Ford Escape Hybrid. Honda Insight merupakan mobil hibrida paralel pertama yang diproduksi serial.



Gambar 1. Contoh Sistem Mobil Hibrida

- *Mild parallel hybrid*

Hibrida jenis ini umumnya menggunakan sebuah motor listrik yang kompak (<20kW), dimaksudkan untuk memberikan fitur *auto-stop/start* dan menyediakan tenaga ekstra ketika akselerasi, dan untuk membangkitkan daya pada waktu *regenerative braking*. Sebagai contoh adalah mobil Honda Civic Hybrid, BMW 7-Series Hybrid, dan Smart Fortwo.

- *Power-Split Series-Parallel Hybrid*

Pada jenis hibrida ini daya motor listrik dan motor bensin dapat dibagi melalui *power splitter* (berupa *planetary gear set*) untuk menggerakkan roda. Rasio pembagian daya antara motor listrik dan motor bensin dalam rentang 0-100%. Bisa juga dibagi seperti 40% motor listrik dan 60% motor bensin. Motor listrik dapat berfungsi sebagai pengisi baterai. Di jalan raya motor bensin menjadi penggerak utama, ketika mendahului kendaraan lain dimana diperlukan tenaga tambahan, motor listrik aktif mendukung dalam tempo yang singkat sehingga pengemudi merasa seakan memiliki motor bensin yang lebih besar dari yang sesungguhnya terpasang. Dalam kebanyakan pemakaian, motor bensin dimatikan ketika berhenti sehingga mengurangi emisi. Toyota Prius, Lexus GS450 dan LS600 merupakan mobil yang memakai sistem hibrida seperti di atas.

- Hibrida Seri

Teknologi hibrida ini juga dikenal sebagai *Extended Range Electric Vehicle* atau *Range-Extended Electric Vehicle* (EREV/REEV), namun penambahan jarak tempuh dapat dicapai baik dengan cara seri maupun paralel. Mobil hibrida seri digerakkan oleh motor listrik yang secara mekanik tidak terhubung sama sekali dengan motor bensin. Motor bensin dihubungkan dengan generator yang bertugas mengisi baterai. Konfigurasi ini sebetulnya bukan hal yang baru, umum digunakan pada lokomotif *diesel-electric* dan kapal. Awal abad ke 20 Ferdinand Porsche memperkenalkan hibrida seri pada mobil balap. Mobil dengan konfigurasi generator listrik dan motor listrik pada masing-masing roda depan

sukses dalam rekor kecepatan, tetapi konsep ini tidak berhasil untuk produksi mobil masal. Tahun 1997 Toyota meluncurkan bus hibrida seri yang pertama di Jepang. GM memperkenalkan Chevy Volt di tahun 2010 dengan jangkauan 40 mil. Untuk memperpanjang jangkauannya mobil Saturn Vue SUV digunakan kombinasi *supercapacitors* dengan baterai *lithium ion*. Dengan kombinasi hibrida seri seperti itu dapat dicapai 150 mpg.

- *Plug-in hybrid electrical vehicle* (PHEV)

PHEV merupakan mobil hibrida seri atau paralel dengan kapasitas penyimpanan energi yang lebih besar biasanya memakai baterai *lithium-ion*. Mobil PHEV dapat dihubungkan dengan stop kontak listrik di rumah sehingga di mobil tidak diperlukan motor bensin pengisi baterai. Konsep ini menarik bagi orang yang menginginkan perbaikan emisi dengan menghindari pemakaian motor bensin. Mobil ini juga menarik dari segi biaya, karena energi listrik yang berasal dari rumah relatif lebih murah dibanding harga bensin yang diperlukan untuk menggerakkan genset.

Sebagai informasi, ketentuan yang berlaku saat ini di banyak negara Eropa adalah menggunakan pajak minyak sebagai sumber pendapatan utama. Ketentuan ini umumnya tidak berlaku untuk listrik. Listrik dikenai pajak secara merata untuk pelanggan rumah tangga. Beberapa penyedia listrik menawarkan pula harga khusus untuk pemakaian malam di luar waktu puncak, insentif ini makin meningkatkan minat masyarakat terhadap penggunaan PHEV.

- Hibrida *fuelcell*-listrik

Mobil hibrida sel bahan bakar ini sebetulnya adalah mobil listrik yang dilengkapi dengan sel bahan bakar (*fuel cell*). Sel bahan bakar dan juga baterai keduanya merupakan sumber energi listrik sehingga kendaraan yang menggunakannya tergolong hibrida. Sistem sel bahan bakar yang membutuhkan hidrogen sebagai bahan bakar berfungsi mengisi baterai begitu daya listriknya turun. Beberapa contoh mobil yang menggunakan teknologi ini adalah Chevrolet Equinox FCEV, Ford Edge Hyseries Drive and Honda FCX.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komersialisasi mobil hibrida

Pada awalnya sistem hibrida dikembangkan untuk mendukung kegiatan usaha yang memiliki armada truk, alat berat dan bus. Beberapa pertimbangan utama yang diperhatikan adalah skala armada yang lebih kecil, biaya ekstra untuk sistem hibrida yang dapat dikompensasi dengan penghematan bahan bakar, harga minyak yang cenderung terus naik, dimana titik puncaknya terjadi akhir tahun 1995. Di sisi lain kemajuan teknologi meningkatkan kapasitas baterai sementara harganya turun. Kemajuan teknologi tersebut telah digunakan oleh Toyota, Ford, dan GM dan lainnya untuk meluncurkan mobil *pick-up* hibrida dan SUV. Kenworth ikut memperkenalkan truk hibrida listrik yang kompetitif untuk penggunaan di perkotaan. FedEx dan perusahaan lain pun menanamkan investasi dalam kendaraan *delivery* hibrida, khususnya di kota dimana teknologi hibrida menguntungkan.

Toyota Prius

Prius merupakan mobil hibrida komersial pertama yang diproduksi massal. Dibuat oleh Toyota, dijual pertama kali di Jepang pada tahun 1997. Mobil ini diperkenalkan ke pasaran dunia pada tahun 2000 dan telah diproduksi sekitar 160.000 unit untuk pasar Jepang, Eropa, dan Amerika Utara hingga akhir 2003. Dalam bahasa Latin Prius berarti “di depan”. Prius (model tahun 2000-2003) meraih sertifikat sebagai *Super Ultra Low Emission Vehicle* yang dikeluarkan *California Air Resources Board*. Sedangkan model 2004 mendapat sertifikat sebagai Kendaraan Teknologi Maju Emisi Nol Sebagian (*Advanced Technology Partial Zero Emission Vehicle*). Mobil Prius juga terpilih sebagai Mobil Terbaik Eropa tahun 2005, mobil irit bensin ini sebelumnya terpilih sebagai Mobil Terbaik majalah *Motor Trend*.

Sebagai mobil hibrida, Prius dapat digerakkan oleh motor bensin dan motor listrik. Keunggulan dan komponen sistem hibrida yang diusung Prius di antaranya adalah:

1. Pengereman regeneratif; dimungkinkan dengan menggunakan motor-generator yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik yang kemudian disimpan dalam baterai.
2. Mesin Toyota NZ menggunakan putaran Atkinson yang lebih efisien dibanding putaran Otto. Karena mesin bensin biasanya juga ikut berhenti pada saat mobil berhenti, maka aksesoris (termasuk pendingin udara) digerakkan oleh baterai. Mesin digunakan untuk menggerakkan kendaraan dan juga mengisi baterai. Karena sudah ada motor listrik yang akan memberikan tenaga ekstra untuk akselerasi, maka motor bensin cukup berukuran kecil saja sehingga efisiensi bahan bakar meningkat dan emisi berkurang.
3. Dilengkapi dua motor listrik/generator listrik MG1 dan MG2. MG1 dapat berputar balik dan bergerak sampai 10 rpm, berfungsi menyalakan mesin dan menyediakan torsi balik untuk CVT. MG2 menyediakan daya hingga 50 kW (67hp) pada 1.200 sampai 1.540 rpm, dan torsi 400 N.m pada 1.200 rpm. Motor tersebut digunakan sebagai generator pada saat pengereman regeneratif dan pada waktu mobil bergerak dengan kecepatan rendah.
4. *Hybrid Synergy Drive* (HSD) merupakan *planetary gearset* yang beroperasi seperti CVT dengan tujuan meningkatkan efisiensi. Komputer mengontrol HSD untuk sinkronisasi tenaga motor bensin dan motor listrik sesuai dengan kebutuhan roda depan dan pengisian baterai.
5. Sumber energi berupa 38 modul baterai isi ulang jenis *nickel metal hydride* (NiMH) 273,6 V, kapasitas 6,5 Ah buatan Panasonic. Baterai biasanya diisi sampai dengan 40-60% dari kapasitas maksimum untuk memperpanjang umur baterai dan juga mencadangkan ruang untuk pengereman regeneratif.

Prius adalah sedan empat pintu untuk lima penumpang yang dapat memenuhi standar emisi California. Prius berbobot 1.315 kg dengan ruang interior dan bagasi menyamai Corolla. Mobil ini mampu berakselerasi 24 km/jam hanya dengan tenaga listrik yang memberikan kontribusi bagi konsumsi bahan bakar yang lebih baik di dalam kota dibanding di jalan raya. Untuk kondisi jalan dan pengendaraan di Jepang, Prius dapat mencapai konsumsi bahan bakar 130 mpg. Kinerjanya akan turun cukup signifikan untuk di Amerika yang mempunyai banyak jalan raya. Namun untuk perjalanan urban, angka

100 mpg diperkirakan tidak jadi persoalan. Prius dilengkapi *parallel hybrid powertrain* yang disebut *Toyota Hybrid System* yang mempunyai sejumlah keuntungan. Tidak seperti Honda, untuk mencapai sasaran emisi dan konsumsi bahan bakar, Toyota lebih fokus kepada *powertrain*.

Untuk mengoptimisasi efisiensi bahan bakar dan menekan emisi, Prius mengandalkan dua fitur:

- Motor bensin hanya bekerja pada kecepatan dan beban yang efisien. Untuk menekan emisi, motor bensin baru bekerja ketika kecepatan mencapai 24 km/jam.
- Dilengkapi perangkat *power split device*, sehingga motor bensin dapat diatur untuk bekerja sangat efisien pada kecepatan dan rentang beban tertentu. Perangkat ini menjamin motor bensin selalu bekerja pada beban yang paling efisien dalam rentang kecepatan yang ditentukan.

Prius terus mengalami pengembangan, model tahun 2010 merupakan generasi ke lima yang dijual seharga USD28.070 di Amerika. Dilengkapi dengan motor bensin 4 silinder, 1,8 liter, 98 hp/73 kW rasio kompresi 13:1. Ditambah motor listrik tipe AC *synchronous* dengan daya sebesar 60 kW. Kinerjanya untuk jalan dalam kota dan jalan raya mencapai 48/51 MPG.

Toyota sedang mempersiapkan versi mobil hibrida terbaru yaitu Plug-in Prius yang akan diluncurkan secara komersial akhir tahun 2011. Pada tahun 2010 sebanyak 600 unit diuji coba oleh sejumlah konsumen dalam bentuk armada mobil hibrida. Juga dalam pengujian pemakaian baterai lithium-ion pada 100 Plug-in Prius dalam semua kondisi medan dan cuaca. Walau kinerja paket baterai terbukti aman dan andal, *cost-effectiveness* belum meyakinkan. Toyota percaya bahwa ukuran paket baterai untuk Plug-in Prius cukup kecil saja. Dengan demikian jarak tempuh yang dicapai sekitar 10-14 mil sebagaimana halnya mobil listrik yang dilengkapi baterai lithium-ion kapasitas 5,2 kWh. Hal ini dianggap memadai untuk perjalanan jarak pendek. Upayanya adalah agar Plug-in Prius tidak sampai menjadi tidak kompetitif akibat paket baterai yang besar. Walau ada kritik tentang paket baterai yang kecil, namun beberapa studi menyatakan bahwa hibrida tipe *plug-in* dengan paket baterai kecil merupakan konfigurasi yang paling baik dari segi *cost-effectiveness*.

Honda Insight 2010

Ketika orang membicarakan masalah mobil hibrida, Toyota Prius paling sering diangkat sebagai contoh. Konsistensi catatan kinerja sepanjang tahun tentang efisiensi bahan bakar, kepuasan umum pemakaian, dan harga yang wajar telah membuat Prius disenangi oleh kebanyakan pemakai.

Walaupun terdapat dominasi Prius, mobil populer ini bukanlah kendaraan hibrida pertama yang menjelajahi jalan-jalan Amerika yang berhasil membentuk citra. Penghargaan justru direbut oleh Honda. Tahun 1999, Honda memperkenalkan mobil Honda Insight yaitu mobil hibrida bensin-listrik yang dijual secara massal kepada pengendara di Amerika. Dengan konfigurasi motor bensin yang didukung oleh motor listrik kecil, Insight melompat ke puncak daftar keekonomian bahan bakar terbaik yang dikeluarkan *Environmental Protection Agency*. Insight juga memperkenalkan *Integrated Motor Assist* yaitu sebuah teknologi yang digunakan untuk propulsi hibrida. Sistem ini mengadopsi unsur inti teknologi hibrida, termasuk *regenerative braking*, *nickel-metal hydride battery packs* dan penggunaan *microprocessor*.

Tetapi Honda menghentikan produksi Insight pada tahun 2006, namun hanya sementara. Pada tahun 2010 Insight generasi ke dua diluncurkan. Masih menggunakan sistem *Integrated Motor Assist* tetapi dilengkapi fitur baru *Ecological Drive Assist System*, yaitu sebuah sistem umpan balik visual untuk membantu pengemudi meningkatkan ekonomi bahan bakar dan memperbaiki kebiasaan mengemudi pada umumnya. Honda Insight merupakan mobil hibrida termurah dengan harga dasar USD 19.800.

Tampilan Honda Insight semula mengalami sedikit perubahan sepanjang tahun, tetapi mobil keluaran tahun 2010 sepenuhnya berbeda dibanding generasi pertama. Insight sebagai mobil konsep keluar tahun 1997, ketika itu Honda memperkenalkan mobil kecil ringan, berdisain *sporty*, dua pintu, untuk empat penumpang. Model ini berkembang menjadi mobil yang dikenal sebagai Honda VV yang merupakan prototip pra-produksi mobil Insight 2000. Penekanannya sebagai mobil sport dikurangi, sementara efisiensi bahan bakar dan aerodinamika lebih menonjol yang ditunjukkan dengan karoseri aluminium. Terlepas dari sedikit penyempurnaan pada bentuk lampu depan dan sosok fisiknya, desain dasar dari Insight generasi pertama masih dipertahankan.

Satu hal yang digarisbawahi banyak pengamat yang melakukan uji mengendarai Honda Insight adalah bahwa mobil ini menyamai seterusnya Toyota Prius. Keduanya memiliki profil yang sama, empat pintu, dan bertipe *hatchback*. Namun Insight 2010 digolongkan sebagai mobil kompak, sedangkan Prius masuk ukuran sedang (*mid-sized car*).

Insight dilengkapi *Multi-Information-Display* yang menampilkan informasi statistik kepada pengemudi seperti kecepatan, temperatur, ekonomi bahan bakar. Mobil ini juga dipasang teknologi peraga yang disebut *Eco Assist* yang berfungsi memberikan umpan balik terkait dengan keekonomian bahan bakar, misalnya informasi ketika pengendara masuk keadaan boros bahan bakar. Berdasarkan informasi tersebut pengendara dapat melakukan perubahan *setting* mobilnya dengan menekan tombol tertentu di *dashboard* sehingga efisiensi penggunaan bahan bakar kembali meningkat.

Chevrolet Volt merupakan mobil hibrida jenis *plug-in hybrid electric vehicle* yang diproduksi tahun 2010 sebagai model 2011 hasil penyempurnaan dari prototip sebelumnya. Mobil ini dapat melaju sejauh 64 km dengan tenaga baterai lithium-ion. Paket baterai dapat diisi ulang hingga 16 kWh pada tegangan 120-240 Volt AC dengan stop kontak rumah standar SAE J772, sehingga tidak dibutuhkan stasion pengisian khusus.

Dengan paket baterai terisi penuh pengendara dapat menempuh hingga 64 km yang merupakan jarak yang lebih jauh dari kebutuhan komuter dari 75% orang Amerika yang rata-rata hanya 53 km. Setelah menempuh 64 km, sebuah motor bensin kecil akan memutar generator kapasitas 55 kW yang dapat menjamin perjalanan selanjutnya hingga lebih dari 43 km. Listrik yang dihasilkan generator dipasok langsung ke motor listrik, sisanya disimpan dalam baterai. Distribusi listrik dikendalikan secara otomatis oleh sebuah *electronic control unit*. Tidak seperti kebanyakan mobil listrik yang sudah ada di pasar, propulsi mobil hibrida Volt hanya motor listrik saja.

Karena definisi SAE sekarang ini mengatakan bahwa kendaraan hibrida mempunyai dua atau lebih sistem penyimpanan energi dimana keduanya harus dapat memberikan daya propulsi bersama-sama atau secara individu, maka GM menghindari pemakaian istilah hibrida

untuk menjelaskan Voltec Design. GM memilih sebutan Volt sebagai mobil listrik yang dilengkapi dengan a "*range extending*" *gasoline powered internal combustion engine* sebagai sebuah genset, dan karena itu diperkenalkan sebagai "*Extended Range Electric Vehicle*" atau E-REV. Namun karena adanya kombinasi motor bensin dengan motor listrik secara seri, konfigurasi ini secara umum dinamakan *plug-in series hybrid*.

Isu lingkungan-konsumsi bahan bakar dan pengurangan emisi

Mobil hibrida biasanya memberikan keekonomian bahan bakar yang tinggi dan emisi yang rendah. Hal ini dicapai dengan tiga elemen desain sbb:

1. Mengandalkan baik motor bakar maupun motor listrik, untuk mencapai daya maksimum dibantu oleh motor listrik, sehingga cukup dengan motor bakar yang lebih kecil untuk pemakaian normal. Mesin yang lebih kecil dapat memiliki rugi-rugi internal rendah dan lebih ringan.
2. Memiliki kapasitas baterai yang besar untuk menyimpan dan menggunakan kembali energi yang dikumpulkan, khususnya untuk trafik *stop-and-go*.
3. Mengumpulkan kembali sejumlah energi pada waktu pengereman. Pengereman regeneratif ini mengurangi kecepatan mobil karena sebagian energi kinetiknya dikonversi menjadi listrik, tergantung pada *power rating* dari motor/generator;

Teknik lain yang tidak merupakan fitur mobil hibrida saja, tetapi sering dijumpai pada mobil hibrida:

1. Mematikan motor bensin pada waktu lalu lintas berhenti, atau ketika merayap, dan saat *idle*.
2. Meningkatkan segi aerodinamika; (merupakan satu penyebab borosnya bahan bakar mobil SUV sebagai pengaruh koefisien geseknya tinggi). Mobil berbentuk kotak membutuhkan daya lebih besar untuk bergerak menghadapi udara sehingga mesinnya harus bekerja lebih berat. Memperbaiki bentuk dan aerodinamika mobil sangat membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar, sekaligus meningkatkan pengendalian.
3. Menggunakan ban dengan tahanan *glinding* rendah (ban sering dibuat untuk memberikan kenyamanan, kehalusan berkendara, suara rendah, daya cengkram tinggi sedangkan efisiensi dapat prioritas lebih rendah). Ban menyebabkan gesekan mekanik sehingga dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar. Mobil hibrida seyogianya memakai ban bertekanan angin lebih tinggi atau lebih *inflated*, kaku, struktur dan kompon karetinya bertahanan *glinding* rendah tetapi daya cengkram tetap tinggi.
4. Penggunaan a/c, *power steering*, dan *auxiliary pumps* secara elektrik sesuai kebutuhan; ini akan mengurangi kerugian mekanik dibanding kalau digunakan terus menerus dengan bantuan *engine belts*.

Fitur di atas membuat mobil hibrida sangat efisien untuk lalu lintas perkotaan dimana frekwensi berhenti, merayap, dan *idle* tinggi. Apalagi emisi suara turun, terutama ketika *idle* dan kecepatan rendah. Untuk kecepatan tinggi fitur ini kurang berarti dalam mengurangi emisi.

Emisi mobil hibrida

Emisi mobil hibrida yang ada sekarang ini sudah mendekati atau bahkan lebih rendah dari ambang batas, misalnya yang ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA). Ambang untuk mobil penumpang 5,5 metrik ton CO₂. Ternyata tiga mobil hibrida yang populer di Amerika yaitu Honda Civic, Insight, dan Toyota Prius memiliki standar emisi yang lebih rendah berturut-turut yaitu 4,1-3,5-3,5 ton CO₂. Mobil hibrida juga dapat menurunkan pembentukan polusi asap di udara hingga 90% dan menekan emisi CO₂ hingga separohnya. Berdasarkan cara mengendara rata-rata individu, polusi yang ditimbulkan kendaraan ini dimanapun dapat diturunkan 25-90% dibanding mobil bensin konvensional. Tiap merek kendaraan hibrida tentu memberikan angka emisi yang berbeda. Perlu juga diketahui bahwa emisi mobil hibrida tipe *plug-in* sebetulnya dialihkan ke pembangkit listrik, dan bila pembangkit itu berbahan bakar batubara misalnya maka emisi yang dialihkan tadi cukup besar.

Impak baterai mobil hibrida terhadap lingkungan

Walau mobil hibrida mengonsumsi sedikit bensin, tetapi masih saja terdapat isu yang mengemuka tentang kerusakan lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh baterai yang digunakannya. Sekarang ini jenis baterai yang digunakan, pertama baterai *nickel metal hydride*, dan kedua lithium ion keduanya cukup bersahabat dengan lingkungan dibanding tipe *lead-based batteries* yang dipakai mobil konvensional. Memang banyak jenis baterai, ada yang lebih *toxic* dibanding yang lain. Baterai *lead acid* atau *nickel cadmium* tidak baik untuk lingkungan, sementara baterai *nickel metal hydride* yang digunakan untuk hibrida tidak begitu beracun. *Nickel-based batteries* diketahui pula bersifat karsinogen, penyebab sejenis efek *teratogenics*.

Baterai lithium-ion jadi perhatian karena berpotensi lebih baik untuk mobil listrik hibrida. Pasar baterai lithium-ion cepat berkembang sebagai alternatif baterai *nickel-metal hydride*. Dengan ukuran yang lebih kecil, dan lebih ringan, baterai lithium-ion menyajikan kinerja dengan fitur efisiensi pengisian yang tinggi, tanpa efek *memory*, serta membantu melindungi lingkungan. Di suatu lingkungan dimana dipersyaratkan beremisi rendah dan keekonomian bahan bakar tinggi, maka pilihan untuk penggunaan kendaraan hibrida, listrik, fuel cell terus meningkat. Baterai lithium-ion memiliki kerapatan energi paling tinggi diantara baterai isi ulang, dan mampu menyediakan voltase tiga kali lebih tinggi dibanding *nickel-metal hydride battery cell* dengan jumlah listrik yang lebih banyak.

Baterai ini juga mengeluarkan output yang tinggi (*boosting vehicle power*), berefisiensi tinggi (*avoiding wasteful use of electricity*), dan durabilitas prima sehingga secara kasar usia baterai dikatakan ekuivalen dengan umur mobil. Di samping itu penggunaan baterai lithium-ion menurunkan berat mobil, meningkatkan keekonomian bahan bakar hingga 30%, sekaligus mereduksi emisi gas CO₂. Mobil listrik yang baterainya bisa diisi dengan stop kontak rumah sekarang sudah ditawarkan di pasar. Bila diisi semalaman, ini lebih murah dibanding diisi siang hari. Sebagai ilustrasi, di Jepang pengisian malam hari biayanya sepersembilan dari biaya pengisian bensin sebuah mobil konvensional.

Bahan baku sebagai komponen kenaikan biaya

Diperkirakan dalam waktu dekat akan terjadi kenaikan harga dari material jarang yang diperlukan dalam pembuatan mobil hibrida. Sebagai contoh, *rare earth element dysprosium* dibutuhkan untuk fabrikasi berbagai jenis *advanced electric motors* dan paket baterai untuk sistem propulsi hibrida. *Neodymium* adalah metal jarang yang merupakan bahan penting untuk *high-strength magnets* yang ditemukan dalam magnet permanen motor listrik. Hampir semua material jarang di dunia berasal dari Cina. Para analis percaya bahwa peningkatan produksi elektronik di Cina akan menyerap seluruh suplai di tahun 2012. Ditambah lagi, quota ekspor untuk *Chinese Rare Earth* secara umum telah mengakibatkan guncangan terhadap suplai metal jarang. Beberapa sumber lain di luar Cina seperti *the advanced Hoidas Lake project* di Canada dan *Mount Weld* di Australia masih dalam tahap pengembangan, dan tidak diketahui apakah sumber ini dapat diselesaikan sebelum terjadinya kelangkaan material.

Mobil hibrida di Indonesia

Honda Civic Hybrid telah dirilis pada tahun 2006. Namun, hingga saat ini tak satu pun dari mobil itu dimiliki warga luar Jakarta. Harga yang tinggi masih menjadi pertimbangan konsumen. Hal yang serupa dialami PT Toyota Astra Motor. Toyota Prius baru terjual 13 unit sejak diluncurkan bulan Juli 2009. Sebenarnya, Prius ditawarkan kepada masyarakat di semua daerah, tetapi ternyata warga Jakarta yang membeli. Harga Prius Rp 585 juta, jauh lebih mahal atau mencapai 1,5 kali lipat dibandingkan kendaraan sejenis. Namun, dari sisi konsumsi bahan bakarnya yang 26-28 km per liter justru lebih hemat dua kali lipat dari mobil bensin sekelas.

Mobil *hybrid* atau hibrida yang merupakan perpaduan motor bakar dan motor listrik ternyata masih sulit dipasarkan di luar Jakarta. Menurut Hendrawan dari Program Studi Teknik Mesin ITB, minat masyarakat menggunakan mobil produksi lokal, apalagi jika hemat BBM, sebenarnya sangat besar. Akan tetapi, mereka juga memperhitungkan sejumlah faktor-faktor lain, seperti harga, keamanan kendaraan, layanan purnajual, dan jarak bengkel. Wakil Presiden Boediono usai membuka Indonesia International Motor Show 2010 bulan Juli 2010 di Jakarta, berkesempatan merasakan kenyamanan mobil hibrida yang dipamerkan. Didampingi Menteri Perindustrian MS Hidayat, Wapres menaiki dan membuktikan langsung keunggulan Toyota FT-EV II. Selain itu, Mitsubishi juga menghadirkan mobil konsep hibrida plug-in PX-MiEV.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Mobil hibrida secara umum diakui sebagai produk teknologi yang dapat mengatasi masalah semakin menurunnya cadangan minyak bumi, sekaligus menekan polusi akibat emisi gas buang. Walau teknologi hibrida terus dikembangkan, komersialisasi mobil hibrida sudah dimulai terutama di negara maju di Eropa, Amerika Serikat, dan Jepang.

Dua jenis mobil hibrida yang diluncurkan di Indonesia berasal dari Jepang yaitu Honda dengan salah satu kompetitor terberatnya Toyota. Honda meluncurkan Civic Hybrid pada tahun 2007, sedangkan Toyota dengan Prius Generasi ke tiga tahun 2009. Total mobil yang terjual masih sangat rendah, dan itupun di Jakarta. Honda tampaknya masih enggan

menambah varian hibrida. Selain mahal, yang menjadi masalah adalah masyarakat Indonesia belum mengerti teknologi kendaraan tersebut. Mahalnya mobil berteknologi hibrida dan juga karena pasar mobil bermesin ganda ini kurang menunjukkan geliat di tingkat nasional, maka pemegang merek, Honda Prospect Motor terpaksa membatasi pemasaran mobil ini di 2010. Untuk sementara tidak ada rencana memasarkan mobil hibrida selain sedan Civic Hybrid yang ditawarkan sejak tahun 2007. Indonesia saat ini belum siap menerima mobil berteknologi canggih itu, alasannya sangat sederhana yakni karena masyarakat belum cukup memahami mobil hibrida. Mereka juga kurang tertarik dengan mobil hibrida dengan alasan mahal, yang akhirnya membuat pasar mobil berteknologi mesin ganda itu tidak berkembang. Namun Honda tidak serta merta menerima kenyataan itu dan putus asa membiarkan ketidaktahuan masyarakat. Untuk itu Honda mencoba menambah pengetahuan masyarakat dengan mengadakan promosi atau seminar tentang mobil berteknologi hibrida. Salah satu kelompok target Honda tentang hal itu adalah mahasiswa di Jakarta. Sebab mahasiswa relatif mudah menerima teknologi baru, terlebih lagi mahasiswa mempunyai rasa penasaran yang besar tentang mobil berteknologi mesin ganda tersebut. Disamping itu kiranya wajar kalau masyarakat mengharapkan semacam insentif sebagaimana halnya di negara lain.

Dalam rangka mengurangi emisi gas buang dari sektor otomotif, pemerintah Cina mengambil memberikan subsidi untuk pembelian mobil hibrida dan mobil listrik di lima kota besar di negeri itu. Peluncuran program percontohan pemberian subsidi bagi pembelian mobil hibrida dan mobil listrik itu diumumkan pada 1 Juni 2010. Subsidi akan diberikan bagi penduduk di kota Shanghai, Shenzhen, Hangzhou, Hefei, dan Changchun untuk pembelian mobil hibrida atau mobil listrik jenis *plug in*. Pembeli di lima kota besar itu akan menerima bantuan sekitar 50 ribu yuan atau sekitar Rp 68 juta. Maksimum subsidi yang diberikan kepada pembeli mobil ramah lingkungan itu adalah 60 ribu yuan atau sekitar Rp 82 juta. Kebijakan pemerintah Cina itu telah mendorong masyarakat untuk membeli mobil ramah lingkungan. Hal ini disebabkan pemerintah sungguh memberikan dana secara konkrit. Namun meski ada subsidi, pembelian mobil hibrida dan mobil listrik di Cina diprediksi tidak akan melonjak seketika. Salah satu sebabnya adalah harga baterai untuk kedua jenis mobil itu juga tidak murah. Sebelumnya, pemerintah Cina telah mengeluarkan kebijakan berupa pemberian insentif pajak bagi pembelian mobil bermesin kecil di pedesaan Cina. Kebijakan itu diluncurkan tahun lalu. Dengan insentif pajak itu, penjualan mobil di Cina terdongkrak naik hingga 46%. Total penjualan mobil di negara itu pada 2009 lalu mencapai 13,6 juta unit. Penjualan tersebut melampaui penjualan mobil di Amerika Serikat yang selama ini dikenal sebagai pasar terbesar otomotif di dunia. Penjualan mobil di negeri Obama itu hanya berjumlah 10,4 juta unit atau melorot 21% dibanding 2008.

Contoh terbaru dari promosi mobil hibrida dapat disimak rencana peluncuran Chevrolet Volt di Amerika. Harga mobil dipatok USD 41.000 per unit termasuk biaya pengiriman sebelum insentif pabrik, deduksi pajak, dan subsidi lain. Mobil Volt berhak pula atas kredit pajak federal sebesar USD 7.500. Mobil dapat diperoleh melalui program leasing 36 bulan dengan pembayaran USD 350 per bulan. Pada saat penandatanganan, konsumen membayar USD 2.500 dengan opsi membeli di akhir kontrak. Penjualan perdana akan dilakukan di tujuh daerah regional antara lain California, New York, sedangkan untuk daerah lain termasuk Canada direncanakan 18 bulan kemudian.

Versi hibrida Honda Jazz akan tampil perdana di Paris Motor Show, September 2010 mendatang dengan menawarkan kelebihan Honda Jazz yang sangat disukai penggemarnya ditambah efisiensi dan emisi yang lebih rendah. Dengan tetap mempertahankan kepraktisan dan fleksibilitas Honda Jazz yang sudah terkenal, mobil ini mengadopsi teknologi hibrida yang dipakai mobil Honda Insight yaitu kombinasi *combustion engine* 1.3 liter i-VTEC dan motor listrik dengan *gearbox* CVT (*Continuously Variable Transmission*), yang dikenal dengan sebutan *parallel hybrid system*. Seperti halnya Insight dan Civic Hibrida, Jazz hibrida juga mampu dikendarai pada kecepatan rendah hanya dengan motor listrik saja. Suatu kelebihan yang jarang dimiliki sistem *parallel hybrid*. Di Inggris, model ini akan dipasarkan awal 2011. Di Indonesia? Belum pasti karena PT Honda Prospect Motor, belum merencanakan untuk memasukkannya.

Sementara itu Toyota kemungkinan akan memasukkan Yaris Hibrida atau sekelasnya ke Indonesia segera setelah proses pengembangannya selesai.

Minat masyarakat Indonesia khususnya di kota-kota besar terhadap mobil hibrida yang masih rendah seyogianya dapat didorong dengan penyediaan semacam insentif antara lain melalui pengurangan beban pajak. Penurunan pendapatan pemerintah melalui pajak akan dikompensasi dengan penggunaan bahan bakar minyak yang lebih efisien dan pengurangan emisi gas buang dari kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

Hybrid vehicle, http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_vehicle, diakses 17 September 2010

Mobil hybrid tak laku di luar Jakarta, Sriwijaya Post - Jumat, 4 Juni 2010 21:57 WIB, diakses tanggal 23 September 2010

Honda Continues CNG-Powered Civic, In Shadow of Hybrids and EVs, hybridcars.com, published September 17, 2010, diakses tanggal 23 September 2010

Yang lebih Irit dari Jazz, www.mobilku.com, diakses tanggal 30 Agustus 2010

Indonesia belum siap menerima mobil hybrid, detikOto, diakses tanggal 23 September 2010.

- *) Lahir di Padang hampir lima puluh sembilan tahun yang lalu. Menyelesaikan pendidikan di Fisika Teknik ITB (S1), dan Mesin/Manajemen Industri Univ. Indonesia (S2). Dipekerjakan di Kementerian Ristek sebagai Asisten Deputi Sistem Insentif (1999 s/d Juni 2010). Sekarang sebagai Peneliti Madya pada Pusat Teknologi Industri Sistem Transportasi-BPPT.