

# **ANALISA PENGGUNAAN MOBIL HYBRID SEBAGAI KENDERAAN HEMAT BBM DAN RAMAH LINGKUNGAN**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana**

**Oleh :**

**DARWIN NASUTION  
NIM: 06.813.0035**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2009**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

## ABSTRAK

Bahan bakar minyak pada saat ini merupakan barang yang sangat strategis dan mempunyai nilai ekonomis yang berpotensi menjadi cukup mahal. Hal ini dikarenakan bahan bakar yang terkandung didalam perut bumi terus berkurang jumlahnya dan tidak dapat di perbaharui. Hampir semua sektor industri, transportasi dan pembangkit listrik menggunakan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi. Negara kita saat ini berada dalam kesulitan hidup yang semakin membebani. Berbagai daya dan upaya dilakukan pemerintah guna meningkatkan kesejahteraan rakyat, terutama pada bidang energi (BBM) yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Dilain pihak pencemaran udara semakin membuat manusia menderita, mungkin suatu saat dapat terjadi krisis oksigen. Adapun tujuan pembahasan adalah untuk mengetahui efisiensi mobil hybrid sebagai kendaraan hemat BBM dan ramah lingkungan. Sistem Hybrid yang menggabungkan motor listrik dan pembakaran di mesin menghasilkan tenaga yang berasal dari dua sumber daya. Ini berarti bahwa, mesin pembakar internal membutuhkan konsumsi bahan bakar lebih sedikit untuk mencapai jarak yang sama. Berarti, kendaraan Hybrid memiliki efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan mobil konvensional. Karena konsumsi bahan bakar yang efisien, mobil Hybrid mengeluarkan lebih sedikit emisi gas buang dibanding dengan mobil konvensional, dan ini yang membuat mobil hybrid lebih ramah lingkungan. Dasar untuk metode ini adalah data yang telah dikumpulkan selama pengukuran stationary. Diperlukan data dari torsi, aliran udara, aliran bahan bakar dan emisi-emisi. Tujuan dari bagian model ini adalah untuk menghitung aliran massa dan suatu mesin. (HEHC) berusaha untuk mengkombinasi bentuk-bentuk terbaik dari banyak langkah dari termodinamika termasuk otto, diesel, rankine dan Atkinson untuk membuat efisiensi mesin yang tinggi. Pada perhitungan dibawah ini kita dapat membandingkan rumus-rumus tekanan, temperature dan volume pada tiap titik dalam suatu langkah. Pada pembahasan dapat disimpulkan bahwa mobil hybrid sangat efisien untuk hemat dalam konsumsi BBM dan ramah lingkungan dan karakteristik mobil hybrid lebih baik dibandingkan dengan mobil konvensional.

## ABSTRACTION.

Oil fuel at the moment represent the very strategic goods and have the economic value is which have potency to become costly enough. This matter because of fuel which is consisted in earth stomach non-stoped to decrease its amount and cannot in innovating. Most of all industrial sector, transportation and power station use the oil fuel ( BBM) as source energi. Our state in this time stay in the life difficulty which progressively encumber. Various energy and strive [done/conducted] by a government utilize to improve the people prosperity, especially at area energi ( BBM) playing a part important in human life. Other;Dissimilar party of air contamination progressively make the human being suffer, possible in a moment can be happened by the oxygen crisis. As for solution target is to know the efficiency of car hybrid as economical kenderaan of environmental BBM friendliness And. System Hybrid joining electromotor and combustion in machine yield the energy coming from two resource. This means that, internal burner machine require the slimmer fuel consumption to reach the same distance. Mean the, kendaraan Hybrid own the better efficiency in comparison with conventional car. Because efficient fuel consumption, car Hybrid release slimmer of gas emission throw away compared to with the conventional car, and this making environmental friendlier car hybrid. Basis for this method is data which have been collected by during measurement stationary. Needed by data from torsi, air stream, stream of fuel and emission. Intention of shares model this is to the mass flow and an machine. (HEHC) is best forms combination from a lot of step from thermodynamics of is inclusive of otto, diesel, rankine and Atkinson to make the high efficiency of engine. At calculation hereunder we can compare the pressure formula, temperature and volume of at every dot in an step. At inferential solution that car hybrid very effective to economize in consumption of environmental BBM friendliness and compared to better car hybrid characteristic of conventional car.

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PENGESAHAN

### LEMBAR ASISTENSI

### ABSTRAK

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	4
1.3. Pembatasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Pembahasan.....	5
1.5. Manfaat Penulisan.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Motor Bakar 4 Langkah.....	7
2.1.1. Motor Bakar Diesel.....	11
2.1.2. Motor Bakar Otto.....	13
2.2. Sistem Mobil Konvensional.....	15
2.3. Sistem Mobil Hybrid.....	15
2.4. Jenis-jenis Mobil Hybrid dan Perbandingannya.....	16
2.4.1. Sistem Hybrid Rangkaian Seri.....	16
2.4.2. Sistem Hybrid Rangkaian Paralel.....	17

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

2.4.3. Sistem Hybrid Rangkaian Seri/Paralel.....	18
2.5. Komponen Mobil Hybrid.....	18
2.5.1. Motor.....	18
2.5.2. Generator.....	20
2.6. Transmisi Mobil Hybrid.....	21
2.6.1. Alat Pembagi Daya .....	22
2.6.2. Tindakan dan Mesin, Generator dan Motor .....	23
2.6.3. Peningkatan Dasar Keluaran Pada Perputaran Kecepatan yang Tinggi dan Generator.....	26
2.7. Unit Pengendali Daya .....	26
2.7.1. Alat Semi Penghantar yang Menswitch (IGBT) .....	27
2.7.2. Baterai Hybrid.....	28
2.7.3. Perubahan Arus dan Konverter .....	29
<b>BAB III KARAKTERISTIK MOBIL HYBRID.....</b>	<b>32</b>
3.1. Efisiensi Mobil Hybrid.....	33
3.1.1. Efisiensi Bahan Bakar Minyak (BBM).....	33
3.1.2. Efisiensi Emisi .....	35
3.2. Akselerasi Mobil Hybrid.....	37
3.3. Sistem Kendali Hybrid.....	38
3.3.1. Sistem Menghidupkan dan Menghentikan.....	39
3.3.2. Kendali Daya Mesin.....	40
3.3.3. Kendali Mengemudi.....	42

3.3.4. Kendali Rem Regenerative .....	43
3.3.5. Kendali Tenaga Putaran .....	44
3.4. Sistem Tegangan Tinggi .....	46
3.4.1. Rangkaian Tenaga Tegangan Tinggi .....	46
<b>BAB IV Mesin Hybrid .....</b>	<b>48</b>
4.1. Termodinamika .....	49
1.1.1. Perbandingan Termodinamika Mesin Hybrid dan Konvensional.....	49
4.2. Siklus Perbandingan Ekspansi Tinggi.....	60
4.2.1. Siklus Atkinson .....	61
4.2.2. Kemampuan Tinggi.....	62
4.2.3. Peningkatan Keluaran .....	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>65</b>
5.1. Kesimpulan .....	65
5.2. Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN - LAMPIRAN</b>	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Mobil merupakan alat transportasi darat yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Lingkungan sekitar (polusi udara) dan keselamatan pengendara harus diperhatikan yang merupakan hal penting dari karakteristik kendaraan bermotor. Selain itu, efisiensi bahan bakar dan kekuatan/tenaga juga merupakan hal terpenting yang merupakan nilai jual dari suatu kendaraan bermotor, dalam hal ini adalah mobil. Bahan bakar yang biasa digunakan pada mobil adalah solar atau bensin. Di masa sekarang ini dibutuhkan bahan bakar semakin meningkat akibat dari penggunaan alat transportasi, khususnya transportasi darat yang semakin meningkat pula. Oleh karena itu sangat dibutuhkan suatu alternatif yang dapat menghemat bahan bakar agar tidak cepat habis tanpa mengurangi kemampuan/tenaga dan kenyamanan dalam mengendarainya.

Beberapa produsen mobil terkemuka dunia mulai berpikir untuk mengkombinasikan mesin berbahan bakar minyak dengan mesin yang berbahan bakar selain bahan bakar fosil. Kendaraan seperti ini biasa disebut kendaraan hybrid. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi penggunaan minyak yang semakin hari semakin mahal. Sebuah mobil bersistem *hybrid* ini memiliki kombinasi dua sumber gaya-gerak, yaitu suatu mesin pembakaran bagian dalam secara langsung dialirkan kepada roda/kemudi dan suatu motor elektrik, untuk mengambil keuntungan dari manfaat yang diberikan oleh sumber kekuatan ini sebagai penyeimbangan untuk kekurangan satu sama lain, dan menghasilkan kemampuan mengemudi yang sangat efisien.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

Dalam hal ini baterai diisi tenaga oleh mesin dengan cara mengubah motor elektrik untuk bertindak sebagai suatu generator, yang selanjutnya listrik dan baterai tersebut dipergunakan sebagai daya.

Penemuan baru ini pun mendapat tanggapan yang sangat bagus dari berbagai kalangan termasuk para pecinta lingkungan hidup, karena mereka menganggap kendaraan hybrid ini akan membantu mengurangi polusi akibat dari pembakaran mesin kendaraan. Kendaraan hybrid ini juga mampu menghemat penggunaan BBM sekitar 10%-20%.

Walaupun mendapat tanggapan positif, bukan berarti kendaraan hybrid ini dapat dengan mudah di produksi dan dipasarkan. Banyak tantangan yang harus dilalui baik oleh produsen maupun konsumen. Tantangan yang paling terlihat adalah masih mahal nya harga jual kendaraan bermesin hybrid, sehingga tidak semua pengguna tertarik untuk membelinya. Ditambah lagi model dari kendaraan hybrid hingga saat ini kebanyakan bermodel mobil *compact*, padahal orang-orang yang berfinansial tinggi biasanya akan membeli kendaraan dengan tuntutan kenyamanan tinggi. Sehingga mereka lebih rela mengeluarkan lebih banyak uang untuk kendaraan konvensional dengan ukuran besar daripada kendaraan hybrid berukuran *compact*.

Di beberapa negara maju, sudah digunakan kendaraan bermesin hybrid untuk sarana transportasi massal. Namun pemakaian kendaraan hybrid sebagai sarana transportasi massal juga bergantung pada kebijakan dari pemerintah suatu negara dengan pertimbangan-pertimbangan yang pastinya tidak sama antara satu negara dengan negara lain.



Dasar sesungguhnya kendaraan disebut sebagai kendaraan hybrid adalah jika kendaraan tersebut menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga. Jadi sebenarnya sudah banyak orang yang memiliki kendaraan hybrid dalam konteks ini. Sebagai contoh, mo-ped (motor berpedal sepeda) memiliki karakter hybrid, karena menggabungkan tenaga dari mesin bensin dan tenaga kayuh pengendaranya. Intinya setiap kendaraan yang menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga penggerak baik langsung ataupun tidak adalah sebuah hybrid.

Sejarah kendaraan hybrid berawal dari terjadinya krisis minyak yang semakin meningkat, yang kemudian menimbulkan berbagai pemikiran tentang alternatif pengurangan konsumsi minyak. Alasan lain pengembangan kendaraan hybrid adalah untuk meningkatkan efisiensi BBM dan mengurangi emisi. Adapun sejarah mengenai perkembangan mobil hybrid adalah sebagai berikut: ([www.Toyota/news.co.id](http://www.Toyota/news.co.id))

1960-1970-an Mulai terjadi krisis minyak bumi. Kesadaran lingkungan menuntut industri mobil mengontrol gas buangnya. Ini mendorong produsen membuat mobil lebih kecil, simpel, dan irit bahan bakar. Ini menyebabkan mobil-mobil buatan Amerika yang serba gede tak laku di pasar. Selain itu, pabrikan mobil mulai melirik lagi berbagai teknologi alternatif, seperti hybrid, *solar*, dan listrik.

1980-1990-an Periode ini ditandai dengan munculnya beragam model kendaraan *four wheel drive* dan mobil bermesin V6. Selain itu, para ahli mesin juga mengembangkan mobil bertenaga matahari. Namun mobil matahari lebih banyak digunakan untuk keperluan penelitian. Akhir 1990-an ditandai dengan mulai merasuknya produsen ke pasar mobil hybrid.

2000-an Krisis minyak kian memuncak, banyak produsen mobil kembali mencoba teknologi alternatif. Ford Motor Company dan DaimlerChrysler, Toyota, serta General Motors mulai mengembangkan teknologi *fuel cell* serta mobil hidrogen. Pasar mobil hybrid tumbuh luar biasa, dari 10.000 pada tahun 2000 menjadi 200.000 pada 2005. Diperkirakan beberapa dekade ke depan merupakan era hybrid, sebelum melompat ke teknologi yang murni tanpa bahan bakar fosil.

## 1.2. Permasalahan

Negara kita saat ini berada dalam kesulitan hidup yang semakin membebani. Berbagai daya dan upaya dilakukan pemerintah guna meningkatkan kesejahteraan rakyat, terutama pada bidang energi (BBM) yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Di lain pihak pencemaran udara semakin membuat manusia menderita, mungkin suatu saat dapat terjadi krisis oksigen. Tingginya tingkat pencemaran udara merupakan masalah lain yang perlu dibahas secara serius. Dalam hal ini pemerintah telah mengizinkan mobil-mobil *hybrid* untuk diimpor masuk ke Indonesia dalam upaya mengurangi kesulitan dalam sector energi dan pencemaran udara. Pemerintah menilai bahwa dengan menggunakan mobil *hybrid* maka akan terjadi penghematan bahan bakar fosil dikatakan sekitar 15%. Dapat diilustrasikan, misalnya rata-rata 1 unit mobil memiliki kapasitas penggunaan bahan bakar fosil sekitar 10 liter dalam 1 hari, maka dengan penghematan 15%, mobil ini hanya menggunakan sekitar 8,5 liter. Dengan kata lain, terjadi penghematan sekitar 1,5 liter dalam 1 hari untuk 1 unit mobil. Kemudian jika di Indonesia ada sekitar 6 juta unit mobil, maka penghematan bahan bakar fosil dalam 1 hari akan menjadi 9 juta liter BBM. Jadi, dengan menggunakan mesin mobil jenis *hybrid* akan terjadi penghematan BBM

yang jumlahnya cukup besar. Berdasarkan hal di atas maka diperlukan suatu kendaraan yang dapat hemat dalam mengkonsumsi BBM dan ramah lingkungan.

(A. Tri Tugaswati,2000)

### 1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penulisan tugas sarjana ini penulis membatasi masalah sesuai dengan surat tugas yang diberikan, meliputi :

- Karakteristik mobil sistem *hybrid*
- Perbandingan termodinamika mesin *hybrid* dan mesin *konvensional*
- Siklus perbandingan ekspansi tinggi.

### 1.4. Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan pembahasan adalah sebagai berikut :

- Untuk mengetahui efektifitas mobil *hybrid* sebagai kendaraan hemat BBM dan ramah lingkungan
- Untuk mengetahui karakteristik mobil *hybrid* dibandingkan dengan mobil konvensional
- Untuk mengetahui model termodinamika mobil *hybrid* dan karakteristiknya dibandingkan model termodinamika non *hybrid*.
- Untuk referensi bagi konsumen calon pembeli kendaraan dalam mempertimbangkan jenis kendaraan yang akan dibeli dengan mempertimbangkan konsumsi bahan bakar, emisi gas buang dan harga kendaraan.

### 1.5. Manfaat Penulisan

Dengan tercapainya tujuan penulisan ini, penulisan ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Untuk menambah pengetahuan pembaca dan penulis mengenai mesin Hybrid,
2. Untuk menambah pengetahuan pembaca dan penulis mengenai cara kerja mesin Hybrid.
3. Untuk menambah pengetahuan pembaca tentang siklus efisiensi motor bakar otto atau diesel.
4. Untuk menambah pengetahuan pembaca tentang perkembangan mobil elektrik.
5. Sebagai bahan perbandingan mahasiswa dari kerja praktek tentang motor bakar otto dan diesel.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Motor Bakar 4 Langkah**

Setiap motor bergerak dalam operasinya dalam menghasilkan tenaga senantiasa bekerja dalam satu siklus tertentu. Demikian juga halnya dengan motor bakar otto / bensin, siklus tersebut mempunyai urutan sebagai berikut :

- a. Untuk tiap proses di butuhkan 4 kali langkah torak turun naik di dalam blok silinder dengan dua kali putaran poros engkol ( *Crank Shaft* ).
- b. Tersedia satu langkah penuh untuk pemasukan bahan bakar dan pengeluaran sisa pembakaran
- c. Pembakaran yang terjadi lebih sempurna dan motor bekerjanya lebih hemat dalam pemakaian bahan bakar.

Pada motor empat langkah cara pengisian udara ataupun campuran udara dengan bahan bakar ke dalam silinder serta pembangunan gas hasil pembakaran hal ini dikerjakan oleh torak masing-masing pada langkah hisap dan langkah buang.

Adapun keuntungan dan kerugian pada motor 4 langkah adalah :

**Keuntungan :**

- a. Pembuangan gas hasil pembakaran dari pemasukan udara dan bahan bakar sangat baik, karena masing-masing terjadi pada langkah tersendiri.
- b. Putaran-putara relatif besar / tinggi
- c. Panas yang dihasilkan relatif lebih kecil sehingga lebih tahan lama di

**operasikan.**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

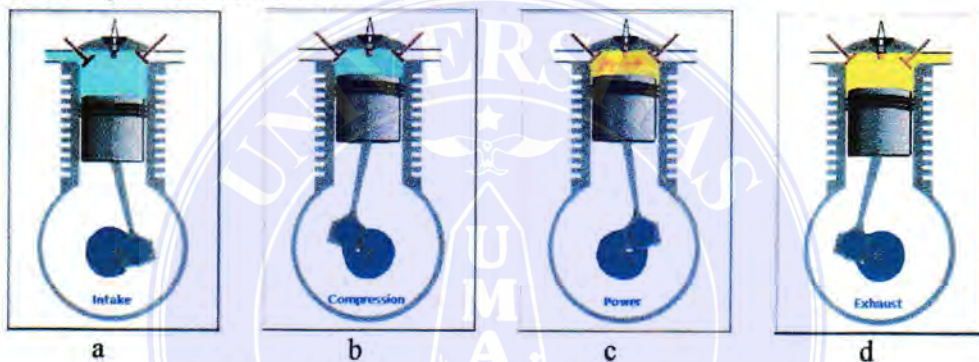
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

Kerugian :

- Konstruksinya yang rumit dan sukar karena adanya mekanisme katup-katup serta memerlukan perawatan yang besar
- Kurang efisiensi untuk daya yang besar
- Getaran yang ditimbulkan lebih besar

Proses langkah kerja yang terjadi pada motor 4 langkah adalah seperti gambar 2.1 dan keterangan :

(Sumber: Toyota book store, AUTO 2000)



Gambar 2.1 Proses kerja motor 4 langkah

Keterangan :

- Langkah hisap (*Intake Stroke*)

Pada langkah hisap katub terbuka dan katup buang dalam keadaan tertutup melalui katub hisap udara murni di hisap kedalam silinder, pada langkah ini torak (piston) bergerak pada titik mati atas (TMA) ketitik mati bawah (TMB).

- Langkah Kompresi (*Compressin Stroke*)

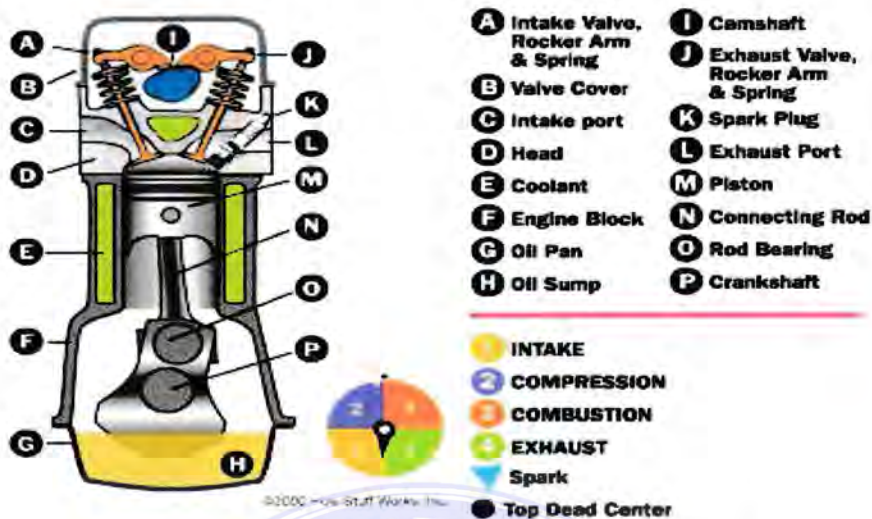
Pada langkah ini katup isap dan katup buang dalam keadaan sama-sama tertutup, torak (piston) bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas. Udara murni yang dihisap kedalam silinder dimanfaatkan dengan tekanan 10 – 20 kg/cm<sup>2</sup>.

c. Langkah usaha/kerja (*Combustion stroke*)

Langkah ini terjadi pada saat torak hampir mencapai titik mati atas, dalam hal ini katub buang dan katub hisap sama-sama menutup sehingga campuran bahan bakar dan udara yang sudah dimampatkan dibakar dengan loncatan bunga api dari busi, akibat dari pembakaran bahan bakar tersebut tekanan akan naik sementara torak menuju titik mati atas (TMA) sehingga volume ruang bakar semakin kecil dengan sendirinya tekanan akan naik dan lebih tinggi akhirnya sampai di TMA didorong kembali ke TMB oleh gas hasil pembakaran tersebut, inilah yang disebut dengan langkah kerja.

d. Langkah buang (*Exhaust stroke*)

Apakah torak akan mencapai TMB maka katup buang akan terbuka, sedangkan katup isap akan tertutup dan pada saat torak mencapai akhir TMA torak akan menekan sisa gas pembakaran keluar melalui katub buang pada saat langkah buang ini akan terjadi overlapping dimana katup masuk dan katup buang sama-sama terbuka hal ini terjadi sampai awal langkah isap dengan tujuan supaya gas bekas sisa pembakaran dapat keluar seluruhnya, kemudian pada langkah siklus berikutnya udara dan bahan bakar berada dalam silinder.



Gambar 2.2. Bagian-bagian / Konstruksi Motor Bensin 4 Tak

Keterangan Gambar :

- a. Intake Valve Rocker Arm & Spring, Yaitu tempat komponen bagian kepala silinder (silinder head)
- b. Valve Cover, Untuk mengatur pemasukan bensin dan udara kedalam silinder yang digerakkan oleh poros engkol
- c. Intake Port, Yaitu saluran untuk menyalurkan bahan bakar dan udara keruang pembakaran.
- d. Head, Yaitu tempat berlangsungnya proses atau siklus pembakaran motor bensin 4 langkah.
- e. Coolant, Yaitu untuk tempat kedudukan valve lifter / tempat dudukan botol katup pusrod
- f. Engine Block, Yaitu tempat kedudukan kepala silinder dan mekanisme kerja katup, juga tempat pembakaran.
- g. Oil Pan, Yaitu sebagai pendingin suhu atau panas dari pada mesin / melumasi bagian – bagian mesin.
- h. Oil Sump, Yaitu tempat tampungan oli sekaligus tempat penampung kotoran dari oli yang telah bekerja dengan cara bersiklus kerja mesin.
- i. Camshaft, Yaitu untuk membuka katup – katup masuk dan katup keluar (buang) yang digerakkan oleh timing gear melalui sabuk gilir/rantai timing.
- j. Exhaust Valve, Rocker Arm & Spring, Yaitu saluran untuk mengeluarkan sisa – sisa gas buang yang disambung dengan knalpot.
- k. Spark Plug, Yaitu untuk memulai pembakaran bahan bakar didalam silinder dengan bunga api listrik yang meloncat dari elektroda tengah / elektroda listrik.
- l. Exhaust Port, Yaitu sebagai saluran pembuangan / Pengeluaran gas sisa pembakaran yang dikeluarkan dari knalpot.
- m. Piston, Merubah gerakan bolak-balik menjadi gerak putar, isap, kompres/tekan dan buang, juga sebaliknya untuk mengubah tekanan pembakaran menjadi tenaga mekanik.
- n. Connecting Rod, Untuk meneruskan daya dari torak ke poros engkol.
- o. Rod Bearing, Untuk menghubungkan poros engkol dan batang torak.
- p. Crankshaft, Untuk merubah energi kinetik menjadi energi mekanik.



### 2.1.1. Motor Bakar Diesel

Mesin diesel adalah salah satu dari jenis mesin pembakaran dalam. Sesuai dengan namanya, mesin pembakaran dalam adalah mesin yang didalamnya terdapat energi kimia dari pembakaran yang di lepaskan di dalam silinder mesin. Sedangkan golongan lain dari mesin panas, mesin uap, energi yang di timbulkan selama pembakaran bahan bakar diteruskan lebih dulu ke uap dan hanya melalui pembakaran kerja dilakukan dalam mesin. Pada mesin pembakaran dalam terjadi pembakaran di dalam silinder antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Gas pembakaran yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan torak yang oleh batang penghubung (batang penggerak) dihubungkan dengan poros engkol. Gerak translasi torak menyebabkan gerak rotasi pada poros engkol dan sebaliknya gerak rotasi poros engkol menimbulkan gerak translasi pada torak.

Mesin diesel mampu menyaingi jenis mesin yang lain. Karena kelas pelayanannya menjadi faktor utama dalam berbagi kasus. Sehingga mesin diesel hampir dipergunakan dalam banyak hal. Salah satu penggunaan yang menonjol dari mesin diesel adalah transportasi darat dan laut, contoh pada truck, kereta api lokomotif, perahu dan kapal. Dalam banyak instalasi ukuran kecil dan sedang misal pada pertanian dan perusahaan industry kecil juga dalam instalasi daya besar, mesin diesel juga digunakan untuk menghasilkan arus listrik atau penggerak kapal.

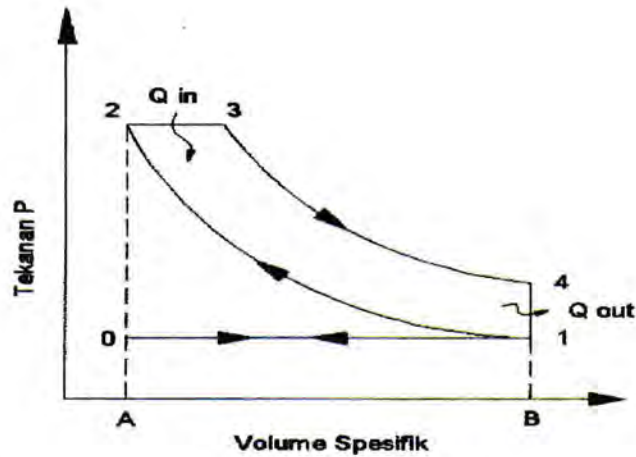
Dalam hal ini motor bakar diesel yang biasa disebut dengan istilah *Compression Ignition Engine*. Pelaksanaan pembakaran dilakukan didalam silinder. Dimana pada akhir langkah kompresi pada motor bakar diesel

disemprotkan bahan bakar melalui injector yang bertekanan tinggi sehingga mengakibatkan bahan bakar dapat terbakar habis oleh panas yang terjadi.

Putaran motor bakar deisel lebih rendah, harga bahan bakar yang lebih murah, gas buang sedikit mengandung racun, efisiensi termis lebih besar, perbandingan kompresi lebih besar.

Pada siklus motor bakar diesel proses kompresi dan ekspansi diidealisasikan berlangsung secara isentropis (*reversible adiabatic process*). Proses pembakaran atau proses pemasukan kalor ((2-3) pada proses kerja motor 4 langkah) dan berulang pada tekanan konstan, sedangkan proses pembuangan kalor ((4-1) pada proses kerja motor 4 langkah) berlangsung pada tekanan konstan. Bahan bakar disemprotkan sebelum akhir langkah kompresi (sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA)). Bahan bakar yang berbentuk kabut ini bercampur dengan udara yang bertemperatur tinggi sehingga terjadilah salah satu pembakaran.

Proses pembakaran ini menyebabkan naiknya tekanan dalam silinder dan volumenya akan bertambah karena piston akan bergerak menuju Titik Mati Bawah (TMB). Hal ini menyebabkan proses pembakaran dapat diidealisasikan sebagai proses tekanan konstan. Siklus udara tekan konstan ini umumnya dipergunakan pada motor diesel putaran rendah.

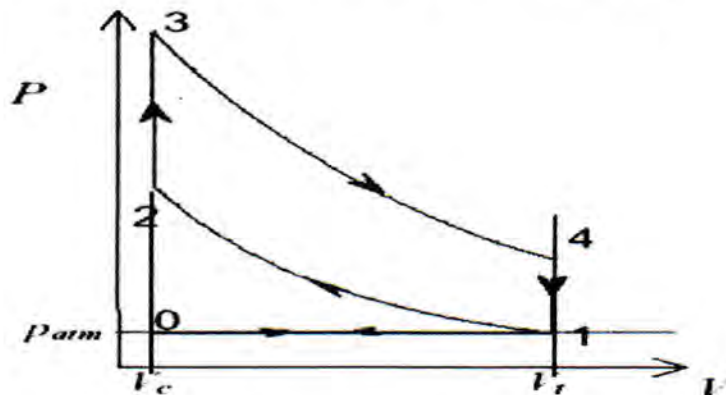


Gambar 2.3. Diagram P – V Siklus Volume Konstan Pada Motor Bakar Diesel

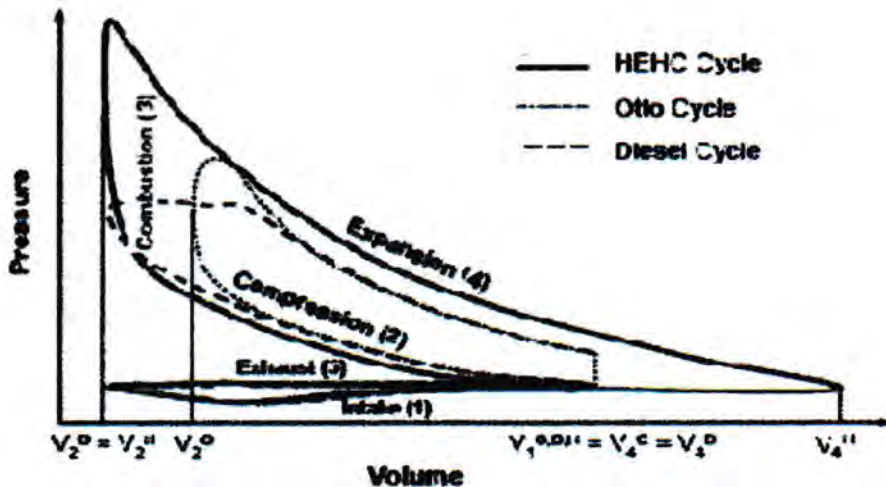
Untuk siklus ini dipergunakan pengidealan yang sama seperti siklus volume konstan, kecuali mengenai pemasukan kalor sebanyak  $Q_{in}$ , pada siklus diesel dilaksanakan pada tekanan – konstan (proses 2-3 pada proses kerja motor 4 langkah).

### 2.1.2. Motor Bakar Otto

Pada pembahasan ini kendaraan penumpang memakai motor bensin, maka siklus yang digunakan adalah siklus volume konstan (Otto), dengan diagram P-V dan urutan dari siklus ini seperti terlihat pada gambar 2.2 dan 2.3 :



Gambar 2.4. Diagram P – V Siklus Volume Konstan pada Motor Bakar Otto



Gambar 2.5. Perbandingan Qualitative P – V dari mesin otto, Diesel dan HEHC (Hybrid)

Proses kerja pada seperti gambar 2.3 menurut urutan langkah:

- 0 – 1 : Langkah Isap  
Bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder (Proses Tekanan Konstan)
- 1 – 2 : Langkah Kompresi  
Campuran bahan bakar dan udara dikompresikan didalam silinder (Proses Adiabatis)
- 2 – 3 : Proses Pembakaran  
Campuran bahan bakar dan udara terbakar didalam ruang bakar (dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan)
- 3 – 4 : Langkah Kerja (Ekspansi)  
Berlangsung dalam proses adiabatik
- 4 – 1 : Proses Pembuangan  
Proses pembuangan kalori pada volume konstan
- 1 – 0 : Langkah Buang  
Pembuangan gas sisa pembakaran pada tekanan konstan

HEHC dapat diuraikan sebagaimana dibawah ini:

- a) Udara (tanpa bahan bakar) dikompresi kepada rasio yang tinggi (>18) di dalam suatu silinder kompresor dari suatu mesin. Udara langsung masuk ke dalam ruang pembakaran.

- b) Bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran dan otomatis menyala. Pembakaran terjadi dibawah kondisi truly isochoric sehingga seluruh bahan bakar secara keseluruhan telah terjadi pembakaran.
- c) Hasil pembakaran silinder ekspansi yang memiliki volume lebih besar dibandingkan volume intake
- d) Udara dapat digunakan sebagai fasilitas pendingin, pelumasan dan sealing dari ruang bakar dan piston.

## 2.2. Sistem Mobil Konvensional

Mobil konvensional mengandalkan sumber tenaganya dari bahan bakar, seperti bensin, solar, atau gas untuk bergerak seperti terlihat pada gambar 2.5. pemanfaatan mesin pembakaran internal, tenaga dari hasil pembakaran bahan bakar dimanfaatkan dan diubah menjadi gerakan, yang mampu menggerakkan mobil. Walaupun secara umum menunjukkan kinerja yang baik dengan harga yang murah, mobil konvensional mengeluarkan emisi gas buang yang tinggi dan menciptakan polusi yang banyak dan terus menghabiskan sumber daya alam.



Gambar 2.6. Sistem Mobil Konvensional

## 2.3. Sistem Mobil Hybrid

Mobil hybrid menggunakan kombinasi dari motor listrik dan pembakaran di mesin, dengan memaksimalkan kekuatan dari kedua sumber daya tersebut

disamping saling mengisi kekurangannya. Hasilnya adalah efisiensi konsumsi bahan bakar dengan performa yang luar biasa seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.7. Sistem Mobil Hybrid

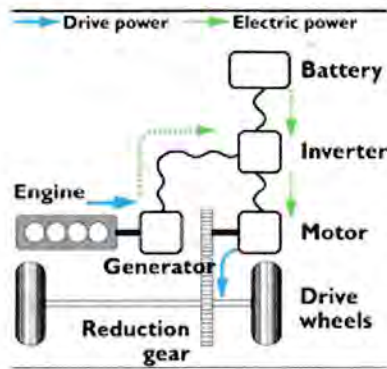


## 2.4. Jenis – jenis Sistem Mobil Hybrid dan Perbandingannya

Berikut ada tiga jenis utama dari sistem hybrid yang sedang digunakan didalam kendaraan hybrid yang sekarang ini terdapat dipasaran:

### 2.4.1. Sistem Hybrid Rangkaian Seri

Mesin menggerakkan suatu generator dan suatu motor elektrik menggunakan listrik yang dihasilkan untuk menggerakkan roda tersebut. Ini disebut suatu sistem hybrid rangkaian seri seperti terlihat pada gambar 2.7, sebab tenaga mengalir ke roda secara urut, yaitu : menggerakkan mesin dan tenaga motor secara urut. Suatu sistem hybrid rangkaian seri dapat menjalankan mesin keluaran kecil didaerah operasi yang efisien secara relatif dengan benar, menghasilkan dan menyediakan listrik kepada motor elektrik dan secara efisien mengisi baterai tersebut. Sistem ini mempunyai dua motor, generator (yang mana mempunyai struktur yang sama sebagai suatu motor elektrik) dan suatu motor elektrik. Sistem ini sedang digunakan di dalam kapal pantai Bastar.

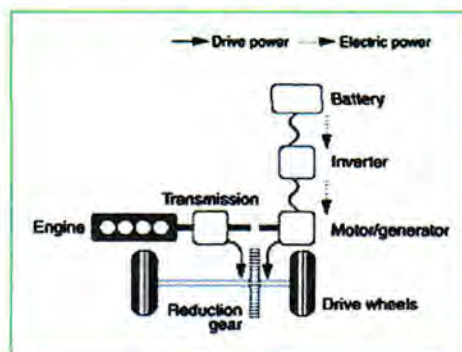


Gambar 2.8. Sistem Rangkaian Mobil Hybrid Secara Seri

#### 2.4.2. Sistem Hybrid Rangkaian Paralel

Seperti terlihat pada gambar 2.8, di dalam suatu sistem hybrid rangkaian paralel, kedua-dua mesin dan motor elektrik menjalankan roda, dan menjalankan tenaga dari dua sumber ini yang dapat digunakan menurut kondisi-kondisi umum tersebut. Ini disebut suatu sistem hybrid rangkaian paralel sebab tenaga mengalir ke roda di dalam rangkaian paralel. Di dalam sistem ini, baterai diisi tenaga dengan cara mengubah motor elektrik untuk bertindak sebagai suatu generator, dan listrik dari baterai digunakan untuk menjalankan roda tersebut.

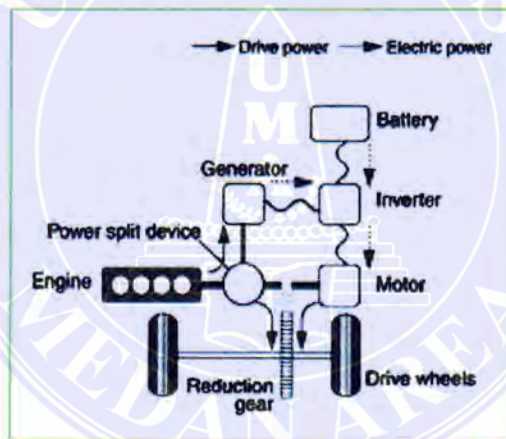
Walaupun sistem ini mempunyai suatu struktur sederhana, sistem hybrid rangkaian paralel tidak bisa menjalankan roda dari motor elektrik yang secara serempak mengisi baterai sejak sistem hanya mempunyai satu motor.



Gambar 2.9. Sistem Rangkaian Mobil Hybrid Secara Paralel

### 2.4.3. Sistem Hybrid Rangkaian Series/Paralel

Sistem ini berkombinasi antara sistem hybrid rangkaian seri dengan sistem hybrid rangkaian paralel dapat dilihat pada gambar 2.9, dalam rangka memaksimalkan keuntungan-keuntungan dari kedua sistem. Sistem ini mempunyai dua motor, dan tergantung pada kondisi saat mengemudi, gunakanlah hanya motor elektrik atau kekuatan mengemudi dari kedua motor elektrik dan mesin, dalam rangka mencapai tingkatan efisiensi yang paling tinggi. Lagi pula, ketika perlu sistem ini menjalankan roda yang secara serempak membangkitkan listrik dengan menggunakan suatu generator. Sistem ini digunakan di Prius dan Estima Bastar.



Gambar 2.10. Penggabungan Rangkaian Mobil Hybrid Secara Seri dan Paralel (THS in Prius)

## 2.5. Komponen Mobil Hybrid

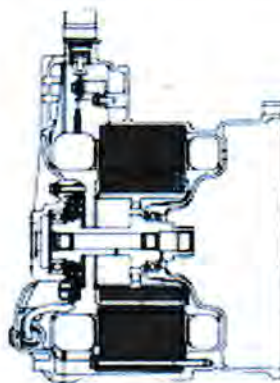
### 2.5.1. Motor

Seperti terlihat pada gambar 2.10, motor telah dikembangkan berdasarkan pada teknologi, Toyota telah memelihara yang sedang bekerja pada kendaraan elektris. Sistem menggunakan satu motor arus bolak-balik yang saling berhubungan, yang mana satu motor arus searah yang efisiensi tinggi tanpa

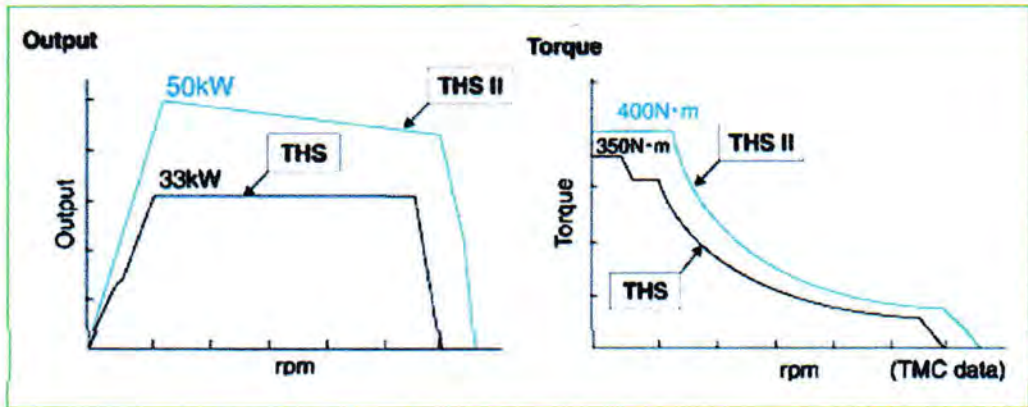


menyikat dengan arus bolak-balik. *Neodymium magnet* (magnet tetap) dan suatu baling-baling dibuat dari tumpukan plat baja elektromagnetis membentuk suatu motor berkemampuan tinggi. Lagi pula, dengan pengaturan magnet tetap didalam suatu jumlah maksimum berbentuk V, penggerak tenaga putaran yang ditingkatkan dan keluaran yang ditingkatkan. Ini, mengkombinasikan dengan suatu penyedia daya lebih besar yang dicapai oleh suatu peningkatan didalam penyediaan daya voltase, telah meningkatkan daya keluaran dengan kira-kira 1.5 kali dari sistem hybrid yang pertama, yaitu ; menjadi 50 kW dari 33 kW, sama dengan suatu motor dengan ukuran yang sama, memproduksi keluaran yang paling tinggi per satuan bobot dan volume di dunia.

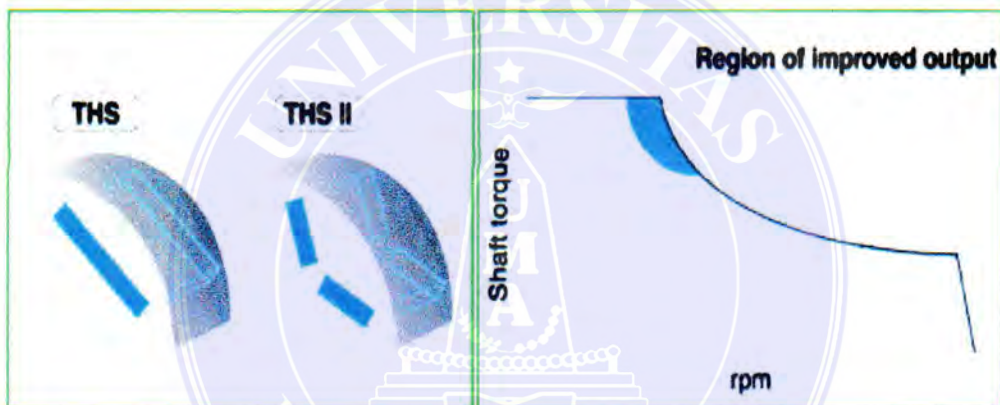
Untuk pengendali motor, suatu sistem kendali modulasi yang berlebih yang baru saja dikembangkan telah ditambahkan kepada cakupan kecepatan menengah, sebagai tambahan terhadap metoda kendali kecepatan rendah dan tinggi. Dengan meningkatkan metoda modifikasi melebarkan denyut nadi, keluaran didalam cakupan kecepatan menengah yang telah meningkat dengan maksimum kira-kira 30%.



Gambar 2.11. Motor



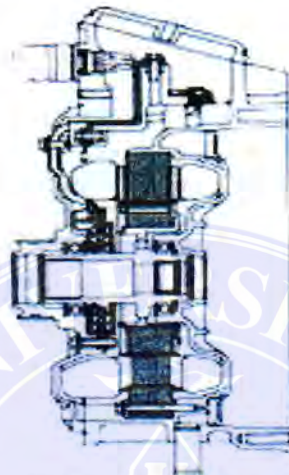
Gambar 2.12. Kurva Kemampuan Motor

Gambar 2.13 *Permanent magnet shape (conceptual diagram) effect of over modulation control*

### 2.5.2. Generator

Seperti motor, generator juga adalah sejenis arus bolak-balik yang saling berhubungan, dapat dilihat pada gambar 2.13. dalam rangka menyediakan daya yang cukup kepada motor keluaran tinggi, generator diputar pada kecepatan tinggi, meningkatkan keluarannya. Ukurlah seperti peningkatan kekuatan baling-baling sudah meningkatkan cakupan rpm untuk keluaran maksimum yang mungkin dari 6,500 (didalam jenis yang konvensional) menjadi 10,000 rpm. Rpm

yang tinggi ini telah dengan mantap meningkatkan persediaan daya sampai kepada cakupan kecepatan yang medium, meningkatkan kemampuan akselerasi didalam kecepatan yang rendah. Sebagai hasilnya, suatu jumlah kombinasi maksimum dari suatu motor dengan keluaran tinggi dan suatu mesin telah dicapai.



Gambar 2.14. Generator

## 2.6. Transmisi Mobil Hybrid

Suatu transmisi hybrid yang menggunakan alat pembagi daya asli dari Toyota. Transmisi hybrid seperti terlihat pada gambar 2.14 berisi dari alat pembagi daya, generator, motor elektrik dan gigi persneling pengurangan, dan lain-lain. Daya dari mesin adalah dibagi menjadi dua oleh alat pembagi daya. Salah satu dari batang keluaran dihubungkan pada motor dan roda sedangkan yang lain dihubungkan kepada generator. Dengan cara ini, gaya-gerak dari mesin dipancarkan melalui dua rute, yaitu : suatu rute mekanik dan suatu rute elektrik.

Suatu transmisi variabel yang dikendalikan secara terus-menerus dengan cara elektronis juga disajikan, yang mana dapat mengubah kecepatan secara terus menerus pada rpm dari mesin dan rpm dari generator dan motor elektrik (dalam

hubungan dengan kecepatan kendaraan).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

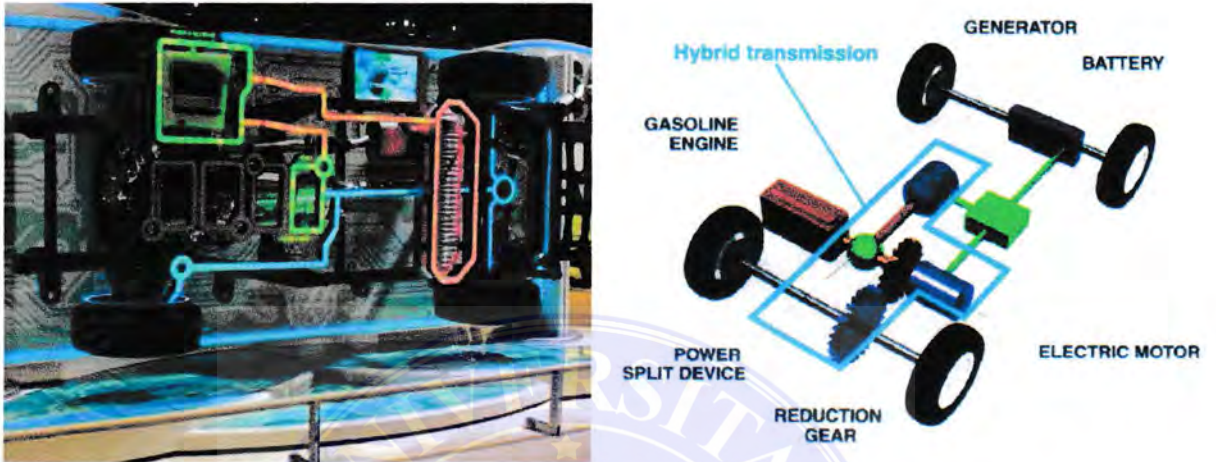
Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

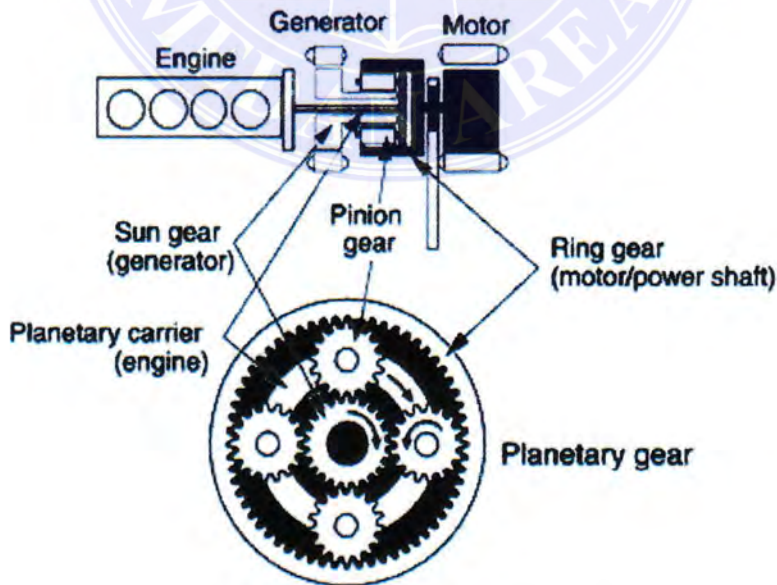
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

Sistem hybrid yang kedua ini juga mengurangi gesekan sekitar 30% dengan penggunaan bantalan peluru didalam transmisi dan gesekan rendah.



Gambar 2.15 Transmisi Hybrid

### 2.6.1. Alat Pembagi Daya

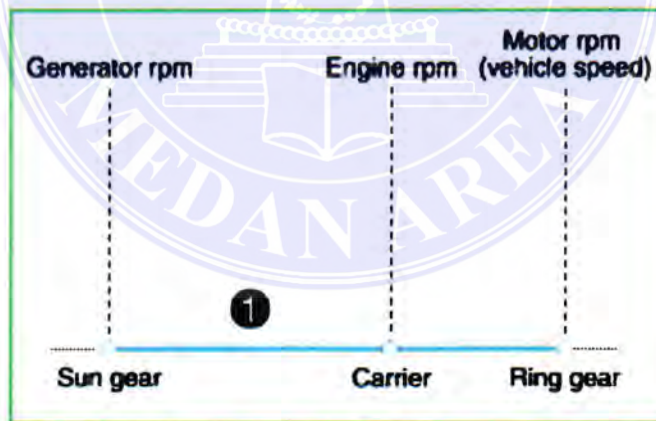


Gambar 2.16 Alat Pembagi Daya

Alat pembagi daya seperti gambar 2.15 diatas menggunakan suatu roda gigi planet. Hal pemutaran batang dari pengangkut perplanetan didalam mekanisme roda gigi secara langsung dihubungkan kepada mesin, dan memancarkan gaya-gerak daya kepada cincin yang sebelah luar dan roda gigi matahari yang bagian dalam melalui pengikat tangan gigi persneling. Hal pemutaran batang dari roda gigi cincin secara langsung dihubungkan kepada motor dan memancarkan pengarah memaksa kepada roda, sedangkan hal pemutaran batang dari roda gigi matahari secara langsung dihubungkan kepada generator.

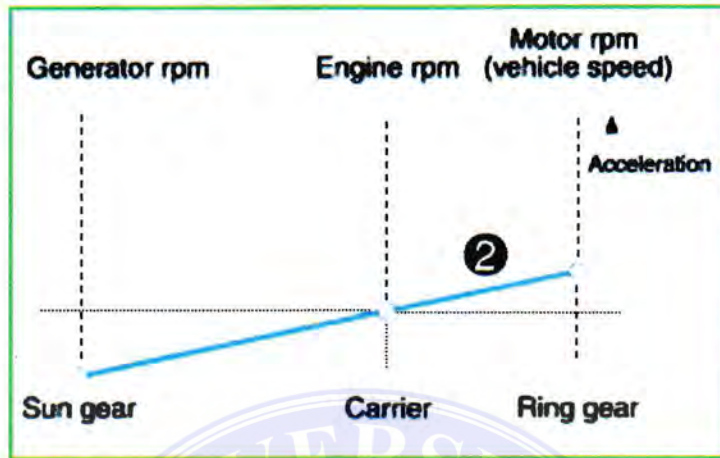
## 2.6.2. Tindakan dari Mesin, Generator dan Motor

### 1) Ketika kendaraan pada posisi diam



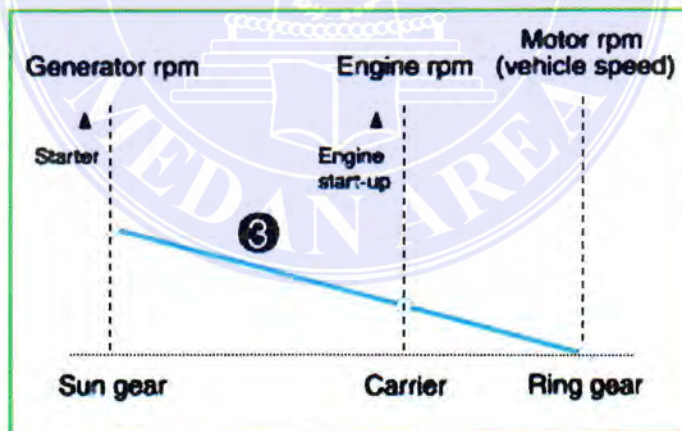
Gambar 2.17. Grafik mesin, generator dan motor dihentikan

**2) Selama memulai**



Gambar 2.18. Grafik kendaraan mulai bergerak hanya menggunakan motor penggerak

**3) Selama akselerasi start**

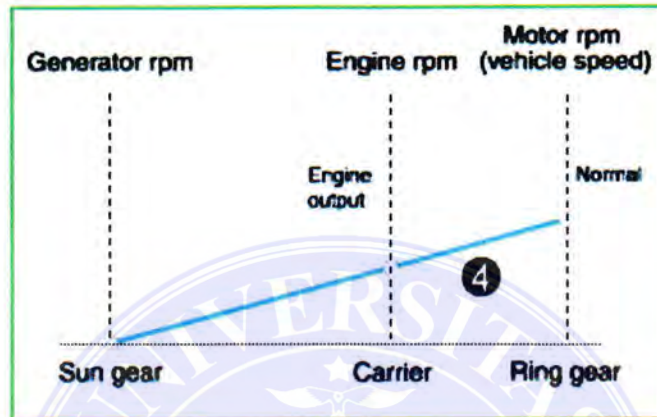


Gambar 2.19. Grafik selama akselerasi dari start

Generator, yang mana juga mempunyai fungsi dari suatu starter mesin, berputarnya roda gigi matahari dan menyalakan mesin. Sekali ketika mesin telah dinyalakan, generator mulai membangkitkan listrik, yang mana digunakan untuk

memberi beban baterai dan menyediakan kepada motor untuk menjalankan kendaraan.

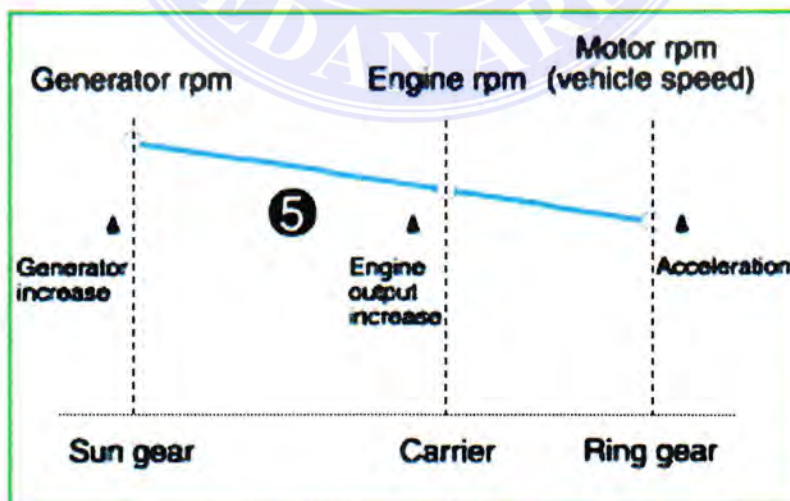
#### 4) Selama mengemudi normal



Gambar 2.20. Grafik selama mengemudi normal

Sebagian terbesar, mesin digunakan untuk mengemudi. Generasi listrik pada dasarnya tidak diperlukan.

#### 5) Selama akselerasi

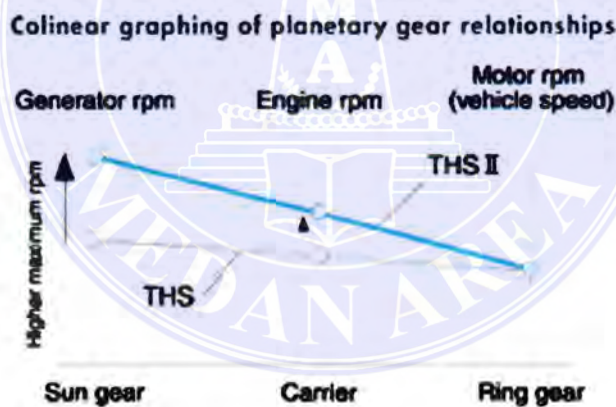


Gambar 2.21. Grafik selama akselerasi

Selama akselerasi dari status mengemudi yang normal, rpm mesin ditingkatkan dan, pada waktu yang sama, generator mulai membangkitkan listrik. Penggunaan listrik ini dari baterai, motor menambahkan daya mengemudinya, menambahkan akselerasi.

### 2.6.3. Peningkatan Dasar Keluaran pada Perputaran Kecepatan yang Tinggi dari Generator

Sebab kemungkinan rpm maksimum dari generator telah ditingkatkan, itu dapat mendukung rpm mesin yang lebih tinggi, dengan demikian memproduksi keluaran yang lebih tinggi. Sebagai hasilnya, jumlah listrik yang diciptakan oleh generator ditingkatkan, dan ini ditingkatkan jumlah memberi makan motor, begitu mendorong kearah suatu peningkatan didalam daya mengemudi.



Gambar 2.22. Colinier grafik dari hubungan-hubungan roda-gigi planet

### 2.7. Unit Pengendali Daya

Unit pengendali daya seperti terlihat pada gambar 2.22, berisi suatu perubah arus yang mengkonversi arus searah (DC) dari baterai ke dalam suatu arus bolak-balik (AC) untuk menggerakkan motor dan suatu DC/AC konverter

untuk konversi ke 12V.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23



Didalam sistem hybrid yang ke dua ini, suatu rangkaian tenaga tegangan tinggi yang dapat meningkatkan voltase dari penyedia daya ke 500V, telah ditambahkan. Yang dibesarkan pada hubungan dari daya = Voltase x Arus, meningkatkan voltase buatan itu mungkin untuk mengurangi arus, yang mana pada gilirannya membuatnya mungkin untuk mengurangi ukuran dari perubah arus.

Juga, sebab sirkuit kendali telah terintegrasi, ukuran dari unit pengendali daya sendiri telah tinggal hampir sama halnya pada sebelumnya.



Gambar 2.23. Unit Pengendali Daya

### 2.7.1. Alat Semipenghantar yang Menswitch (IGBT)

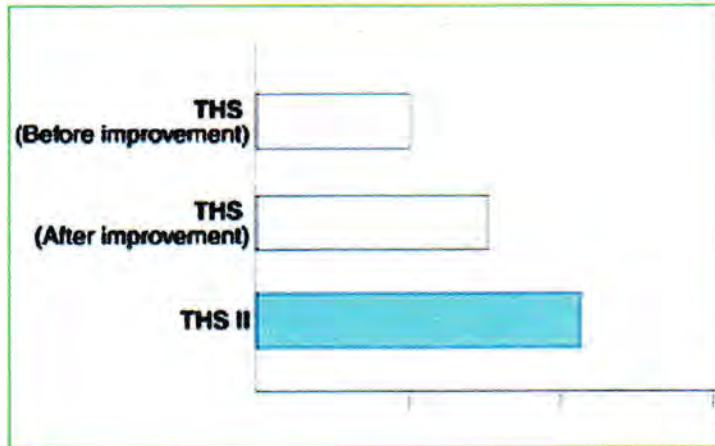
Alat semipenghantar yang menswitch ini (IGBT : Gerbang Yang di Batasi Transistor dwikutub) menaikkan tegangan voltase dari baterai dan mengkonversi DC (arus searah) yang di dorong menggerakkan ke dalam daya AC (arus bolak-balik) untuk menggerakkan motor tersebut. Sejak arus yang harus diswitch besar, memperkecil panas generasi adalah penting. Oleh karena itu, Toyota telah mengembangkan suatu transistor yang unik dengan sempurna menyatel menuju ke tingkatan kristal. Alat ini adalah 20% lebih kecil dibanding alat yang serupa digunakan didalam sistem hybrid yang pertama dan telah mencapai generasi panas rendah dan efisiensi yang tinggi.

### 2.7.2. Baterai Hybrid

Didalam sistem hybrid yang kedua, peningkatan lebih lanjut telah dibuat kepada yang ringkas, baterai *Nickel-Metal hybride* seperti pada gambar 2.23 berkemampuan tinggi yang dikembangkan untuk sistem hybrid yang pertama. Setelah mengurangi hambatan dalam baterai dengan meningkatkan material elektroda dan dengan menggunakan suatu struktur koneksi yang baru antara (baterai) sel, baterai yang baru memiliki kepadatan input/output adalah 35% lebih baik dari pada baterai yang digunakan didalam sistem hybrid yang pertama, menuju keberhasilan kepadatan keluaran yang paling tinggi (keluaran per satuan bobot) di dunia. Untuk memelihara suatu beban tetap, baterai yang baru tidak diberi pembebanan atau menerima pembebanan energi dari generator dan motor, dan oleh karena itu tidak memerlukan pembebanan eksternal, seperti halnya kendaraan elektrik.



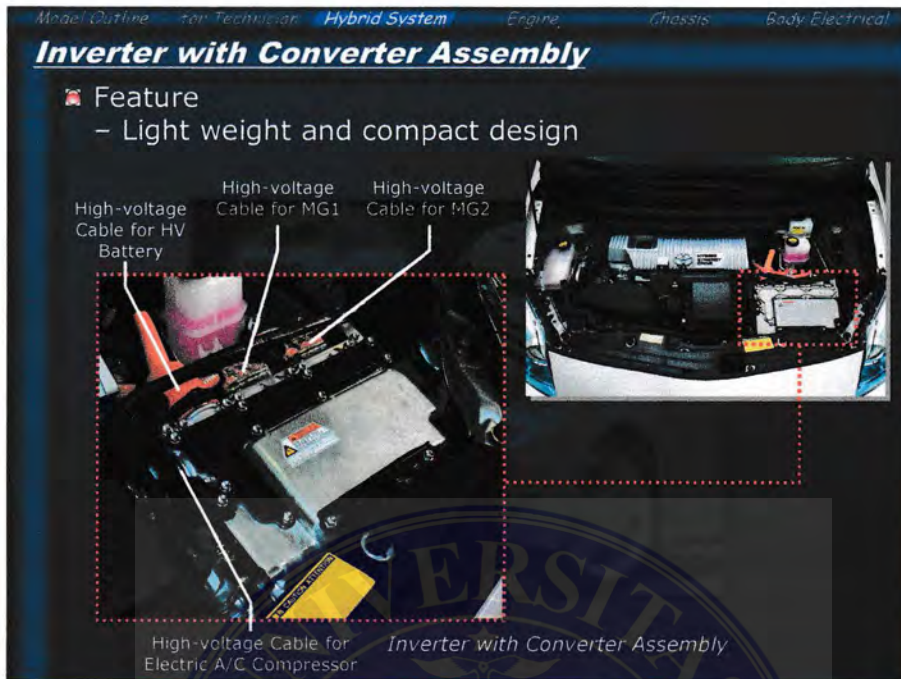
Gambar 2.24. Baterai Hybrid



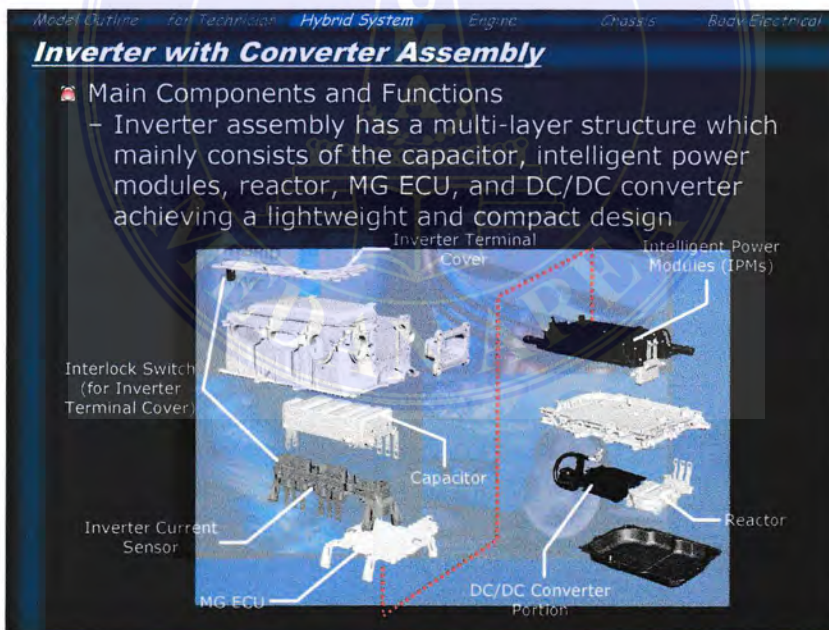
Gambar 2.25. Perbandingan Kepadatan Keluaran Baterai

### 2.7.3. Perubahan Arus dan Konverter

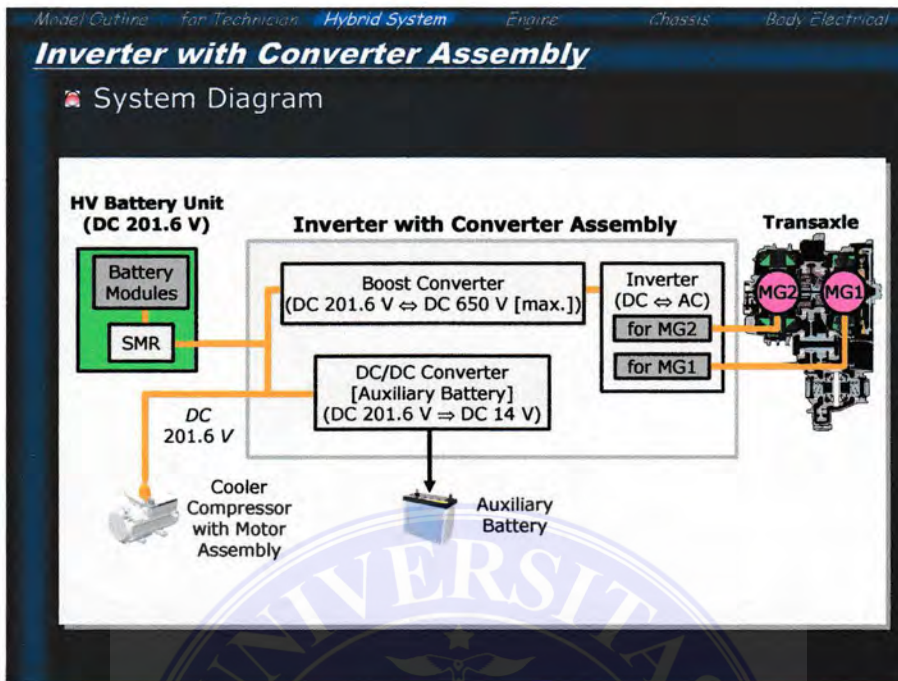
Suatu perubahan arus adalah suatu alat yang mengkonversi suatu arus searah (DC) dari suatu baterai ke dalam suatu arus bolak-balik (AC). Kapan DC diubah jadi AC, itu dapat digunakan untuk menggerakkan motor suatu arus bolak-balik (AC). Didalam sistem hybrid yang kedua, suatu DC/rangkaian tenaga tegangan tinggi arus searah telah ditambahkan di depan sirkuit perubah arus. Sebab konverter ini dapat menaikkan tegangan voltase, meningkatkan daya listrik bahkan di tingkatan arus yang sama, menghasilkan yang lebih tinggi keluaran dan yang lebih tinggi tenaga putaran untuk penggerak motor.



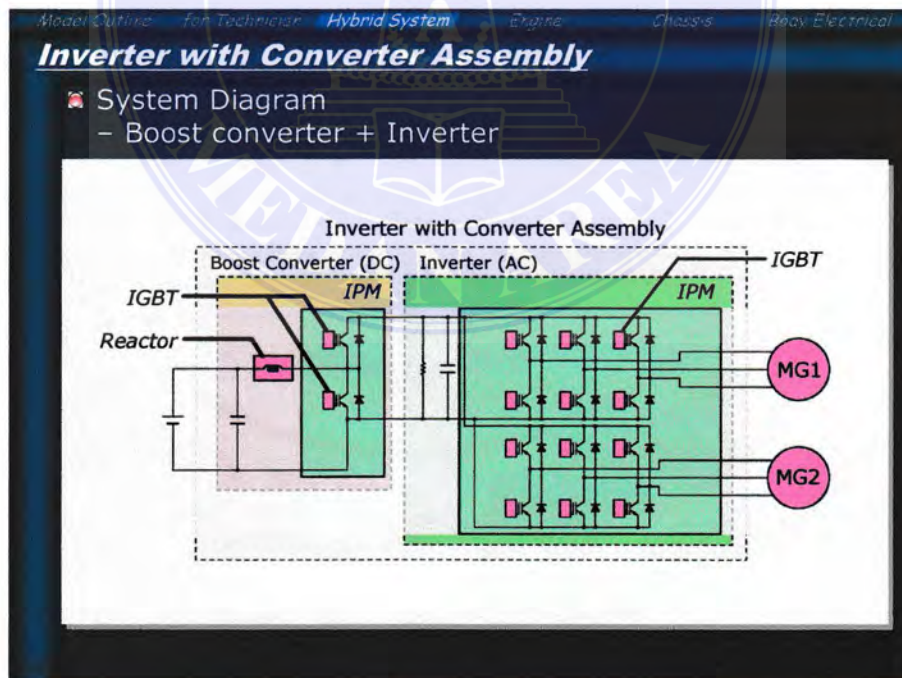
Gambar 2.26. Inverter Assembly



Gambar 2.27. Bagian alat Converter



2.28. System diagram assembly



2.29. A/C Inverter Diagram

## BAB III

### KARAKTERISTIK MOBIL *HYBRID*

Sistem *hybrid* pada kendaraan *hybrid* memiliki empat karakteristik diantaranya :

#### 1) Pengurangan Kerugian Energi

Sistem yang secara otomatis berhenti dari mesin (*idling* perhentian), begitu mengurangi energi yang akan secara normal disia-siakan.

#### 2) Mengembalikan Energi dan penggunaannya kembali

Energi yang akan secara normal disia-siakan ketika memanaskan selama turunnya kecepatan dan pengereman mengembalikan tenaga eletris, yang mana kemudian digunakan untuk menggerakkan stater dan motor elektrik.

#### 3) Membantu Mesin

Motor listrik membantu mesin selama akselerasi

#### 4) Mengendalikan Operasi dengan Efisiensi Tinggi

Sistem memaksimalkan efisiensi keseluruhan kendaraan dengan menggunakan motor elektrik untuk menjalankan kendaraan dibawah kondisi-kondisi operasi di mana efisien mesin adalah rendah dan dengan operasi di mana efisiensi mesin adalah rendah dan dengan pembangkit listrik di bawah kondisi-kondisi operasi di mana efisiensi mesin tinggi.

Sistem *hybrid Series/Parallel* mempunyai semua karakteristik ini dan oleh karena itu menyediakan kedua-dua atasan bahan bakar efisiensi dan kemampuan mengemudi.

### 3.1. Efisiensi Mobil Hybrid

Pada mobil *hybrid* ini khususnya Toyota Prius telah mencapai efisiensi yang lebih tinggi dengan meningkatkan pengendalian manajemen energi *hybrid* dan membuat peningkatan kepada kendali rem regeneratif yang dikoordinir, kedua-duanya dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dari keseluruhan kendaraan.

Ketika dibandingkan dalam kaitan dengan keseluruhan efisiensi (baik ke efisiensi roda), yang menandai adanya efisiensi dari keseluruhan proses menghidupkan dari proses pabrikasi bahan bakar, hingga mengemudi suatu kendaraan yang menggunakan bahan bakar itu, efisiensi milik Toyota Prius sedang membentur. Keseluruhan nilai efisiensinya telah mencapai suatu tingkat yang melebihi bahkan dari suatu FCHV (sel bahan bakar kendaraan *hybrid*), yang mana sangat efisien, mewakili satu langkah semakin dekat ke ciptaan kendaraan ekonomis terakhir.

Melalui teknologi seperti yang ditemukan ini, Toyota sedang mengerjakan pada pengembangan kepada langkah yang berikutnya, mencakup bagaimana teknologi seperti itu bisa dilakukan FCVHS, dengan suatu tujuan menuju ke arah keberhasilan efisiensi yang lebih baik.

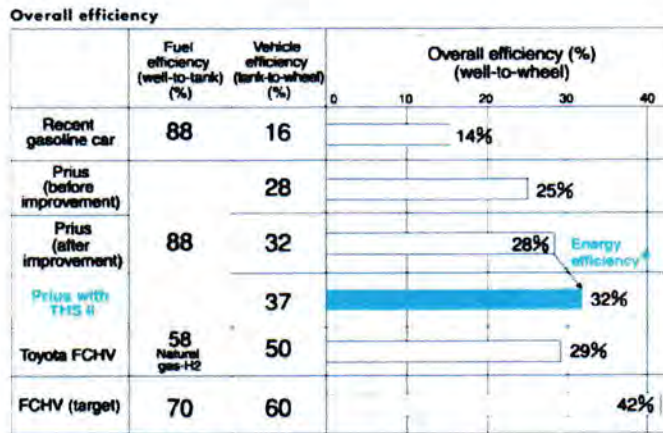
#### 3.1.1. Efisiensi Bahan Bakar Minyak (BBM)

Efisiensi bahan bakar dari mobil yang menggunakan sistem *hybrid* lebih dari mobil konvensional. Dimana mobil yang menggunakan sistem *hybrid* telah menggabungkan motor listrik dan pembakaran di mesin yang menghasilkan tenaga berasal dari dua sumber daya tersebut. Ini berarti bahwa, mesin pembakar internal membutuhkan konsumsi bahan bakar lebih sedikit untuk mencapai jarak

yang sama. Berarti, kendaraan *hybrid* memiliki efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan mobil konvensional.

Sistem *hybrid* yang baru adalah sangat utama didasarkan pada siswa *hybrid* yang lama. Didalam suatu penawaran bahkan untuk efisiensi yang lebih tinggi, sistem yang baru mengadopsi suatu tegangan tinggi rangkaian tenaga antara generator dan motor, dan sangat mengurangi kekurangan tenaga selama transmisi energi untuk membawa efisiensi energi yang optimal. Sistem yang dengan mantap meningkatkan penggunaan dari motor elektrik, dan dibawah kondisi-kondisi di mana mesin mengalami efisiensi yang sedikit, mesin dihentikan dan kendaraan berjalan hanya menggunakan kekuatan dari motor elektri tersebut. Di bawah kondisi-kondisi di mana efisiensi mesin sedang tinggi, sistem beroperasi mesin pada efisiensi bahan bakar yang optimal dan menghasilkan jumlah maksimum listrik. Itu juga mencapai regenerasi lebih besar selama turunnya kecepatan dan pengereman, dengan demikian meningkatkan efisien listrik inpu/output, dalam pengejaran efisiensi bahan bakar yang paling tinggi di dunia. Dalam kaitan dengan kemampuan lingkungan, sistem inimengarahkan untuk temu ATPZEV ( Teknologi Penedepan uang parsial Nol Emisi Kendaraan ) Peraturan di California, U.S.A, yang mana diusulkan untuk memasuki efek di tahun 2005, tingkat emisi yang sangat rendah di tahun 2004, begitu disadari tingkatan yang paling tinggi di dunia tentang emisi bersih.





Tabel 3.1. Efisiensi BBM

### 3.1.2. Efisiensi Emisi

Menurut pengukuran yang dimiliki oleh Toyota, mengukur emisi dari suatu kendaraan dengan menggunakan sistem *hybrid* telah ditemukan tingkatan emisi yang sangat rendah di Jepang, seperti halnya peraturan yang direncanakan emisi nol (ATPZEV) di California, yang dianggap sebagai paling keras di dunia, dan peraturan generasi berikutnya milik Eropa (EURO IV). Sehingga efisiensi emisi dari Toyota Prius lebih rendah. Karena konsumsi bahan bakar yang efisien, dimana mobil *hybrid* mengeluarkan lebih sedikit emisi gas buang dibandingkan dengan mobil konvensional, dan ini yang membuat mobil *hybrid* lebih ramah lingkungan.

Pada pembahasan disini diambil contoh secara acak mesin *hybrid* dari pabrikan Toyota dengan data seperti pada tabel 3.2 dan gambar 3.1.

Tabel 3.2 Efisiensi pemakaian BBM dari mesin non *hybrid* Toyota (Kazuo Okamoto, 2003).

Models that Meet the 2010 Fuel Efficiency Standards among FY2002 New Models and Those that Underwent Complete Redesign

Weight category (Vehicle weight)	Fuel efficiency standard (km/L)	FY2002 average fuel efficiency	Qualifying vehicle series of FY2002 new models and those that underwent complete redesign
703 - 827	18.8	22.4	—
828 - 1,015	17.9	18.5	Ist. WILL CYPHA
1,016 - 1,265	16.0	16.1	Ist. "Probox Wagon"
1,266 - 1,515	13.0	13.1	Caldina, WISH * Crown Sedan with mild hybrid system
1,516 - 1,765	10.5	11.0	Harrier*
1,766 - 2,015	8.9	9.1	Alphard * Harrier
2,016 - 2,265	7.8	7.8	Alphard, Land Cruiser Prado
2,266 -	6.4	6.3	—

\*Some of the qualifying vehicle series may not meet the standards depending on models and specifications

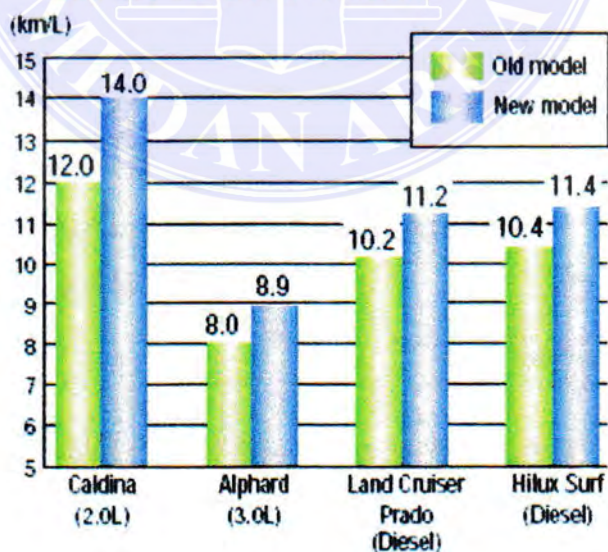
\* indicates a category that has achieved the 2010 Fuel Efficiency Standards

\*Vehicles in the 2,016 - 2,265kg category have achieved fuel efficiency only up to the first decimal place

\*Vehicles that achieved the efficiency standards before FY2002 are not included

All fuel efficiency values are based on the Ministry of Land, Infrastructure and Transport's 10-15 Japanese test cycle

Fuel Efficiency Comparison between Selected Old and New Models



Gambar 3.1 Perbandingan efisiensi pemakaian BBM jenis model lama dan baru

Toyota

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

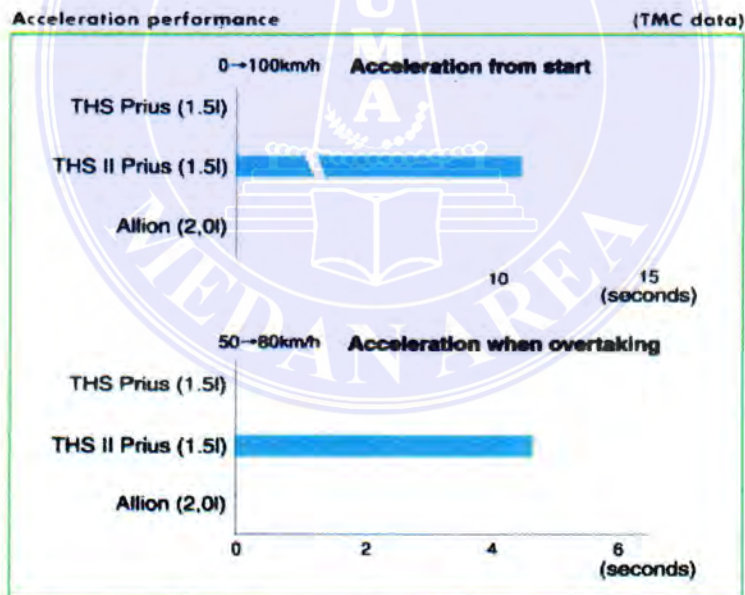
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

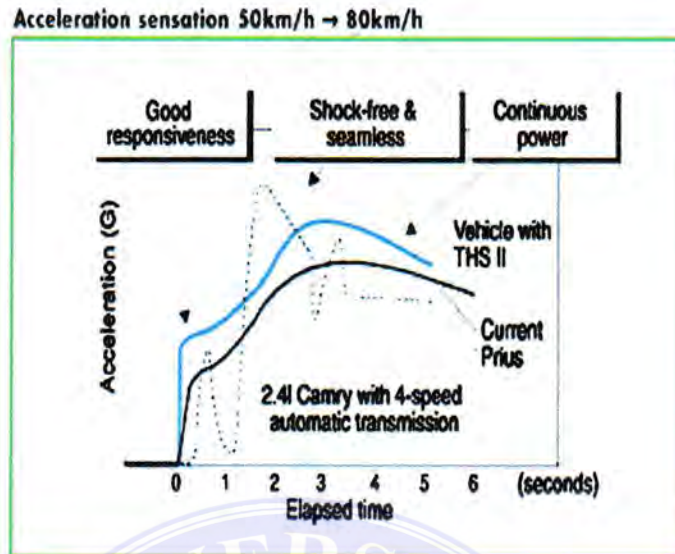
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

### 3.2. Akselerasi Mobil *Hybrid*

Mobil *hybrid* mempunyai kemampuan akselerasi yang lebih baik. Yang terutama sebagai hasil peningkatan keluaran didalam cakupan kecepatan rendah ke kecepatan medium, kedua-duanya pada saat memulai kemampuan akselerasi dan penyusulan kemampuan akselerasi sudah secara drastis ditingkatkan. Suatu tingkat kemampuan itu melebihi suatu kendaraan bermesin bensin 2.0 liter telah dicapai. Respon tinggi dan akselerasi lembut yang didasarkan pada keluaran tinggi motor telah ditingkatkan, yang lebih lanjut mempercepat pengalaman mengemudi *hybrid*.



Gambar 3.2. Perbandingan Kemampuan Akselerasi

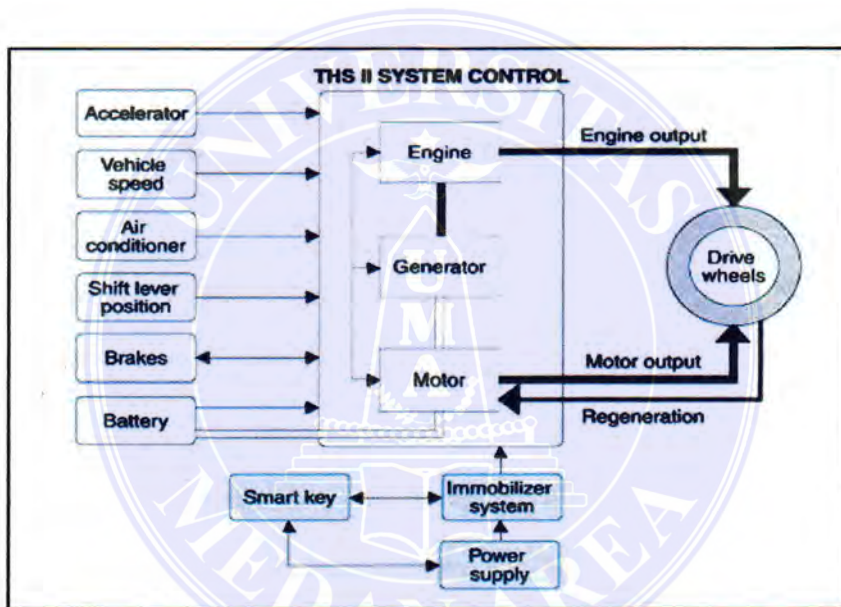


Gambar 3.3. Grafik Perbandingan Percepatan dan Waktu

### 3.3 Sistem Kendali *Hybrid*

Sistem kendali pada sistem *hybrid* ini memelihara kendaraan pada efisiensi operasi maksimumnya dengan mengatur energi yang digunakan oleh keseluruhan kendaraan, yang meliputi energi untuk menggerakkan kendaraan seperti halnya energi digunakan untuk alat pelengkap, seperti alat pendingin, alat pemanas, lampu besar dan sistem navigasi. Sistem kendali monitor operasi dan kebutuhan wilayah dari komponen sistem *hybrid*, seperti mesin, yang mana merupakan sumber energi untuk keseluruhan kendaraan *hybrid*, generator, yang mana bertindak sebagai alat penghidup untuk mesin dan mengkonversi energi dari mesin ke listrik; motor, yang mana menghasilkan daya gerak untuk menjalankan kendaraan menggunakan tenaga listrik dari baterai; baterai; yang mana menyimpan tenaga listrik sampai menghasilkan generasi daya oleh motor selama turunnya kecepatan. Sistem kendali ini juga menerima informasi pengereman yang sedang dikirim melalui jaringan kendali kendaraan, seperti halnya instruksi

dari penggerak, seperti membuka tingkap pemadam dan pergeseran posisi pengungkit. Dengan kata lain, sistem kendali ini memonitor berbagai status konsumsi yang menyangkut energi dari kendaraan didalam menyediakan dan waktu nyata yang tepat dan kendali terintegrasi sedemikian cepat sehingga kendaraan dapat dioperasikan dengan aman dan dengan nyaman di efisiensi yang mungkin paling tinggi.



Gambar 3.4. Sistem Kendali (diagram konseptual)

### 3.3.1. Sistem Menghidupkan dan Menghentikan

Seperti pesawat jet modern, kendaraan *hybrid* menggunakan kendali lewat kabel, dimana instruksi pengemudi diubah menjadi isyarat elektrik (melalui kabel) untuk digunakan didalam kendali yang terintegrasi. Didalam kendali lewat kabel, keandalan sistem menjadi prioritas kendali yang paling tinggi. Ketika suatu kunci cerdas mengirimkan informasi menunjukkan bahwa pengarah telah

mendapatkannya didalam kendaraan, sistem persediaan daya telah dipasang/dihidupkan.

Pertama ya atau tidaknya komputer *hybrid* itu sendiri sedang berfungsi secara normal dimonitor, dan suatu cek operasional dilakukan sebelum tombol pengapian ditekan.

Ketika tombol pengapian ditekan, sistem memeriksa benar atau tidaknya berbagai sensor, mesin, motor, generator dan baterai sedang berfungsi secara normal. Kemudian, tombol untuk komponen didalam sistem tegangan tinggi, seperti motor, generator dan baterai, telah dihidupkan, membuat kendaraan siap untuk berjalan. Ini menjadi urutan kendali menghidupkan. Ketika pengemudi menekan tombol pengapian lagi sebelum meninggalkan kendaraan, komponen didalam sistem tegangan tinggi di putus dan, setelah menetapkan bahwa sistem seperti itu dimatikan, komputer *hybrid* mati.

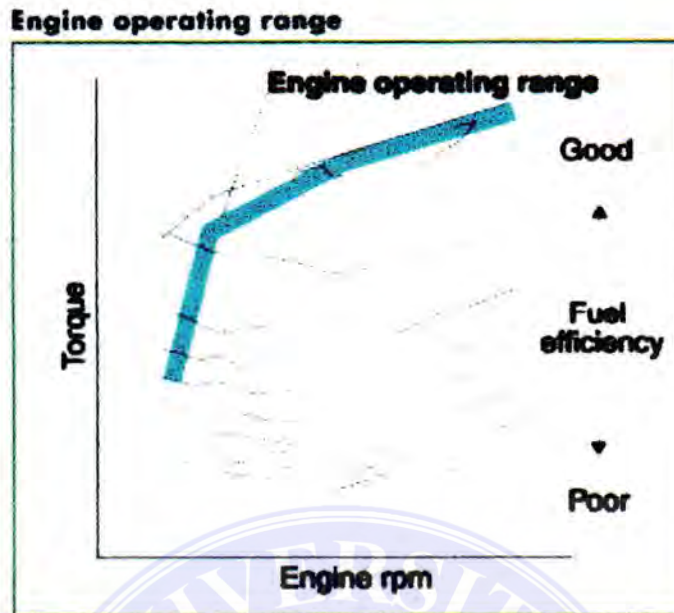
Cek keselamatan adalah yang juga sedang dilaksanakan ketika kendaraan sedang bergerak dan berdasarkan pada berbagai jenis informasi seperti perubahan didalam kondisi mengemudi, sistem pengendali kendaraan sedemikian itu dapat beroperasi didalam suatu gaya kendaraan darurat didalam peristiwa mau atau tidak mau dari kegagalan didalam sistem *hybrid* atau ketiadaan dari bahan bakar.

### 3.3.2. Kendali Daya Mesin

Kendali daya mesin menjadi dasar pengendalian mekanisme dari sistem hybrid untuk selalu memperkecil konsumsi energi dari keseluruhan kendaraan. Yang didasarkan pada status operasi kendaraan, berapa banyak pengemudi yang didasarkan pada status operasi kendaraan, banyak pengemudi telah menekan pedal percepatan dan status isyarat dari komputer baterai, pengendalian manajemen

energi menentukan apakah untuk menghentikan mesin dan menjalankan kendaraan menggunakan motor elektrik yang hanya atau untuk menghidupkan mesin dan menjalankan kendaraan yang menggunakan daya mesin.

Ketika pertama dihidupkan, kendaraan mulai untuk beroperasi menggunakan motor kecuali jika temperatur rendah atau beban baterai rendah. Untuk menjalankan kendaraan yang menggunakan daya mesin, mesin yang pertama dihidupkan oleh generator dan pada waktu yang sama, sistem mengkalkulasi energi yang diperlukan oleh kendaraan tersebut. Itu kemudian mengkalkulasikan kondisi berjalan yang akan menghasilkan efisiensi yang paling tinggi untuk memproduksi energi ini dan mengirimkan suatu instruksi rpm kepada mesin. Generator kemudian mengendalikan revolusi mesin untuk rpm itu. Daya dari mesin dikendalikan dengan mempertimbangkan daya mengemudi yang langsung, motor yang menggerakkan daya dari generasi elektrik, daya yang diperlukan oleh alat bantu peralatan dan kebutuhan yang membebaskan baterai. Dengan keoptimalan dari kendali daya mesin ini, Toyota telah menanamkan manajemen energi untuk keseluruhan kendaraan dan telah mencapai efisiensi bahan bakar yang ditingkatkan.



Gambar 3.5 Grafik Perbandingan Momen Puntir dan Putaran Mesin

### 3.3.3. Kendali Mengemudi

Daya mengemudi dari suatu kendaraan dengan sistem *hybrid* dinyatakan seperti kombinasi dari daya mengemudi mesin yang langsung dan daya mengemudi motor. Yang lebih lambat adalah kecepatan kendaraan, semakin maksimum daya mengemudi yang diperoleh dari daya mengemudi motor. Dengan terus meningkatkan rpm generator, sistem *hybrid* telah buatnya mungkin untuk menggunakan tenaga maksimum menghidupkan mesin pada kecepatan lebih lambat dibanding mungkin dengan arus sistem *hybrid*. Itu juga telah membuatnya mungkin untuk dengan mantap meningkatkan daya kemudi yang maksimum dengan penggunaan suatu tegangan tinggi, keluaran tinggi motor yang dengan sukses meningkatkan kemampuan daya. Sebab mesin tidak punya transmisi dan penggunaan suatu kombinasi dari daya mengemudi yang langsung dari mesin dan daya mengemudi motor diperoleh dari konversi elektrik, itu dapat mengendalikan daya mengemudi dengan menjawab secara tanpa kelim kepada kebutuhan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23



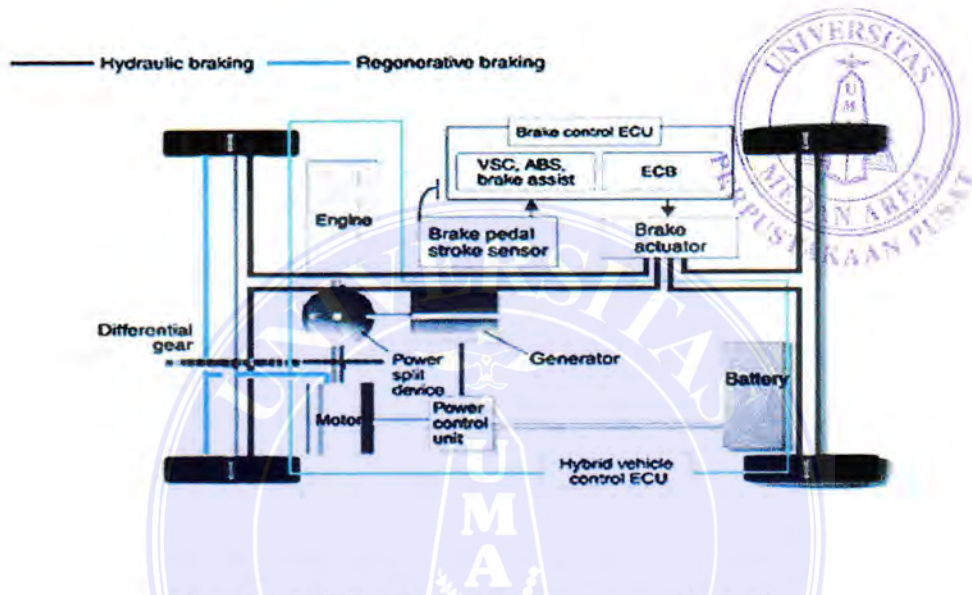
pengemudi, semua berjalan dari kecepatan rendah ke kecepatan tinggi dan dari menjelajah dengan suatu kebutuhan daya rendah untuk akselerasi penuh ( ini dikenal sebagai tenaga putaran atas permintaan ).

Apalagi, memerlukan waktu untuk menghidupkan mesin selama akselerasi dari motor yang hanya bergerak telah dikurangi oleh 40%, sangat meningkatkan tanggapan akselerasi. Dalam rangka menghapuskan guncangan selama mesin menyala, generator juga dengan tepat mengendalikan posisi menghentikan dari tongkat mesin. Untuk memastikan bahwa daya mengemudi kendaraan tidaklah terpengaruh bahkan ketika suatu beban besar diterapkan, ketika alat pendingin dipasang, koreksi kendali daya mengemudi yang tepat adalah dilaksanakan, menuju keberhasilan kemampuan mengemudi lembut dan tanpa kelim.

### **3.3.4. Kendali Rem *Regenerative***

Suatu sistem pengereman regenerative yang mana digunakan, selama pengereman mesin dan pengereman menggunakan rem kaki, motor elektik beroperasi sebagai generator, mengubah tenaga gerak kendaraan ke dalam tenaga elektris, yang mana digunakan untuk memberi beban baterai tersebut. Sistem ini sangat efektif sekali terutama di dalam penyembuhan energi selama mengemudi dikota besar, dimana mengemudi yang benar dari turunnya kecepatan dan akselerasi diulangi umum. Ketika rem kaki sedang digunakan, sistem mengendalikan koordinasi antara rem hidrolis dari ECB dan rem yang regenerative dan secara istimewa menggunakan rem yang regenerative, dengan demikian menyembuhkan energi bahkan pada kecepatan kendaraan yang lebih rendah. Lagi pula, dengan meningkatkan kemampuan masukan baterai, energi dikembalikan.

Apalagi, dengan mengurangi gesekan didalam sistem penggerak, seperti di dalam transmisi, energi yang digunakan menghilang ketika sistem mengemudi kerugian selama turunnya kecepatan kini dikembalikan, meningkatkan dengan mantap total jumlah dari energi yang disembuhkan.



Gambar 3.6. Alokasi Motor dan Pengereman Hidrolik

### 3.3.5. Kendali Tenaga Putaran atas Permintaan yang dimiliki oleh Sistem Hybrid

Memastikan bahwa daya mengemudi dihadirkan dengan setia menurut berbagai keinginan pengemudi di bawah kondisi mengemudi yang bagaimanapun. Toyota telah memperluas konsep ini lebih lanjut dan telah menambahkan suatu fungsi pembantu pengemudi yang ditingkatkan, dengan memastikan mengemudi yang aman.

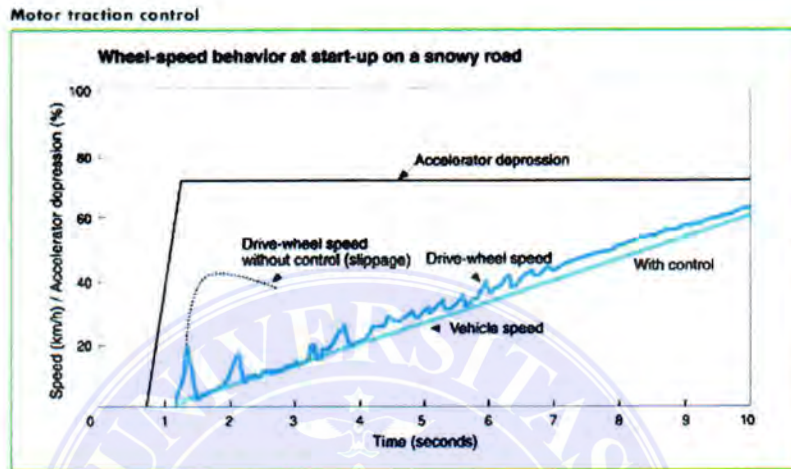
### 1) Kendali daya tarik motor

Didalam sistem *hybrid*, mesin, generator, motor dan roda dihubungkan bersama-sama melalui alat pembagi daya. Lagipula, kebanyakan dari daya mesin diubah menjadi tenaga listrik oleh generator, dan keluaran tinggi dan tanggapan tinggi motor penggerak kendaraan itu. Sebagai konsekwensi, ketika daya yang mengemudikan kendaraan berubah dengan kasar, kelicinan roda pada dinginnya es atau permukaan yang licin lainnya dan selama pengereman yang mengunci roda, suatu kendali perlindungan yang serupa untuk digunakan didalam kendali daya tarik konvensional yang digunakan untuk mencegah fluktuasi voltase kasar dan peningkatan revolusi tentang roda gigi yang perplanetan didalam alat pembagi daya. Didalam sistem *hybrid*, kita sudah mengedepankan perlindungan komponen yang berfungsi lebih lanjut dan mencapai kendali daya tarik motor yang pertama didunia dengan pemanfaatan karakteristik suatu keluaran tinggi, tanggapan tinggi dari motor. Keunggulan dari kendali daya tarik motor akan mengembalikan daya tarik ketika kelicinan roda pada suatu jalan yang tertutup salju dideteksi, sebagai contoh, dan menginformasikan pengemudi dari situasi yang menyelip. Kebutuhan dasar untuk operasi kendaraan yang aman adalah pasti daya tank antara ban dan permukaan jalan. Kendali daya tank motor membantu pengemudi memelihara status ini.

### 2) Kendali Sulit Membantu

Ini adalah fungsi membantu pengemudi yang lain, itu keunikan dari keluaran tinggi motor sistem *hybrid*. Fungsi ini mencegah kendaraan dari dorongan mengarah ke bawah ketika rem dilepaskan selama menyala pada suatu kemiringan yang curam. Sebab motor mempunyai suatu sensor revolusi sangat

sensitif, itu secara mau mendengarkan pikiran sehat sudut dari keminngan dan pendaratan kendaraan dan memastikan keselamatan dengan terus meningkatkan tenaga putaran motor.

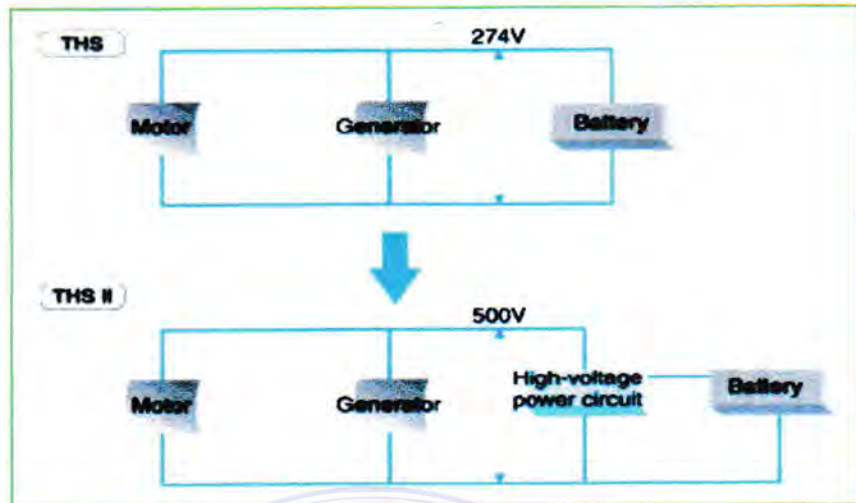


Gambar 3.7. Grafik Perbandingan Waktu dan Kecepatan

### 3.4. Sistem Tegangan Tinggi

#### 3.4.1. Rangkaian tenaga tegangan tinggi

Rangkaian tenaga tegangan tinggi adalah suatu teknologi baru yang mendukung sistem *hybrid* yang baru. Dengan menyediakan suatu rangkaian tenaga tegangan tinggi yang baru saja dikembangkan di dalam unit pengendali tenaga, voltase dari motor dan generator telah ditingkatkan dari 274V menjadi maksimum 500V didalam sistem *hybrid* yang baru. Sebagai hasilnya, daya listrik dapat disediakan kepada motor yang menggunakan suatu arus yang lebih kecil, begitu mendukung suatu peningkatan didalam efisiensi.



Gambar 3.8. Sistem Elektrik Tegangan Tinggi



$$\text{Power (P)} = \text{Voltage (V)} \times \text{Current (I)}$$

Tenaga/daya, yang menyatakan pekerjaan yang dilakukan oleh listrik didalam sejumlah waktu yang ditentukan, dihitung dengan perkalian voltase dengan arus. Jika tenaga/daya penting bagi mengerakkan motor adalah memegang tetap, di atas rumusan menunjukkan bahwa mengandakan voltase mengurangi arus dengan 1/2.

Berikutnya, dengan Hukum Joule (**Kalori = arus<sup>2</sup> x hambatan**), kerugian daya dalam kaitan dengan calories dikurangi menjadi 1/4 (1/2 arus x 1/2 arus) jika hambatan tetap. Rangkaian tenaga tegangan tinggi didalam sistem *hybrid* yang baru, peningkatan daya dengan terus meningkatkan voltase yang memelihara arus tetap tersebut. Lagi pula, untuk mengukur daya yang sama, meningkatkan voltase dan mengurangi arus mengurangi rerugi tenaga, menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Pada pembahasan pada bab-bab terdahulu dapat disimpulkan bahwa :

1. Mobil hybrid dapat menjadi salah satu solusi dalam memperlambat habisnya cadangan minyak nasional dan dunia.
2. Mobil hybrid sangat efektif untuk hemat dalam konsumsi BBM dan ramah lingkungan.
3. Karakteristik mobil hybrid lebih baik dan mobil konvensional.
4. Mobil hybrid memenuhi dalam hal ambang batas emisi yang ditetapkan pemerintah dan dunia (standard Euro).
5. Pemodelan termodinamika dan lainnya dapat dibuat variasi yang lebih banyak untuk dapat mengetahui karakteristik yang lebih tepat dari mesin hybrid

#### 5.2. Saran

Pada skripsi ini penulis memberi saran kepada peneliti selanjutnya bahwa : Hasil pemodelan termodinamika dan simulasi mobil hybrid dapat dibandingkan dengan percobaan experimental sehingga dapat diketahui nilai karakteristik yang lebih ideal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Arends BPM., (Ian Bc.renschot, H., (1992), *Motor Bensin*, Penerbit Erlangga, Jakarta
2. Ben Sorensen (2007), On the road performance simulation of hydrogen and hybrid cars, Roskilde University, Denmark, <http://mmf.ruc.dk/energy>
3. C. Gray, (1988), A Review of Variable Engine Valve Timing, SAE, (880386)
4. <http://www.wikipedia.org/mobil listrik>
5. Honda (2006), Emergency Response Guide for Hybrid Vehicles, American Honda Motor Co. Inc
6. Honda (UK) Cars (2005), *The Honda Jazz 2005 The Power of Dreams*, 470 London road, Slough, Berkshire, SL3 8QY, A Division of Honda Motor Europe Ltd. No. 857969 Registered in England and Wales, home page: [www.honda.co.uk](http://www.honda.co.uk)
7. Honda Australia, (2005), *Honda Jazz The Power of Dreams*, 95 Sharps Road, Tullamarine, Victoria. 3043, FCB HON3536, home page: [www.honda.com.au](http://www.honda.com.au)
8. Honda Ecology, (2005), *Ongoing Technological Developments to Attain Higher Goals for the Generation*, Section 1 Product Development
9. Isuzu (2005), *New Environmentally – Friendly Products*, Isuzu Environment & Sosial Report 2005

10. Joseph J. Romm dan Andrew A. Frank (2006), *Hybrid Vehicles*, Scientific American, Inc., USA
11. James Y., dan Clark G., (2002), *Designing An Adaptive Automotive Control System To Optimize 4-stroke SI Engine Performance*, Senior Thesis 2002, Department of Philosophy, Carnegie Mellon University
12. Klas Telborn (2002), *A Real-Time Platform Closed-Loop Control and Crank Angle Based Measurement*, Master's thesis, performed in Vehicular Systems, Reg. no: LiTH-ISY-EX-3304-2002
13. Kazuo Okamoto (2003), *Environmental and Social Report 2003*, Toyota, Japan
14. Makalah *Kendaraan Hybrid Alternatif Transportasi Masa Depan* dari situs e-learning UGM
15. Masami N., Satoru W., Yoshihiro S., dan Kiyoshi A., (2004), *Port-injection Enginecontrol .System for Environmental Protection*, Hitachi Review, Vol. 53, No. 4
16. Matthew J. Roelle., Gregory M., Shover dan J. Christian Gardes, (2004), *Tackling the Transition: A Multi - Mode Combustion Model of. SI and HCCL for Mode Transition Control*. Proceedings of International Mechanical Engineering Conference and Exposition (IMECE). Anaheim, California, U.S.A
17. Mianzo L, dan Peng H., (2000), *Modeling and Control of a Variable Valve Timing Engine*, Proceedings of The American Control Conferences, Chicago, Illinois



18. Nikolay Shkolnik dan Alexander C. Shkolnik (2005) High Efficiency Hybrid Cycle engine, proceedings of ICEF 2005, ASME Internal Combustion Engine Division, Ottawa, Canada
19. Peter Strandh (2002), Combustion Engine Models for Hybrid Vehicle System Development, Division of Combustion Engines Departement of Heat and Power Engineering Lund Institute of Technology, Lund, Sweden
20. Susan A. Shaheen dan Timothy E. Lipman (2007), Reducing Greenhouse Emission and Fuel Consumption, IATSS Research Vol. 31 No. 1,2007
21. Tri Tugaswati (2000) Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, Jakarta.
22. Toyota (1) (2007), A Guide to Hybrid Synergy Drive, Toyota Motor Corporation, <http://www.toyota.jp/en>
23. Toyota (2) (2007), Hybrid System Operation, Toyota Technical Training
24. Toyota (3) (2007), Toyota Camry Hybrid 2007 Model Emergency Response Guide, Toyota Motor Corporation
25. Toyota Indonesia, [www.toyota.co.id](http://www.toyota.co.id)
26. Umut G., Richard, F', Keith, G., dan Nick C., (2002), *Experimental Investigation of Changing Fuel Path Dynamics in Twin-Independent Variable Camshaft Timing Engines*, Society of Automotive Engineers, Inc., 2002-01-2752