



TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMEN KINERJA TRAKSI PADA MOTOR HYBRID FUBORU

FIRDAUS FAJAR PUTRA
NRP. 2109 100 102

Pembimbing:

Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

PROGRAM SARJANA

LABORATORIUM OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2015



FINAL PROJECT

EXPERIMENTAL STUDY ON THE PERFORMANCE TRACTION MOTOR *HYBRID* FUBORU

FIRDAUS FAJAR PUTRA
NRP. 2109 100 102

Academic Advisor:

Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

STUDI EKSPERIMEN KINERJA TRAKSI PADA KENDARAAN HYBID FUBORU

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Desain Otomotif
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FIRDAUS FAJAR PUTRA

NRP. 2109 100 102

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing)
(NIP. 195106051978031002)
2. Dr. Sutikno, ST., MT. (Penguji I)
(NIP. 197407032000031001)
3. Wahyu Wijanarko, ST., M.Sc. (Penguji II)
(NIP. 198202092012121001)
4. Moch. Solichin, ST., MT. (Penguji III)
(NIP. 2100201405003)

SURABAYA

JULI, 2015

STUDI EKSPERIMEN KINERJA TRAKSI PADA MOTOR HYBRID FUBORU

Nama : FIRDAUS FAJAR PUTRA
NRP : 2109 100 102
Jurusan : Teknik Mesin
Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Bahan bakar fosil, khususnya bensin merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Menurut data APEC, cadangan minyak bumi di dunia per 2014 semakin berkurang, konsumsi bahan bakar fosil tersebut semakin cepat. Atas dasar tersebut perlu adanya teknologi yang membuat sebuah kendaraan bisa meminimalkan konsumsi bahan bakar. Perlu adanya teknologi kendaraan yang irit bahan bakar namun memiliki performa yang baik. Maka dari itu ditemukanlah teknologi kendaraan hybrid berbasis dua sumber tenaga dengan jenis hybrid yang diterapkan pada motor Fuboru. Perlu dilakukan analisa untuk manajemen energy pada motor Fuboru karena menggunakan dua sumber tenaga penggerak. Sebagai kendaraan hybrid, Fuboru mempunyai tiga mode berkendara, yaitu mode berkendara hybrid, full electric, dan engine only. Agar dalam pengoperasiannya dapat memaksimalkan daya dan mengurangi kerugian daya dari dua sumber tenaga penggerak. Perlu dilakukan pengujian torsi, gaya dorong dan juga percepatan dari ketiga mode berkendara

Untuk mengetahui besarnya torsi dari ketiga mode berkendara dari kendaraan maka dilakukan pengujian kendaraan pada water brake dynamometer. Hasil dari water brake dynamometer akan menjadi input data untuk mencari besarnya gaya dorong dari kendaraan. Data yang didapat dari water brake dynamometer berupa besaran torsi sebagai fungsi dari putaran roda. Dari data ini, diambil data torsi yang nantinya diubah menjadi gaya dorong (F_t) sebagai fungsi dari kecepatan.

Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari-jari dinamik roda kendaraan. Sementara untuk kecepatan roda didapat melalui konversi putaran roda dalam satuan rpm menjadi kecepatan. Setelah didapat kedua data, baru setelah itu dihasilkan grafik fungsi gaya dorong dan percepatan sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Pada penelitian ini dilakukan analisa perhitungan gaya dorong pada kendaraan dengan memperhatikan gaya hambat rolling resistance, gaya hambat udara (drag force). Percepatan didapat melalui pengujian perubahan kecepatan dengan waktu yang dibutuhkan. Percepatan yang didapatkan akan diubah dalam bentuk grafik sebagai fungsi kecepatan ketiga mode berkendara.

Adapun hasil yang didapat Nilai Torsi maksimal pada pengujian dynotest dengan mode engine adalah 37,179 Nm pada putaran 37,179 rpm. Sedangkan nilai torsi listriknya mencapai nilai 45,3 Nm pada putaran 2. Nilai Gaya Dorong (Ft) maksimal pada pengujian dynotest dengan mode engine adalah 184,05 N dengan nilai kecepatan 17,68 km/jam. Sedangkan nilai Ft listriknya mencapai nilai 244,257 N pada kecepatan 0,1522 km/jam. Nilai percepatan maksimal engine yang dilalui oleh kendaraan Fuboru TXDM50 adalah 1,88 m/s² dengan nilai kecepatan 7,6 km/. Sedangkan nilai percepatan listriknya mencapai nilai 1,54 m/s² pada kecepatan 4,03 km/jam.

Kata kunci : Manajemen Energi, gaya dorong, Rolling resistance, drag force, mode berkendara

EXPERIMENTAL STUDY ON THE PERFORMANCE TRACTION MOTOR *HYBRID FUBORU*

Name : FIRDAUS FAJAR PUTRA
NRP : 2109 100 102
Department : Teknik Mesin
Advisor : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Fossil fuels, particularly gasoline is a resource that is not renewable. According to data from APEC, oil reserves in the world by 2014 on the wane, the consumption of fossil fuels is growing fast. On the basis of the need for technology that makes a vehicle to minimize fuel consumption. The need for technologies that fuel efficient vehicles, but has a good performance. Thus it was discovered technology-based hybrid vehicle with two types of hybrid power source is applied to the motor Fuboru. Analysis is required to manage energy in the motor Fuboru because it uses two sources of propulsion. As a hybrid vehicle, Fuboru has three driving modes, namely the hybrid driving mode, full electric, and the engine only. So that the operation can maximize power and reduce power losses from the two sources of propulsion. Necessary to test torque, thrust and acceleration of the three driving modes

To determine the magnitude of the torque of the third driving mode of the vehicle, the vehicle testing on a water brake dynamometer. Results of water brake dynamometer will be the input of data to find the magnitude of the thrust of the vehicle. Data were obtained from a water brake dynamometer in the form of massive torque as a function of rotation of the wheel. From this data, the data retrieved torque which later transformed into thrust (F_t) as a function of speed. The magnitude of the thrust is the result of the division of torque to the dynamic wheel radius of the vehicle. As for the wheel speed obtained through the conversion in units of rpm wheel rotation into speed. Having obtained the data only after it is generated graph of the function thrust and acceleration as a

function of vehicle speed. In this research thrust calculation analysis on the vehicle with due regard to drag rolling resistance, the air drag (drag force). Acceleration obtained through testing speed changes with the time it takes. Acceleration obtained will be converted in the form of a graph as a function of the third speed driving mode.

The results obtained maximum torque value in testing mode dynotest dengan engine is 37.179 Nm at 37.179 rpm rotation. While the value of the electrical torque reaches a value of 45.3 Nm at round 2. Rated Thrust (Ft) maximum in test mode dynotest dengan engine was 184.05 N with the value of the speed of 17.68 km / h. While the value of electricity reached a value of 244.257 Ft N at a speed of 0.1522 km / h. Maximum engine acceleration value traversed by vehicles Fuboru TXDM50 is 1.88 m / s² the value of the speed of 7.6 km /. While the value of the electric acceleration reaches a value of 1.54 m / s² at a speed of 4.03 km / h.

Keywords: Energy Management, thrust, rolling resistance, drag force, drive mode

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warohmatulloh Wabarokatuh

Alhamdulillah, puji syukur hanya layak dihaturkan kehadirat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala, hanya karena tuntunanNyaalah penulis akhirnya bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

“STUDI EKSPERIMEN KINERJA TRAKSI PADA MOTOR HYBID FUBORU”

Tak lupa shalawat serta salam untuk Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan kerjasama dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Djoko Sabdono Suro dan Uswatun Hasanah** yang telah menjadi orang tua terbaik dalam hidup penulis, yang selalu memberikan do'a dan dorongan dalam segala kondisi.
2. **Prof. Dr. Ir. I Nyoman Sutantra M.Sc Ph.D** yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. **Dr. Sutikno ST. MT., Wahyu Wijanarko, ST., M.Sc., dan Moch. Solichin, ST., MT.** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis tentang Tugas Akhir ini.
4. **Ir. Bambang Pramujati, Msc. Eng, Ph.D** selaku ketua jurusan Teknik Mesin FTI ITS Surabaya dan **Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E.** selaku dosen wali saya, terimakasih atas bimbingan dan nasehatnya.

5. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, terima kasih atas ilmu yang disampaikan, semoga bermanfaat kedepannya bagi diri penulis dan bagi Bangsa dan Negara.
6. **Dimaz Gesang B.C** yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Tim Fuboru, **Andika Wibowo Nadeak** dan **Ary Mukti Danang Wijanarko**. Dan juga **Krisna Suarna** meskipun sebagai tim ‘semu’ fuboru.
8. Rekan-rekan Angkatan M52 beserta Kakak dan Adik angkatan yang telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis.
9. Segenap karyawan ITS.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Sekalipun Tugas Akhir ini selesai melalui proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan tugas akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Penulis berharap semoga hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Daftar Simbol	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 <i>Kendaraan hybrid</i>	6
2.2.1.1 <i>Hybrid Paralel</i>	6
2.2.1.2 <i>Hybrid Seri</i>	7
2.2.2 Pola Operasi	10
2.2.3 <i>Vehicle Dynamics</i>	12
2.2.3.1 Traksi Kendaraan	12
2.2.3.2 Gaya dorong kendaraan sebagai input traksi kendaraan	13
2.2.3.3 Akselerasi kendaraan	14
2.2.3.4 Kondisi Kecepatan konstan	16
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Prosedur Penelitian	17
3.2 Observasi Lapangan	18
3.3 Identifikasi Masalah	19
3.4 Pengujian Performa Fuboru	19
3.4.1 Pengujian mode berkendara Listrik	19
3.4.2 Pengujian mode berkendara <i>engine</i>	21

3.4.3	Skema Pengujian <i>Chassis Water brake</i> <i>Dynamometer</i>	22
3.4.3.1	Skema Pengujian torsi motor listrik.....	22
3.4.3.2	Skema Pengujian gaya dorong.....	23
3.4.3.3	Skema Pengujian percepatan.....	25
3.5	Parameter Pengujian.....	26
3.5.1	Kendaraan.....	26
3.5.2	Jalan.....	27
3.5.3	Pengambilan Data.....	28
3.6	Langkah Pengujian.....	28
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Contoh Perhitungan.....	29
4.1.1	Contoh Perhitungan Kebutuhan Gaya Dorong Motor Fuboru (Ft).....	29
4.1.1.1	Perhitungan Gaya Hambat Udara.....	29
4.1.1.2	Perhitungan Gaya Hambat <i>Rolling</i>	29
4.1.1.3	Perhitungan Gaya Dorong (Ft).....	29
4.2	Grafik Torsi Mode berkendara.....	30
4.2.1	Grafik Torsi Mode berkendara <i>Engine</i>	30
4.2.2	Grafik Torsi Mode berkendara Listrik.....	32
4.2.3	Grafik Torsi kedua Mode berkendara.....	33
4.3	Grafik Gaya Dorong Kendaraan.....	34
4.3.1	Grafik Gaya Dorong Mode <i>engine</i>	34
4.3.2	Grafik Gaya Dorong mode Listrik.....	36
4.3.3	Grafik Gaya Dorong kedua mode.....	37
4.4	Grafik Percepatan.....	39
4.4.1	Grafik Torsi Mode berkendara <i>Engine</i>	39
4.4.2	Grafik Torsi Mode berkendara Listrik.....	40
4.4.3	Grafik Torsi kedua Mode berkendara.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	44
Daftar Pustaka		vii

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi teknis motor Fuboru.....	17
-----------	--------------------------------------	----

DAFTAR SIMBOL

P_{demand}	daya yang dibutuhkan kendaraan, W
$P_{e/g}$	daya yang dihasilkan oleh <i>engine generator</i> , W
P_{pps}	daya yang dihasilkan oleh baterai
R_a	gaya hambat udara (<i>drag force</i>), N
P_{udara}	massa jenis udara, kg/m ³
C_D	<i>coefficient of drag</i>
A_f	<i>frontal area</i> , m ²
V	kecepatan kendaraan, km/jam, m/s
R_r	gaya hambat <i>rolling</i> , N
C_r	<i>coefficient of rolling</i>
m	massa kendaraan, kg
g	percepatan gravitasi, m/s ²
F_t	gaya dorong kendaraan, N
T	torsi, Nm
i_t	rasio transmisi
i_g	rasio <i>final drive</i>
η_t	efisiensi transmisi, %
r	jari – jari roda, m
F_i	gaya inersia, N
a	percepatan kendaraan, m/s ²
P_t	daya dorong kendaraan, W
P_m	daya motor listrik, W
N	kecepatan putaran, rpm, rad/s

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema <i>hybrid electric</i> paralel.....	7
Gambar 2.2	Skema <i>hybrid seri</i>	8
Gambar 2.3	Dinamika kendaraan Fuboru.....	12
Gambar 2.4	Skema aliran daya motor listrik ke roda.....	13
Gambar 3.1	Diagram Alir tugas akhir secara global.....	17
Gambar 3.2	Diagram Alir pengujian performa mode berkendara Listrik.....	20
Gambar 3.3	Diagram Alir pengujian performa mode berkendara <i>engine only</i>	21
Gambar 3.4	<i>Set up Water brake Dynamometer</i> torsi motor listrik.....	22
Gambar 3.5	Skema pengujian torsi sebagai fungsi putaran ..	22
Gambar 3.6	<i>Set up Water brake Dynamometer</i> gaya dorong kendaraan.....	23
Gambar 3.7	Skema pengujian Ft kendaraan sebagai fungsi kecepatan.....	24
Gambar 3.8	Skema pengujian percepatan kendaraan sebagai fungsi kecepatan.....	25
Gambar 3.9	Kondisi pengujian percepatan kendaraan.....	26
Gambar 3.10	Motor Fuboru.....	27
Gambar 3.11	Kondisi jalan untuk pengujian percepatan kendaraan.....	27
Gambar 4.1	Grafik Torsi mode <i>Engine only</i>	30
Gambar 4.2	Grafik Torsi motor listrik mode listrik.....	32
Gambar 4.3	Grafik Torsi kedua mode berkendara.....	33
Gambar 4.4	Grafik Gaya dorong mode <i>engine</i>	34
Gambar 4.5	Grafik Gaya Dorong mode listrik.....	36
Gambar 4.6	Grafik Gaya Dorong kedua mode berkendara ..	37
Gambar 4.7	Grafik Percepatan mode <i>engine</i>	39
Gambar 4.8	Grafik Percepatan mode listrik.....	40
Gambar 4.9	Grafik Percepatan kedua mode berkendara.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri otomotif dan teknologi mengalami kemajuan yang sangat pesat. Berbagai macam teknologi telah ditemukan dalam upaya memberikan kendaraan dengan kondisi terbaik untuk masyarakat. Salah satu bagian yang mengalami perkembangan adalah bagian sumber penggerak. Sumber penggerak merupakan sistem yang menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan melalui bagian transmisi. Transmisi merupakan sistem yang menyalurkan tenaga dari sumber penggerak hingga sampai ke roda.

Kendaraan yang menggabungkan dua sumber tenaga penggerak adalah kendaraan *hybrid*. *Hybrid* adalah sebuah sistem dengan menggunakan dua atau lebih sumber tenaga penggerak. *Hybrid* yang banyak digunakan saat ini adalah *hybrid* listrik dengan menggunakan baterai kimia. Sistem pengisian pada baterai pun bermacam-macam, ada yang menggunakan sistem pengisian langsung, ada pula yang menggunakan *KERS* (*Kinetic Energy Recovery System*), bahkan ada yang menggunakan *solar cell* untuk memperoleh energi surya yang kemudian disimpan pada baterai. Kapasitas baterai yang digunakan pada kendaraan *hybrid* listrik bervariasi, mulai dari 200 Wh sampai dengan 800 Wh. Kapasitas baterai tersebut masih terbilang cukup rendah untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam menjalankan aktivitasnya.

Motor Fuboru merupakan kendaraan *hybrid* buatan dari china. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap Fuboru. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimasikan kendaraan terhadap kondisi jalan. Dengan mengetahui kondisi jalan serta karakteristik kendaraan maka dapat dilakukan pengujian. Kemudian dianalisa bagaimana

metode berkendara dalam kondisi jalan dan kecepatan tertentu untuk mendapatkan hasil yang paling optimal. Pada tugas akhir kali ini akan dilakukan analisis mode berkendara kendaraan *hybrid* beroda dua yang menggabungkan mesin dengan bahan bakar bensin dan motor listrik sebagai penggerak. Sehingga mampu menghasilkan kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan torsi (T) kedua macam mode berkendara berdasarkan rpm roda.
2. Bagaimana perbandingan gaya dorong (F_t) kedua macam mode berkendara berdasarkan tingkat kecepatan kendaraan.
3. Bagaimana perbandingan percepatan (a) kedua mode berkendara berdasarkan tingkat kecepatan kendaraan (v).
4. Bagaimana menentukan mode berkendara yang tepat untuk motor Fuboru berdasarkan gaya dorong kendaraan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan kendaraan relatif terhadap kecepatan angin sama dengan kecepatan kendaraan.
2. Radius dinamik ban kendaraan dianggap konstan.
3. Analisa tidak menyertakan *regenerative braking*.
4. Kendaraan berjalan pada jalan lurus tanpa adanya gradient tanjakan.
5. Fuboru merupakan kendaraan *hybrid*.
6. Untuk memperoleh Torsi motor listrik, dilakukan uji *waterbrake dynamometer*
7. Titik CP Fuboru berhimpit dengan titik CG Fuboru.
8. Mode listrik menggunakan baterai yang sudah *full charge*

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada perumusan masalah di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan nilai Torsi (T) kedua macam mode berkendara berdasarkan tingkat rpm roda.
2. Mencari perbandingan gaya dorong (F_t) kedua macam mode berkendara berdasarkan tingkat kecepatan kendaraan.
3. Mencari perbandingan percepatan (a) kedua mode berkendara berdasarkan tingkat kecepatan kendaraan (v).
4. Mencari mode berkendara yang tepat untuk motor fuboru berdasarkan gaya dorong kendaraan.

1.5 Manfaat Penelitian

Tugas akhir ini memiliki manfaat antara lain:

1. Menawarkan sebuah konsep baru alat transportasi Motor *hybrid* untuk nantinya dapat dikembangkan di Indonesia.
2. Mengetahui nilai gaya dorong kedua macam mode berkendara motor Fuboru.
3. Mengetahui tingkat percepatan kedua macam mode berkendara motor Fuboru.
4. Mengetahui nilai besarnya percepatan kedua mode berkendara motor
5. Sebagai acuan dalam penelitian serta riset berikutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Ganji, Behnam.,Kouzani, Abbas Z., dan Trinh,H.M. ^[1], melakukan sebuah penelitian dengan membuat sebuah pemodelan sebuah kendaraan *hybrid* yang beroperasi dengan *driving cycle Highway Fuel Economy Driving Schedule (HWFET)* dan *Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS)*. Pada penelitian ini dibahas bagaimana membuat sebuah pemodelan kendaraan berdasarkan *driving cycle* yang telah ditentukan. Ganji membuat pemodelan dengan menghitung berapa kebutuhan gaya kendaraan untuk bergerak pada *driving cycle* HWFET dan UDDS. Kemudian akan didapatkan kebutuhan torsi untuk menggerakkan kendaraan setiap saat. Selain itu dari penelitian ini juga didapatkan bagaimana konsumsi energi listrik kendaraan pada saat melewati *driving cycle* tersebut.

Boyd, Steven J ^[2], melakukan sebuah penelitian dengan melakukan pengujian pada kendaraan *hybrid Split Parallel Architecture (SPA)* untuk mengetahui kerugian komponen *powertrain*. Pada penelitian ini dibahas bagaimana pengaruh efisiensi setiap komponen pada kendaraan terhadap strategi operasi pada *driving cycle Highway Fuel Economy Driving Schedule (HWFET)*, *Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS)* dan *US06*. Kemudian akan didapatkan daya yang hilang pada setiap komponen *drivetrain*. Selain itu dari penelitian ini juga didapatkan strategi operasi berkendara yang hemat energi.

Brooksteeg, K.H.R^[3]. Melakukan sebuah penelitian tentang membandingkan strategi kontrol yang berbeda pada kendaraan *hybrid* kecil. Pada penelitian ini menggunakan tiga strategi kontrol: (1) menggunakan strategi on/off, (2). Strategi *power follower* dan(3). *Equivalent Consumption Minimization Strategy (ECMS)*. Ketiga metode tersebut menghasilkan 3 strategi pengendalian diterapkan dalam simulasi kendaraan nantinya diterapkan pada kendaraan asli untuk meningkatkan jarak tempuh

kendaraan. Dengan strategi on/off, pada saat dihidupkan engine beroperasi pada efisiensi tertinggi, tidak selalu menyediakan efisiensi keseluruhan tertinggi. Dengan *power follower* strategi daya output *engine-generator* mengikuti daya yang diinginkan untuk meminimalkan *charging* dan *discharging* baterai, dan SOC baterai tetap konstan, tetapi *engine* beroperasi di wilayah yang luas. Dengan strategi ini efisiensi daya baterai dioptimalkan. Dengan ECMS efisiensi sistem keseluruhan dianggap yang harus memberikan hasil yang optimal. Pada titik ini tampaknya bahwa strategi on/off sangat cocok untuk kendaraan, namun ECMS dapat menawarkan hasil lebih optimal akhirnya. Hasilnya akan berbeda untuk siklus mengemudi yang berbeda, seperti daya rata-rata yang dibutuhkan, frekuensi pengereman dan variasi waktu *idle*. Umumnya, ketika daya yang dibutuhkan rendah, efisiensi menjadi rendah, dan proses *hybridization* dapat sangat bermanfaat.

Gesang, Dimaz^[4]. Melakukan analisa tentang analisa untuk manajemen energi pada mobil Sapujagad. Mobil Sapujagad merupakan mobil hybrid seri yang memiliki dua sumber penggerak.

Dalam tugas akhir kali ini akan dibahas sebuah kendaraan *hybrid* seri beroda tiga dengan bantuan baterai dan generator sebagai sumber utama *power train*. Saat baterai bekerja maka akan akan menghasilkan daya untuk menggerakkan kendaraan. Namun daya yang dihasilkan oleh baterai ini sebenarnya melebihi kebutuhan daya untuk menggerakkan kendaraan, maka agar tidak kelebihan daya, perlu dilakukan analisa tentang manajemen energi pada kendaraan.

2.2. Dasar Teori

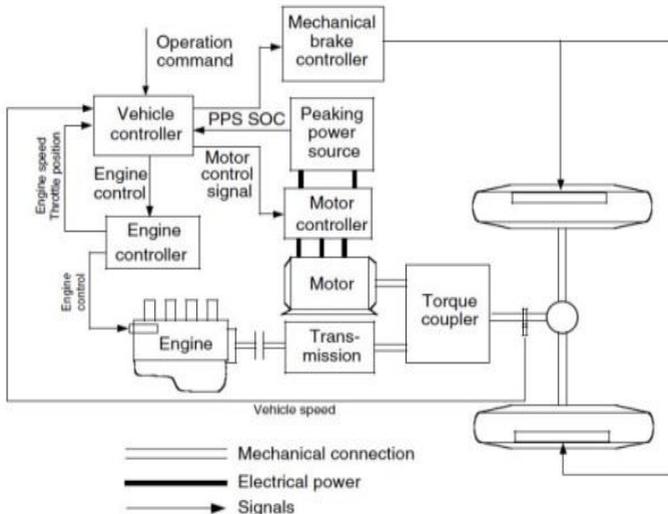
2.2.1. Kendaraan Hybrid

Hybrid adalah sebuah kendaraan yang memiliki 2 atau lebih sumber penggerak kendaraan. Sebuah *hybrid system* kendaraan memiliki 2 komponen utama, yang pertama adalah tempat penyimpanan energi seperti baterai dan sebuah alat untuk

mentransfer energi listrik tersebut menjadi energi kinetis yang dapat menggerakkan kendaraan seperti motor listrik. Motor listrik ini juga digunakan untuk merubah energi kinetis menjadi energi listrik. Energi listrik ini kemudian akan disimpan dalam baterai yang kemudian akan diubah menjadi energy kimia potensial. Berdasarkan tipe dari *powertrain*, kendaraan *hybrid* dibagi menjadi dua macam, yaitu kendaraan *hybrid* paralel dan seri^[4].

2.2.1.1 Hybrid Paralel

Tenaga penggerak kendaraan *hybrid* paralel dapat dilakukan baik oleh mesin pembakaran internal dan motor listrik karena keduanya, secara paralel, terhubung langsung ke *drivetrain*. Mesin pembakaran Internal secara mekanis terhubung ke roda melalui gearbox. Gambar 2.1 menunjukkan skema kendaraan *hybrid* paralel.



Gambar 2.1 Skema *Hybrid* elektrik paralel.

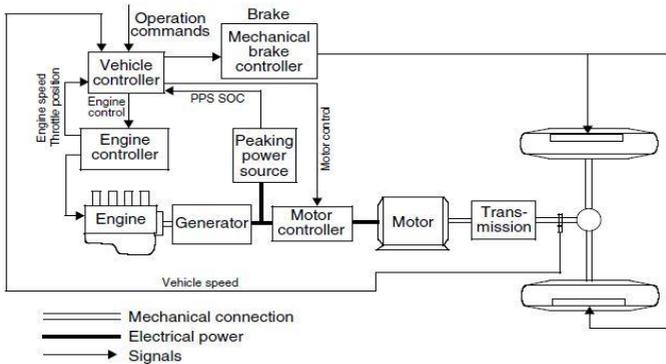
Dalam skema *hybrid* elektrik paralel, performa kendaraan tidak hanya bergantung pada ukuran dan karakteristik motor

listrik. Skema *hybrid* elektrik paralel juga memiliki beberapa keuntungan lainnya, seperti; tidak ada permintaan untuk generator dan menghilangkan ketidak efisienan karena mesin terhubung langsung ke roda, yaitu tidak perlu mengkonversi tenaga mekanik dari mesin menjadi listrik untuk kemudian mengubahnya kembali ke tenaga mekanik. Beberapa kekurangan dari skema *hybrid* paralel adalah kopling mekanis mesin pembakaran Internal ke roda; sebagian titik operasi tidak dapat dipilih secara bebas dan sebagian drivetrain paralel hibrida memiliki kontrol yang lebih kompleks daripada *drivetrain hybrid* seri.

2.2.1.2. Hybrid Seri

Kendaraan listrik *hybrid* seri awalnya dikembangkan dari kendaraan listrik untuk memperluas jangkauan berkendara. Caranya dengan menambahkan sebuah mesin ke kendaraan listrik yang nantinya menjadi sumber cadangan energi penggerak bagi kendaraan. Kendaraan *hybrid* digerakkan oleh motor listrik yang didukung oleh baterai dan/atau generator. Ketika kebutuhan daya beban besar, unit mesin-generator membantu kerja motor listrik dan ketika kebutuhan daya beban kecil unit mesin-generator akan mengisi baterai. Kinerja kendaraan antara lain percepatan, kecepatan maksimum, dan *grade ability* benar-benar ditentukan oleh ukuran dan karakteristik motor listrik yang digunakan.

Skema kendaraan *hybrid* seri dapat dilihat dalam gambar 2.2. Pada kendaraan *hybrid* seri tidak ada sambungan mekanik antara sistem mesin-generator dengan roda. Keuntungan dengan skema ini adalah bahwa mesin-generator dapat dimatikan dan satu lagi unit mesin-generator dapat dipasang secara terpisah dari motor penggerak. Karena mesin secara mekanis tidak terhubung dengan roda penggerak sehingga dimungkinkan untuk selalu menjalankan mesin di wilayah operasi yang optimal. Skema *drivetrain* ini tidak memerlukan kopling dan *gearbox*.



Gambar 2.2 Skema *hybrid* seri.

Kendaraan *hybrid* seri memiliki lima moda berkendara. Mode berkendara antara lain:

1. Hanya menggunakan mesin saja sebagai tenaga penggerak : ketika daya yang dibutuhkan kendaraan untuk bergerak kurang dari daya yang dihasilkan oleh mesin saat beroperasi pada daerah optimalnya dan saat *Power Peak Source(PPS)* telah mencapai batas kemampuan *State Of Charge(SOC)*, hanya mesin yang dioperasikan.
2. Hanya menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak : ketika kecepatan kendaraan kurang dari kecepatan minimum mesin saat mesin bekerja secara lambat, hanya motor listrik yang memenuhi kebutuhan daya untuk menggerakkan roda.
3. *Hybrid traction mode*: ketika daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh mesin, maka baik mesin maupun motor listrik bekerja bersama – sama dalam mencukupi kebutuhan daya.
4. *Regenerative braking*: pada mode ini motor listrik dapat digunakan sebagai generator ketika terjadi pengereman pada kendaraan.

5. Pengisian daya *Power Peaking Source(PPS)* oleh mesin : energi *power peak source(pps)* perlu diisi ulang, ketika telah mencapai batas *State Of Charge(SOC)*. Energi dari *Power Peak Source(PPS)* dapat diisi ulang oleh *regenerative braking* atau mesin-generator. Pengisian energi oleh *regenerative braking* biasanya tidak akan mencukupi, oleh karena itu biasanya yang mengisi energi adalah mesin-generator.

2.2.2 Pola Operasi

Pada kendaraan *hybrid* paralel, dengan bantuan kopling otomatis kita dapat memilih mode apa yang akan digunakan selama kita mengemudikannya, apakah dengan mesin listrik yang energinya bersumber dari baterai atau mode “*energy recovery* (pengisian baterai)” tanpa menghambat perputaran mesin bensin/diesel yang berlebihan sewaktu mode “*energy recovery*” ini digunakan. Mesin elektrik dapat kita fungsikan tanpa ketergantungan mesin bensin/diesel yang berarti kita fungsikan berarti kita dapat bebas memilih mesin yang akan kita gunakan sesuai keinginan kita. Oleh karena itu mobil *hybrid* dapat dikombinasikan dengan mesin yang memiliki kapasitas 3-cylinder sampai berkapasitas besar 8-cylinder.

Tergantung pada kondisi mengemudi dan keinginan pengemudi, kendaraan *hybrid* paralel memiliki tiga mode berkendara. Mode berkendaranya antara lain:

1. Hanya menggunakan Motor Listrik: Kecepatan kendaraan kurang dari nilai yang ditetapkan. Veb, yang dianggap sebagai garis bawah kecepatan kendaraan di bawah yang mesin tidak dapat beroperasi terus. Dalam hal ini motor listrik sendiri menghasilkan tenaga ke roda. Sementara mesin dimatikan. Tenaga mesin, tenaga traksi dan debit PPS daya dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_e = 0 \quad (2.1)$$

$$P_m = \frac{P_L}{\eta_{t,m}} \quad (2.2)$$

$$P_{pps-d} = \frac{P_m}{\eta_m} \quad (2.3)$$

Dimana,

P_e adalah daya yang keluar dari mesin

P_L adalah daya yang diminta pada roda penggerak

$\eta_{t,m}$ adalah efisiensi transmisi dari motor listrik ke penggerak roda

η_m adalah efisiensi motor

P_m adalah daya yang keluar pada motor elektrik

P_{pps-d} adalah PPS discharge power

2. Hanya menggunakan engine(*engine only*) : Motor Fuboru akan menggunakan mode ini. Dalam hal ini, listrik dimatikan, dan mesin dioperasikan untuk memasok daya yang memenuhi permintaan daya beban. Mesin listrik, tenaga listrik dan daya baterai bisa dinyatakan sebagai berikut.

$$P_e = \frac{P_L}{\eta_{t,e}} \quad (2.4)$$

$$P_m = 0 \quad (2.5)$$

$$P_{pps} = 0 \quad (2.6)$$

Dimana,

P_e adalah daya yang keluar dari mesin

P_L adalah daya yang diminta pada roda penggerak

$\eta_{t,e}$ adalah efisiensi transmisi dari engine ke penggerak roda

P_{pps} adalah daya pada PPS

3. Metode gabungan (hybrid) : Permintaan daya beban, baik mesin dan motor listrik harus memberikan daya mereka ke roda pada saat yang sama, saat itu dinamakan metode hybrid. Dalam hal ini, operasi mesin diatur pada baris operasi optimal dengan menggunakan throttle mesin untuk menghasilkan tenaga P_e . Permintaan daya yang tersisa dipasok oleh listrik bermotor. Output daya motor dan daya debit PPS adalah:

$$P_m = \frac{P_L - P_e \eta_{t,e}}{\eta_{t,m}} \quad (2.7)$$

$$P_{pps-d} = \frac{P_m}{\eta_m} \quad (2.8)$$

Dimana,

P_e adalah daya yang keluar dari mesin

P_L adalah daya yang diminta pada roda penggerak

$\eta_{t,m}$ adalah efisiensi transmisi dari motor ke penggerak roda

η_m adalah efisiensi motor

P_m adalah daya yang keluar pada motor elektrik

P_{pps-d} adalah PPS discharge power

2.2.3 Vehicle Dynamics

2.2.3.1 Traksi Kendaraan

Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah kendaraan yang sejajar dengan arah akselerasi dapat dijabarkan dalam gambar 2.3



Gambar 2.3. Dinamika Kendaraan Fuboru^[5]

F_t adalah gaya dorong kendaraan oleh mesin pada roda penggerak. Dalam tujuannya memenuhi *driver demand*, gaya ini

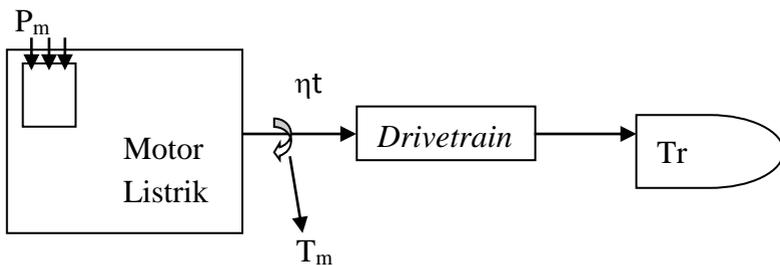
dihambat oleh gaya hambat kendaraan. Gaya hambat pada kendaraan dapat dijabarkan dalam tiga macam gaya. Pertama adalah gaya hambat karena udara. Gaya ini disebut *drag force*. Besarnya gaya ini dipengaruhi oleh *massa* jenis udara (ρ), luasan frontal area (A_f), koefisien drag (C_D), dan kecepatan kendaraan (V).

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot \rho_{udara} \cdot C_D \cdot A_f \cdot V^2 \quad (2.9)$$

Gaya yang kedua adalah *rolling resistant*. Yaitu gaya hambat karena gesekan ban dengan jalan. Besarnya gaya ini dipengaruhi oleh koefisien *rolling resistance* (f_r), *massa* kendaraan (m), percepatan gravitasi (g)

$$R_r = f_r \cdot m \cdot g \quad (2.10)$$

2.2.3.2 Gaya dorong kendaraan sebagai input traksi kendaraan.



Gambar 2.4 Skema aliran daya motor listrik ke roda

Gambar 2.4 adalah gambar skema aliran daya dari motor listrik yang nantinya dikonversi menjadi gaya dorong. Daya pada motor listrik atau P_m , ini dihasilkan langsung oleh baterai. Dari P_m setelah melewati poros motor listrik kemudian dibagi dengan kecepatan sudut poros motor listrik disebut torsi motor listrik, T_m . Torsi yang disalurkan dari motor listrik akan masuk ke *drivetrain*.

Dalam *drivetrain* terdapat efisiensi yang mengakibatkan berkurangnya torsi. Dari *drivetrain* berpindah ke roda. Torsi di roda disebut T_r . T_r ini merupakan kebutuhan torsi untuk menggerakkan kendaraan. Torsi ini bisa kita turunkan menjadi gaya, sehingga bisa diketahui berapa gaya penggerak kendaraan atau biasa disebut gaya dorong(F_t).

$$F_t = T i_t i_g \eta_t / r \quad (2.11)$$

Keterangan:

T_m : Torsi motor listrik(Nm)

i_t : Rasio transmisi

i_g : Rasio *final drive*

η_t : Efisiensi transmisi

r: Jari jari roda(m)

Gaya Dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambat kendaraan, gaya dorong ini dihasilkan dari daya yang dihasilkan oleh kendaraan melalui sistem transmisi sehingga roda bisa bergerak. Untuk perumusan gaya dorong dapat dicari dengan persamaan 2. Selain itu untuk mencari nilai F_t juga bisa dilakukan dynotest pada kendaraan fuboru.

2.2.3.3 Akselerasi Kendaraan

Akselerasi memiliki pengaruh besar pada performa kendaraan. Untuk melakukan akselerasi, diperlukan gaya lebih karena harus melawan gaya inersia kendaraan. Gaya inersia karena akselerasi ini dipengaruhi oleh besar akselerasi (a) dan massa kendaraan.

$$F_i = m.a \quad (2.12)$$

Pada sebuah kendaraan yang dipacu dengan akselerasi tertentu, gaya traksi yang harus dicapai oleh mesin dapat dijabarkan sebagai penjumlahan dari gaya-gaya hambat dan inersia akibat percepatan. Dan daya traksi merupakan perkalian gaya dengan kecepatan.

$$F_t = R_a + R_r + F_i \quad (2.13)$$

$$P_t = (R_a + R_r + F_i)V \quad (2.14)$$

Dimana,

V = kecepatan kendaraan.

P_t digunakan sebagai referensi daya yang harus dihasilkan motor listrik sebagai penggerak agar kendaraan mampu beregerak sesuai dengan *driver demand*. Daya motor listrik yang dihasilkan harus sama dengan atau lebih besar dari daya traksi.

$$P_{motor} \geq P_t \quad (2.15)$$

Jika diasumsikan tidak ada kerugian saat mentransferkan daya dari motor listrik ke roda, maka putaran roda dapat diperoleh dengan menghitung rasio transmisi. Putaran roda didapat dari perhitungan kecepatan kendaraan.

$$V_{kendaraan} = n_{roda} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{roda} \quad (2.16)$$

$$n_{roda} = n_{motor} \cdot i_t \quad (2.17)$$

Dimana,

n = kecepatan putaran (rad/s)

r_{roda} = jari – jari roda (m)

i_t = rasio transmisi

2.2.3.4 Kondisi *Cruising* (Kecepatan konstan)

Pada kondisi kecepatan konstan, gaya inersia diabaikan karena percepatan bernilai nol.

$$P_{t,roda} = (R_a + R_r)V \quad (2.18)$$

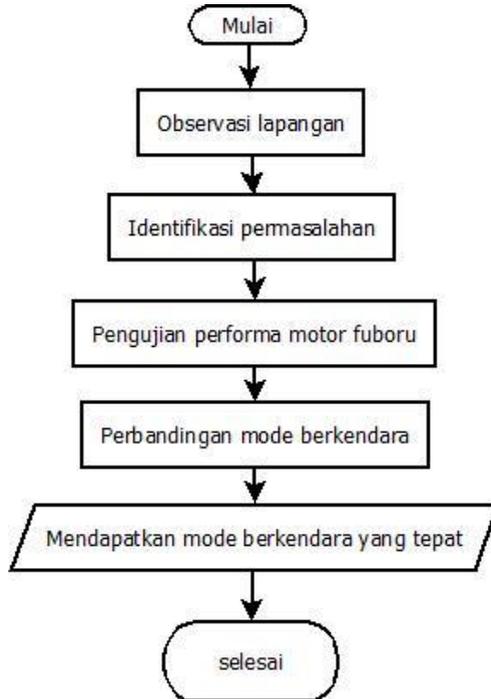
$$P = (F_t) V, \text{ dengan } F_i = 0 \text{ (} V \text{ konstan)} \quad (2.19)$$

$$P_{maks} = (R_r + \frac{1}{2} \rho C_D A_f V_{maks}^2) V_{maks} \quad (2.20)$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, disusunlah sejumlah tahapan yang merupakan langkah – langkah dalam mewujudkan tujuan. Tahapan tersebut dinyatakan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir secara global

Metodologi dalam pelaksanaan tugas akhir ini secara umum dapat dilihat pada gambar 3.1 dimulai dengan studi literatur mengenai analisa manajemen energy pada motor Fuboru, selanjutnya melakukan pengujian motor Fuboru. Setelah selesai melakukan pengujian, penulisiskan mendapatkan kebutuhan daya untuk menggerakkan kendaraan setiap saat dengan *driver demand* yang sudah ditentukan.

3.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan ini dilakukan dengan mengobservasi motor Fuboru. Pada tahap ini mengumpulkan data dari motor Fuboru dan pada saat pengoperasian. Berikut data yang kami peroleh.

Jenis motor	<i>Hybrid</i>
<i>Max speed</i>	<i>Engine: ≤ 45km/jam</i> <i>Motor: ≤ 30km/jam</i>
Panjang	1820 Mm
Lebar	690 Mm
Tinggi	1050 Mm
Massa kendaraan	99 Kg
Massa penumpang	≤ 75Kg
Massa total(m)	169 Kg
Berat total(W)	1657,89 N
Luasan frontal (A_f)	0.7 M ²
Massa jenisudara (ρ)	1,23kg/m
<i>Coefficient of Drag (Cd)</i>	1,1
Diameter roda	0,202 m
<i>Coefficient of Rolling Resistance(fr)</i>	0,06
Daya Maksimum <i>Engine</i>	2,3 KW at 8000 rpm
<i>Rated Power Engine</i>	2,1 KW at 7500 rpm
Torsi Maksimum <i>Engine</i>	2,9 Nm at 6000 rpm
<i>Rated power motor</i>	800 watt
Merek/Tipe	<i>Lead acid battery & lithium battery</i>
Voltase	36 V
Kapasitas	15 Ah

Tabel 3.1 Spesifikasi teknis motor Fuboru

3.3 Identifikasi Masalah

Pada tahap observasi lapangan, motor Fuboru ini bergerak dengan *driving cycle* yang telah ditentukan. Dari *driving demand* dapat dilihat bahwa motor Fuboru ini akan mengalami percepatan dan perlambatan pada kondisi jalanan padat, karena kendaraan berhenti dan berjalan kembali. Perlu diketahui berapa daya kebutuhan dari motor Fuboru, apakah motor Fuboru dapat memenuhi kebutuhan gaya dorong kendaraan dengan motor penggerak yang sudah ada. Dengan mengetahui kebutuhan daya kendaraan dan daya motor penggerak perlu diketahui apakah kinerja baterai pada saat *charging* dan *discharging* pada system *hybrid*.

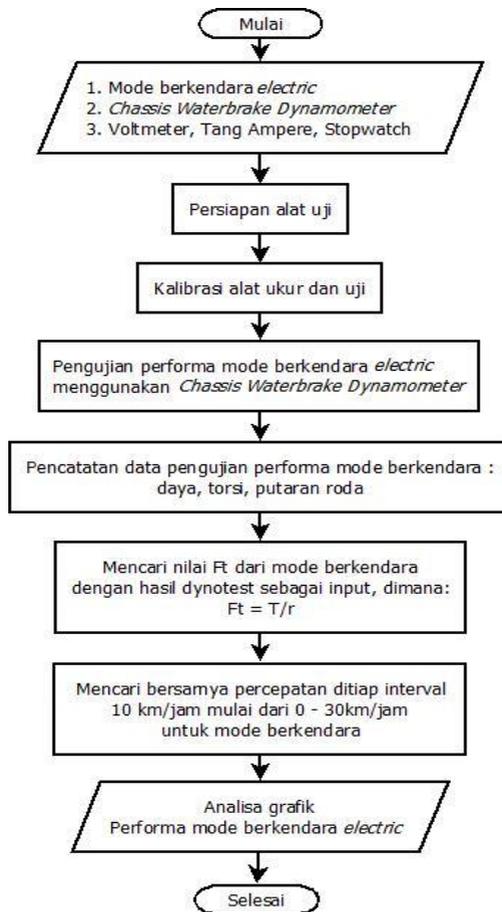
3.4 Pengujian Performa Motor Fuboru.

Pengujian performa motor Fuboru ini dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada diagram alir dibawah agar mendapatkan data yang diinginkan yaitu peta kebutuhan gaya dorong kendaraan pada saat berjalan dengan *driver demand* yang telah ditentukan dan daya yang dihasilkan oleh baterai dan generator. Selain itu pada pengujian performa motor Fuboru diharapkan mendapatkan nilai konsumsi energy listrik sebagai pembanding dengan rupiah yang dikeluarkan, sehingga nantinya didapatkan mode berkendara yang hemat dan efisien untuk motor Fuboru. Pengujian performa motor Fuboru terdiri dari dua macam pengujian:

1. Pengujian mode berkendara listik.
2. Pengujian mode berkendara *engine*.

3.4.1 Pengujian mode berkendara *electric*

Pengujian mode berkendara *electric* dilakukan dengan langkah – langkah seperti pada diagram alir dibawah agar mendapatkan data yang diinginkan yaitu grafik kebutuhan gaya dorong kendaraan pada saat berjalan dengan *driver demand* telah ditentukan dan daya yang dihasilkan oleh baterai. Alur pengujian pada mode berekendara *electric* dapat dilihat pada gambar 3.2

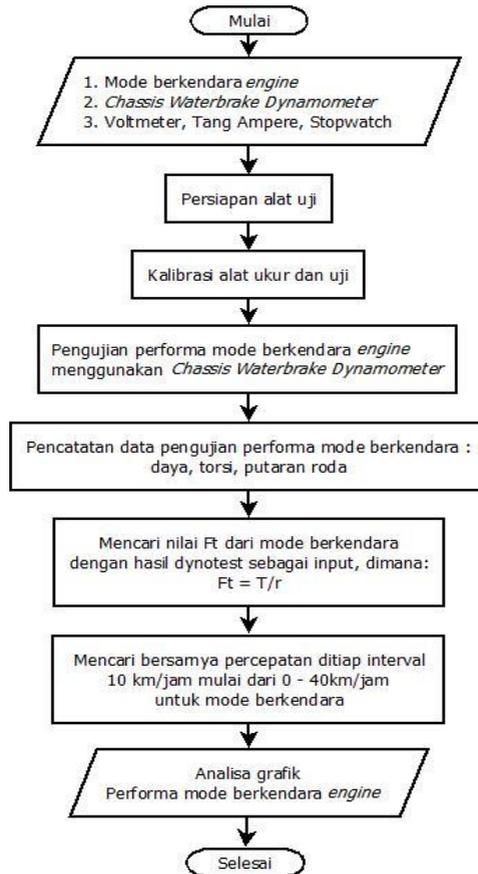


Gambar 3.2 Diagram Alir pengujian performa mode berkendara *electric only*.

3.4.2 Pengujian mode berkendara *engine*

Pengujian mode berkendara *engine* dilakukan dengan langkah – langkah seperti pada diagram alir dibawah agar mendapatkan data yang diinginkan yaitu grafik kebutuhan gaya dorong kendaraan pada saat berjalan dengan *driver demand* telah ditentukan dan daya yang

dihasilkan oleh *engine-generator*. Alur pengujian mode berkendara *engine* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir pengujian performa mode berkendara *engine only*.

3.4.3 Skema Pengujian *Chassis Waterbrake Dynamometer*

3.4.3.1 Skema Pengujian Torsi Motor Listrik



Gambar 3.4 *Set up Waterbrake Dynamometer* Torsi Motor listrik

Set up untuk pengujian torsi mesin dari Motor Fuboru bisa dilihat pada gambar 3.5 dimana pengujian dilakukan langsung pada motor listrik.

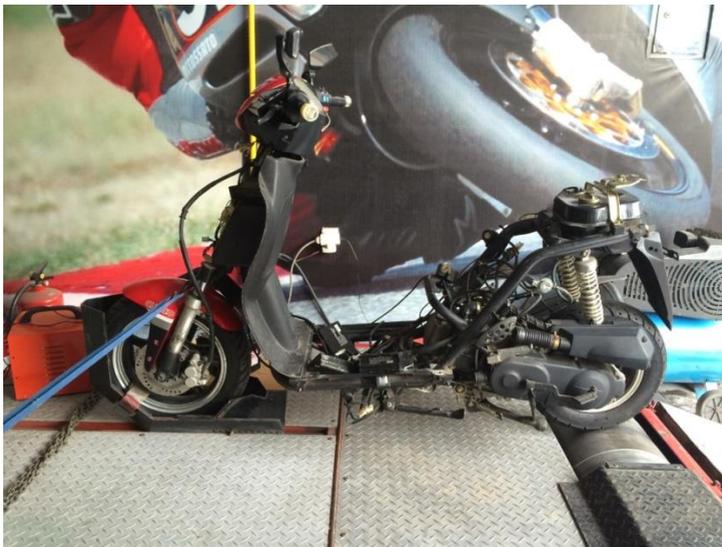


Gambar 3.5 Skema Pengujian Torsi sebagai Fungsi Putaran

Skema pengujian Torsi motor listrik kendaraan bisa dilihat pada gambar 3.6 . Awalnya kendaraan harus di set pada alat *dynotest*. Kendaraan

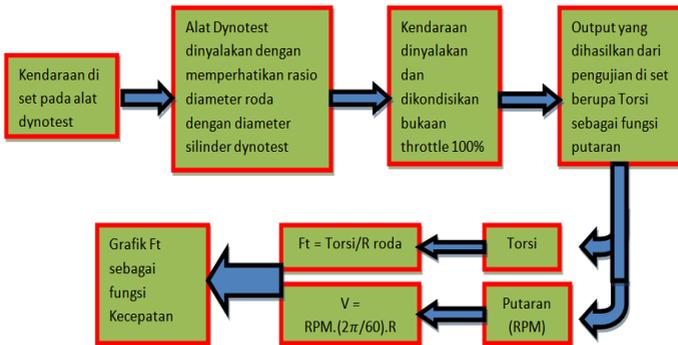
harus diikat dengan sabuk pengaman agar tidak mengalami guncangan dan pergeseran saat pengujian. Selanjutnya diukur rasio antara silinder alat *dynotest* dengan silinder pembantu mesin kendaraan. Alat *dynotest* dinyalakan dan parameter rasio kedua silinder dimasukkan. Rasio ini dimasukkan agar hasil pengukuran langsung keluar berupa torsi dari motor listrik dan bukan dari silinder *dynotest*. Kemudian throttle dibuka seratus persen dan tinggal menunggu output dari alat *dynotest* berupa torsi motor listrik sebagai putaran dari motor itu sendiri.

3.4.3.2 Skema Pengujian Gaya Dorong



Gambar 3.6 *Set up Waterbrake Dynamometer Gaya Dorong Kendaraan*

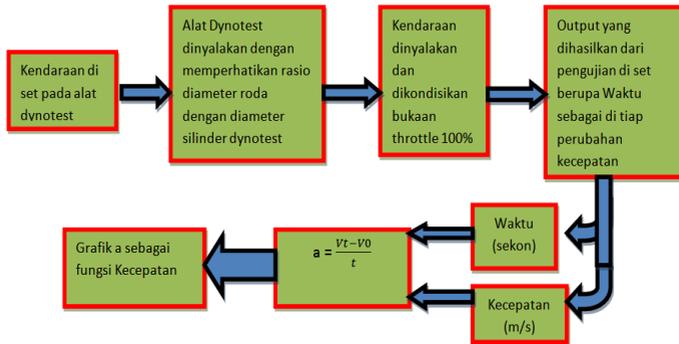
Set up untuk pengujian torsi motor listrik dari keempat mode berkendara dapat dilihat pada gambar 3.7 dimana pengujian dilakukan langsung pada roda. Kendaraan dipasang sabuk pengaman agar tidak mengalami guncangan dan tidak mengalami pergeseran saat diuji. Kondisi ban disarankan memiliki kembangan yang masih bagus agar tidak terjadi slip saat *dynotest*.



Gambar 3.7 Skema Pengujian Ft Kendaraan sebagai fungsi Kecepatan

Skema pengujian gaya dorong kendaraan bisa dilihat pada gambar 3.8 . Awalnya kendaraan harus di set pada alat *dynotest*. Kendaraan harus diikat dengan sabuk pengaman agar tidak mengalami guncangan dan pergeseran saat pengujian. Selanjutnya diukur rasio antara silinder alat *dynotest* dengan roda kendaraan. Alat *dynotest* dinyalakan dan parameter rasio antara roda dan silinder dimasukkan. Rasio ini dimasukkan agar hasil pengukuran langsung keluar berupa torsi dari roda dan bukan dari silinder *dynotest*. Kemudian throttle dibuka seratus persen dan tinggal menunggu output dari alat *dynotest* berupa torsi roda sebagai putaran dari roda itu sendiri. Selanjutnya torsi ini dikonversi menjadi gaya dorong dan putaran roda dikonversi sebagai kecepatan kendaraan.

3.4.3.3 Skema Pengujian Percepatan



Gambar 3.8 Skema Pengujian Percepatan Kendaraan sebagai fungsi Kecepatan

Skema pengujian percepatan kendaraan bisa dilihat pada gambar 3.9. Awalnya kendaraan harus di set pada alat *dynotest*. Kendaraan harus diikat dengan sabuk pengaman agar tidak mengalami guncangan dan pergeseran saat pengujian. Selanjutnya diukur rasio antara silinder alat *dynotest* dengan roda kendaraan. Alat *dynotest* dinyalakan dan parameter rasio antara roda dan silinder dimasukkan. Kemudian throttle dibuka seratus persen dan tinggal menunggu output dari alat *dynotest* berupa waktu yang dibutuhkan di tiap interval kecepatan dari 0 sampai 40 km/jam. Setelah data waktu berhasil didapatkan maka bisa dihitung percepatan yang dibutuhkan kendaraan pada tiap interval kecepatan.



Gambar 3.9 Kondisi pengujian percepatan kendaraan

Kondisi untuk pengujian torsi motor listrik dari ketiga mode berkendara kendaraan bisa dilihat pada gambar 3.10 dimana pengujian dilakukan langsung pada roda. Kendaraan dipasang sabuk pengaman agar tidak mengalami guncangan dan tidak mengalami pergeseran saat diuji. Kondisi ban disarankan memiliki kembangan yang masih bagus agar tidak terjadi slip saat *dynotest*.

3.5 Parameter Pengujian

3.5.1 Kendaraan

Kendaraan yang digunakan dalam pengujian ini adalah kendaraan *hybrid* bernama Fuboru. Motor Fuboru dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.10 Motor Fuboru

3.5.2 Jalan

Untuk mengetes percepatan kendaraan, kondisi jalan yang dibutuhkan adalah kondisi jalan yang rata. Tujuannya agar pengemudi dapat menjaga posisi bukaan *throttle* konstan. Kondisi jalan yang digunakan pada pengujian percepatan kendaraan dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.11 Kondisi jalan untuk pengujian percepatan kendaraan

3.5.3 Pengambilan Data

Proses dynotest dilakukan di Banyuwangi Motor untuk mendapatkan nilai torsi pada motor listrik serta torsi pada roda kendaraan.

3.6 Langkah Pengujian

1. Menyiapkan bahan pengujian berupa motor fuboru dengan kondisi sesuai hasil pembuatan.
2. Kendaraan diuji untuk mendapatkan torsi pada roda dengan dilakukan dynotest menggunakan kedua macam mode berkendara.
3. Hasil dynotest diolah kemudian dijadikan nilai gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan.
4. Mencari nilai percepatan tiap perubahan kecepatan dengan interval 10 km/jam mulai dari 0-30 km/jam untuk motor listrik dan 0-40 km/jam untuk mode *engine only* dan mode gabungan.
5. Mengulangi langkah 1-4 dengan menggunakan motor fuboru dengan mode berkendara lainnya. Jika data sudah ada maka tidak perlu dilakukan pengujian lagi.
6. Membandingkan nilai gaya dorong dari ketiga macam mode berkendara kendaraan dan kedua penyebab perbedaan jika terdapat perbedaan pada hasilnya.
7. Membandingkan percepatan dari kedua macam mode berkendara kendaraan dan mencari penyebab perbedaan jika terdapat perbedaan pada hasilnya.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Contoh Perhitungan

4.1.1 Contoh Perhitungan Kebutuhan Gaya Dorong Motor Fuboru (Ft)

Untuk contoh perhitungan kebutuhan gaya dorong (Ft) data yang digunakan adalah kecepatan (V) 40 km/jam atau 11.11 m/s.

4.1.1.1 Perhitungan Gaya Hambat Udara (Ra)

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot \rho_{udara} \cdot C_D \cdot A_f \cdot V^2$$

Dimana,

$$\rho_{udara} = 1,23 \text{ kg/m}^3$$

$$C_D = 0,3$$

$$A_f = 0,7 \text{ m}^2$$

V = 11,11 m/s Sehingga,

$$R_a = \frac{1}{2} \times 1,23 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \times 0,7 \text{ m}^2 \times (11,11 \text{ m/s})^2$$

$$R_a = 15,94 \text{ N}$$

4.1.1.2 Perhitungan Gaya Hambat Rolling (Rr)

$$R_r = C_r \cdot m \cdot g$$

Dimana,

$$C_r = 0,06$$

$$m = 169 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Sehingga,

$$R_r = 0,006 \times 169 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$R_r = 1,014 \text{ N}$$

4.1.1.3 Perhitungan Gaya Dorong (Ft) aktual

$$F_t = T/r$$

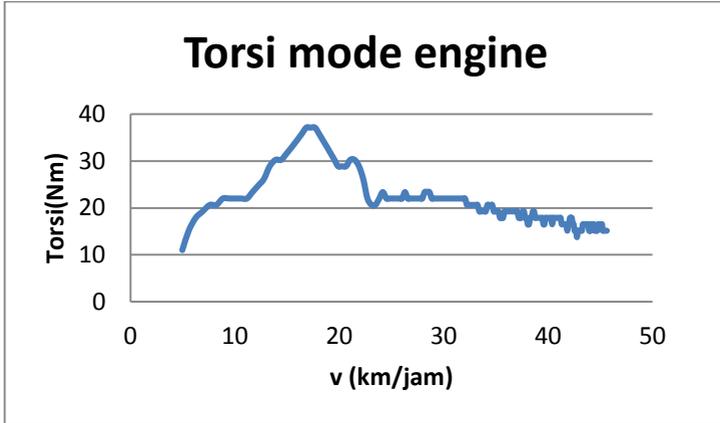
$$F_t = 17,901/0,202 \text{ (pada } v=40 \text{ km/jam)}$$

$$F_t = 88,6188 \text{ N}$$

Dari hasil contoh perhitungan untuk kecepatan 40 km/jam diperoleh nilai F_t motor sebesar 88,6188 N, nilai R_a sebesar 15,94 N, dan nilai R_r sebesar 1,014 N.

4.2 Grafik Torsi Mode berkendara

4.2.1 Grafik Torsi Mode berkendara *Engine only*



Gambar 4.1 Grafik Torsi mode berkendara *Engine only*

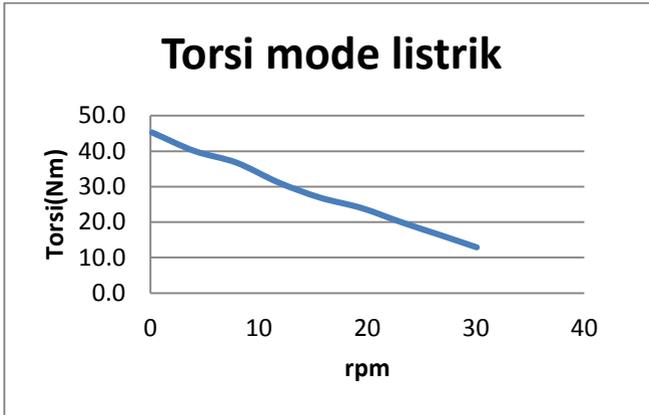
Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari torsi mode berkendara *engine only* sebagai fungsi dari kecepatan. Pada grafik diatas, untuk grafik torsi mode berkendara *engine only* aktual nilai maksimumnya adalah 37,179 Nm pada putaran 232,28 rpm. Grafik torsi aktual memiliki *trendline* yang kecenderungan turun.

Torsi engine dari kendaraan ini didapat melalui pengujian *chassis dynamometer*. Hasil dari pengujian memunculkan nilai torsi sebagai fungsi dari putaran motor kendaraan. T_a adalah torsi akibat *aerodinamis* yang didapatkan dari R_a (N) dikalikan kecepatan dan waktu atau jarak (m). T_r adalah torsi akibat *rolling* yang didapatkan dari R_r (N) dikalikan kecepatan dan waktu atau jarak (m).

Secara ideal grafik torsi mode berkendara *engine only* pada kendaraan akan bermula dari torsi yang tinggi di awal

kecepatan dan kemudian mengalami penurunan torsi secara halus sampai kecepatan tinggi. Dari grafik diatas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi torsi ideal. Grafik diatas bermula dari torsi yang rendah kemudian mengalami kenaikan sampai putaran 232,28 RPM. Setelah putaran 232,28 RPM, nilai torsi mengalami penurunan cenderung halus sampai pada putaran tinggi. Untuk kondisi penurunan torsi ini tidak berbeda dengan kondisi ideal, namun pada kondisi torsi awal memiliki perbedaan dengan karakteristik torsi ideal pada kendaraan. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti kondisi *roller waterbrake dynamometer*, *human error*, dan pemilihan metode pengujian. Kondisi *roller waterbrake dynamometer* saat pengujian diduga tidak rata, sehingga menyebabkan *unbalance*, dampaknya menyebabkan pembacaan *loadcell waterbrake dynamometer* tidak akurat, sehingga nilai torsi yang terbaca saat pengujian tidak akurat. Suasana saat pengambilan data sangat menentukan besarnya nilai torsi yang terbaca, hal ini dikarenakan ketidaktepatan operator dalam membaca nilai torsi yang ditampilkan oleh *display waterbrake dynamometer*.

4.2.2 Grafik Torsi Mode berkendara *Listrik*



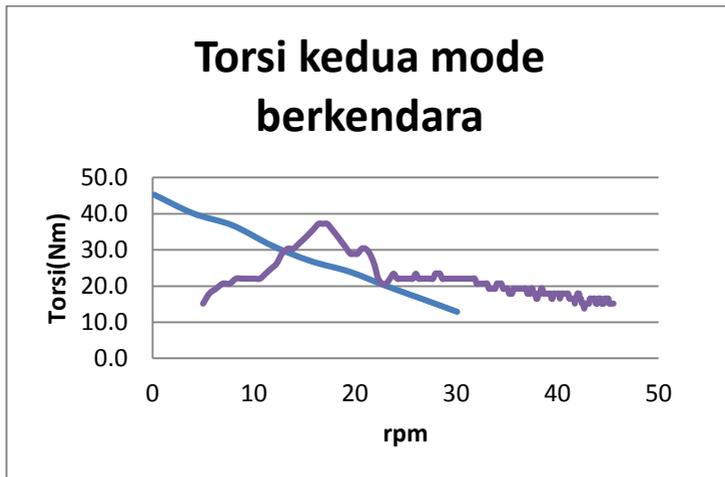
Gambar 4.2 Grafik Torsi mode berkendara *listrik*

Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari torsi mode berkendara *listrik* aktual sebagai fungsi dari putaran motor listrik. Pada grafik diatas, untuk grafik torsi mode berkendara *listrik* aktual nilai maksimumnya adalah 45,3 Nm pada putaran 2 rpm. Grafik diatas memiliki *trendline* yang kecenderungan turun.

Torsi motor listrik dari kendaraan ini didapat melalui pengujian *chassis dynamometer*. Hasil dari pengujian memunculkan nilai torsi sebagai fungsi dari putaran motor kendaraan. T_a adalah torsi akibat *aerodinamis* yang didapatkan dari R_a (N) dikalikan kecepatan dan waktu atau jarak (m). T_r adalah torsi akibat *rolling* yang didapatkan dari R_r (N) dikalikan kecepatan dan waktu atau jarak (m).

Secara ideal grafik torsi mode *listrik* pada kendaraan *hybrid* akan bermula dari torsi yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan torsi secara halus sampai kecepatan tingginya. Dari grafik diatas terlihat sama antara kondisi torsi mode berkendara *listrik* aktual dengan kondisi torsi mode berkendara *listrik* secara ideal.

4.2.3 Grafik Torsi kedua Mode berkendara



Gambar 4.3 Grafik Torsi kedua mode berkendara

Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari torsi kedua mode berkendara, yaitu *listrik* dan *engine only* aktual sebagai fungsi dari putaran motor. Dapat dilihat bahwa torsi tertinggi diawal adalah torsi mode berkendara *listrik*. Sedangkan torsi mode berkendara *engine* lebih tinggi setelah berada pada rpm 182,62. Kedua grafik memiliki *trendline* yang sama, yaitu kedua grafik memiliki pola yang kecenderungan turun.

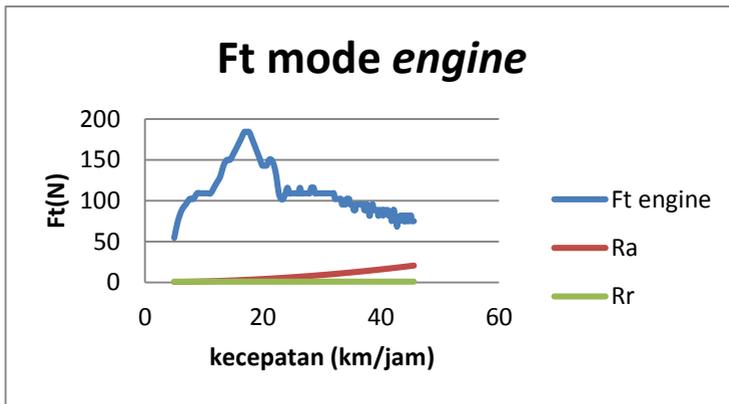
Torsi motor dari kendaraan ini didapat melalui pengujian *chassis dynamometer*. Hasil dari pengujian memunculkan nilai torsi sebagai fungsi dari putaran motor kendaraan. T_a adalah torsi akibat *aerodinamis* yang didapatkan dari R_a (N) dikalikan kecepatan dan waktu atau jarak (m). T_r adalah torsi akibat *rolling* yang didapatkan dari R_r (N) dikalikan kecepatan dan waktu atau jarak (m).

Apabila dilihat dari besarnya nilai memang torsi yang dimiliki pada mode berkendara *listrik* lebih besar dari torsi pada mode berkendara *engine only*. Secara *trendline* dari kedua grafik memiliki karakteristik yang sama, yaitu keduanya sama-sama

mengalami penurunan. Akan tetapi, yang berbeda pada torsi awal di mode *engine*. Pengujian yang dilakukan menggunakan kendaraan yang sama, hanya saja mode berkendaranya yang berbeda. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *chassis dynamometer*.

4.3 Grafik Gaya Dorong Kendaraan

4.3.1 Grafik Gaya Dorong Mode berkendara *engine*



Gambar 4.4 Grafik gaya dorong mode berkendara *engine*

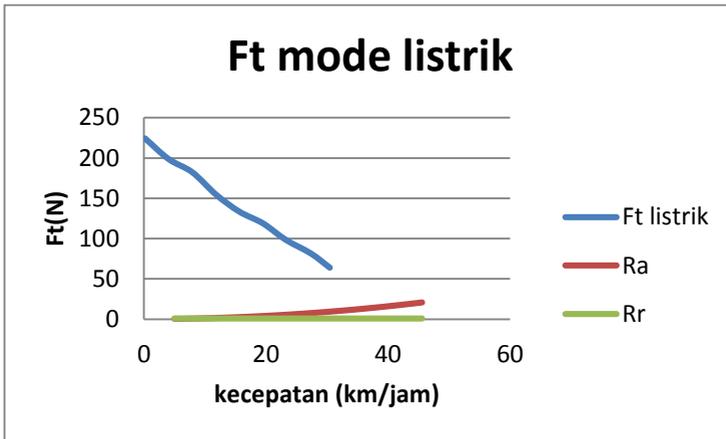
Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari gaya dorong mode berkendara *engine* actual. Pada grafik di atas, untuk grafik gaya dorong mode berkendara *hybrid* actual nilai maksimumnya adalah 184,05 N pada kecepatan 17,68 km/jam. Grafik di atas memiliki *trendline* yang kecenderungan turun.

Proses mendapatkan gaya dorong ini melalui uji *dyno test* kendaraan Fuboru. Data yang didapat dari *dyno test* berupa besaran Torsi sebagai fungsi dari putaran roda. Dari data ini diambil data torsi yang nantinya diubah menjadi Gaya dorong (F_t) sebagai fungsi dari kecepatan. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari jari roda kendaraan dan sebagai perumusannya $F_t = T/r$ Sementara untuk kecepatan roda didapat melalui konversi putaran roda dalam

satuan rpm menjadi kecepatan dan sebagai perumusannya $V = n \times r \times (2\pi/60)$. Setelah didapat kedua data baru maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. R_a adalah gaya hambat *aerodinamis* yang didapatkan dari $\frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times v^2$ (Nm). R_r adalah gaya hambat *rolling* yang didapatkan dari $f_r \times w$ (Nm).

Secara ideal grafik gaya dorong mode berkendara *engine* akan bermula dari gaya dorong yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan gaya dorong secara halus sampai kecepatan tinggi. Dari grafik di atas terlihat berbeda dengan kondisi gaya dorong mode berkendara *engine* ideal. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti pembacaan torsi tidak akurat dan jari – jari dinamik roda saat diuji pada *waterbrake dynamometer* tidak konstan. Besarnya torsi yang terbaca sangat mempengaruhi besarnya gaya dorong, karena torsi merupakan inputan untuk menghitung besarnya gaya dorong (Ft). Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari jari roda kendaraan dan sebagai perumusannya $F_t = T/r$, apabila torsi tidak akurat, maka akan menyebabkan gaya dorong yang tidak akurat. Jari jari dinamik roda yang tidak konstan akan menyebabkan faktor pembagi pada rumus $F_t = T/r$ menjadi kecil sehingga gaya dorong yang terbaca menjadi besar dan sebaliknya.

4.3.2 Grafik Gaya Dorong mode berkendara *Listrik*



Gambar 4.5 Grafik Gaya Dorong mode berkendara *listrik*

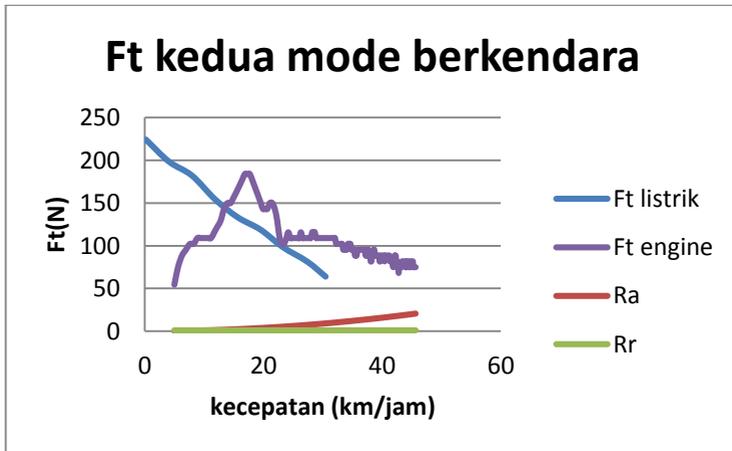
Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari gayadorongmodeberkendara *listrik* actualsebagai fungsi dari kecepatankendaraan. Pada grafik diatas, untuk grafik gaya dorong mode berkendara *listrik* aktual nilai maksimumnya adalah 244,257 N pada kecepatan 0,1522 km/jam. Grafik diatas memiliki *trendline* yang kecenderungan turun.

Proses mendapatkan gaya dorong ini melalui uji *dyno test* kendaraan Fuboru. Data yang didapat dari *dyno test* berupa besaran Torsi sebagai fungsi dari putaran roda. Dari data ini diambil data torsi yang nantinya diubah menjadi Gaya dorong (Ft) sebagai fungsi dari kecepatan. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari jari roda kendaraan dan sebagai perumusannya $F_t = T/r$ Sementara untuk kecepatan roda didapat melalui konversi putaran roda dalam satuan rpm menjadi kecepatan dan sebagai perumusannya $V = n \times r \times (2\phi/60)$. Setelah didapat kedua data maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Ra adalah gaya hambat *aerodinamis* yang didapatkan

dari $\frac{1}{2} \times \rho \times Cd \times Af \times v^2$ (Nm). R_r adalah gaya hambat *rolling* yang didapatkan dari $fr \times w$ (Nm).

Secara ideal grafik gaya dorong mode berkendara *listrik* akan bermula dari gaya dorong yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan gaya dorong secara halus sampai kecepatan tinggi. Dari grafik diatas terlihat sesuai dengan kondisi gaya dorong mode berkendara *listrik* ideal.

4.3.3 Grafik Gaya Dorong kedua mode berkendara



Gambar 4.6 Grafik Gaya Dorong kedua mode berkendara

Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari kedua mode berkendara, yaitu *listrik* dan *engine only* aktual sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Dapat dilihat bahwa gaya dorong tertinggi adalah gaya dorong mode berkendara *engine* aktual. Sedangkan gaya dorong terendah adalah gaya dorong mode berkendara *listrik*. Kedua grafik memiliki *trendline* yang sama, yaitu kedua grafik memiliki pola yang kecenderungan turun.

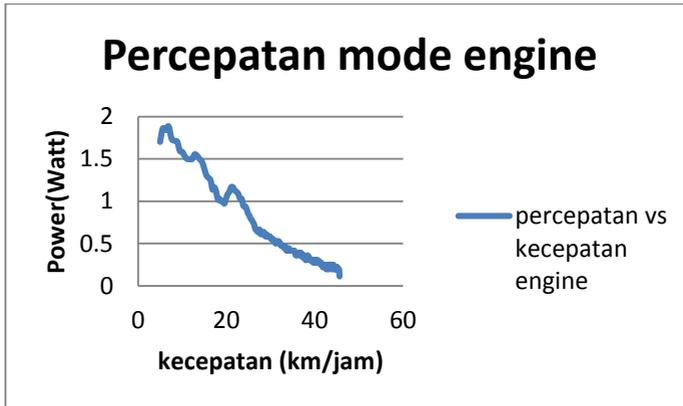
Proses mendapatkan gaya dorong ini melalui uji *dyno test* kendaraan Fuboru. Data yang didapat dari *dyno test* berupa

besaran Torsi sebagai fungsi dari putaran roda. Dari data ini diambil data torsi yang nantinya diubah menjadi Gaya dorong (F_t) sebagai fungsi dari kecepatan. Besarnya gaya dorong ini merupakan hasil pembagian dari torsi terhadap jari jari roda kendaraan dan sebagai perumusannya $F_t = T/r$ Sementara untuk kecepatan roda didapat melalui konversi putaran roda dalam satuan rpm menjadi kecepatan dan sebagai perumusannya $V = n \times r \times (2\pi/60)$. Setelah didapat kedua data maka akan dihasilkan grafik fungsi gaya dorong sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. R_a adalah gaya hambat *aerodinamis* yang didapatkan dari $\frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times v^2$ (Nm). R_r adalah gaya hambat *rolling* yang didapatkan dari $f_r \times w$ (Nm).

Apabila dilihat dari besarnya nilai memang gaya dorong yang dimiliki oleh mode berkendara *listrik* sedikit lebih besar diawal dari mode berkendara *engine*. Hal tersebut wajarmaka mode *listrik* digunakan diawal sebelum kemudian *switch* ke *engine*. Secara *trendline* dari kedua grafik memiliki karakteristik yang sama, yaitu keduanya sama-sama mengalami penurunan. Pengujian yang dilakukan menggunakan kendaraan yang sama, hanya saja mode berkendarannya yang berbeda. Dilihat dari grafik keduanya, mode *switch* yang digunakan pada fuboru ini adalah parameter kecepatan di 30 km/jam dimana F_t listrik mencapai 63,86 N, kemudian F_t engine pada kecepatan 30 km/jam adalah 109,06 dan kemudian konstan turun. Menurut analisa saya harusnya parameter kecepatan untuk *switch* adalah pada kecepatan 15 km/jam dikarenakan F_t pada mode *listrik* terus turun setelah kecepatan 15 km/jam sedangkan pada mode *engine* memiliki nilai F_t lebih tinggi yang terus naik kemudian turun pada kecepatan 18,08 km/jam namun masih berada diatas F_t mode *listrik*.

4.4 Grafik Percepatan

4.4.1 Grafik Percepatan mode berkendara *engine*



Gambar 4.7 Grafik Percepatan mode berkendara *engine*

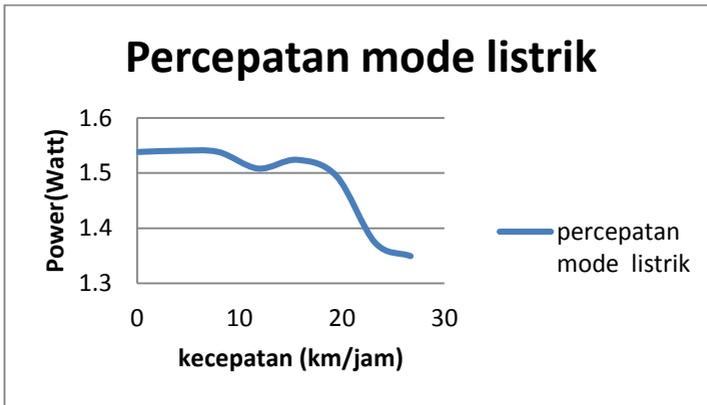
Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari percepatan mode berkendara *engine* sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Pada grafik di atas, untuk grafik percepatan mode berkendara *engine* nilai maksimumnya adalah $1,88 \text{ m/s}^2$ pada kecepatan $7,6 \text{ km/jam}$. Grafik di atas memiliki *trendline* yang memiliki pola kecenderungan turun.

Data percepatan ini didapatkan melalui uji *dyno test* kendaraan Fuboru. Data yang didapat dari *dyno test* berupa kecepatan dan waktu. Dari data ini didapatkan nilai percepatan dengan cara $(\Delta v / \Delta t)$ selisih kecepatan dibagi selisih waktu.

Grafik percepatan di atas memiliki kesamaan dengan kondisi ideal, untuk kondisi teoritis cenderung memiliki nilai yang besar di awal kemudian mengalami penurunan *trendline* sampai pada kecepatan tinggi. Secara ideal grafik percepatan akan bermula dari percepatan yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan nilai percepatan secara halus sampai kecepatan tinggi. Dari grafik di atas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi percepatan mode berkendara *engine*.

Secara umum grafik percepatan mode berkendara *engine* cenderung turun kemudian ada naik sesaat pada saat kecepatan 19 km/jam. Hal ini bisa terjadi karena kesalahan operator dalam pengujian dynotest atau penataan yang kurang tepat pada saat pengujian.

4.4.2 Grafik Percepatan mode berkendara mode listrik



Gambar 4.8 Grafik Percepatan mode berkendara listrik

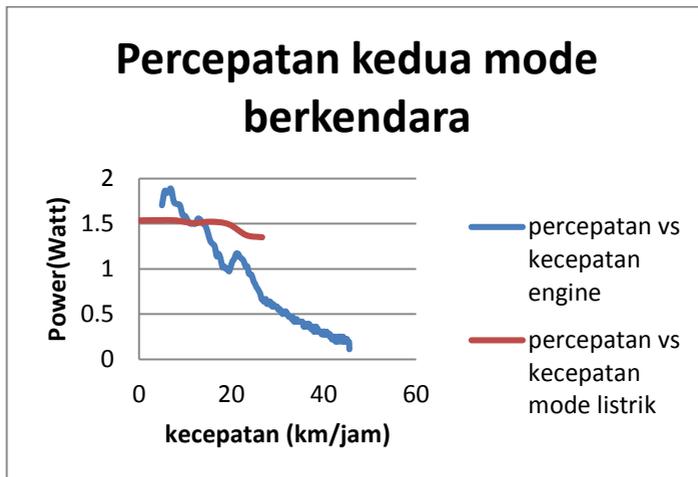
Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari percepatan mode berkendara listrik sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Pada grafik di atas, untuk grafik percepatan mode berkendara *engine* nilai maksimumnya adalah $1,54 \text{ m/s}^2$ pada kecepatan 4,03 km/jam. Grafik di atas memiliki *trendline* yang memiliki pola kecenderungan turun.

Data percepatan ini didapatkan melalui uji *dynotest* kendaraan Fuboru. Data yang didapat dari *dyno test* berupa kecepatan dan waktu. Dari data ini didapatkan nilai percepatan dengan cara $(\Delta v/\Delta t)$ selisih kecepatan dibagi selisih waktu.

Grafik percepatan di atas memiliki kesamaan dengan kondisi ideal, untuk kondisi teoritis cenderung memiliki nilai yang besar diawal kemudian mengalami penurunan *trendline*

sampai pada kecepatan tinggi. Secara ideal grafik percepatan akan bermula dari percepatan yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan nilai percepatan secara halus sampai kecepatan tinggi. Dari grafik diatas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi percepatan mode berkendara listrik. Secara umum grafik percepatan mode berkendara listrik cenderung turun kemudian ada naik sesaat pada saat kecepatan 19,44 km/jam. Hal ini bisa terjadi karena kesalahan operator dalam pengujian dynotest atau penataan yang kurang tepat pada saat pengujian.

4.4.3 Grafik Percepatan mode berkendara kedua mode berkendara



Gambar 4.9 Grafik Percepatan kedua mode berkendara

Dari grafik di atas dapat dilihat *trendline* dari kedua mode berkendara, yaitu *engine* dan listrik sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan. Dapat dilihat bahwa nilai percepatan tertinggi adalah percepatan mode berkendara *engine*. Kedua grafik memiliki *trendline* yang sama, yaitu kedua grafik memiliki pola yang kecenderungan turun.

Data percepatan ini didapatkan melalui uji *dyno test* kendaraan fuboru dan memunculkan nilai percepatan tiap interval kecepatan dengan perumusan sebagai berikut $a=(V_t-V_0)/t$.

Grafik percepatan diatas memiliki kesamaan dengan kondisi ideal, untuk kondisi teoritis cenderung memiliki nilai yang besar diawal kemudian mengalami penurunan *trendline* sampai pada kecepatan tinggi. Secara ideal grafik percepatan mode berkendara *engine* dan listrik ada kendaraan *series hybrid* akan bermula dari percepatan yang tinggi di awal kecepatan dan kemudian mengalami penurunan nilai percepatan secara halus sampai kecepatan tinggi. Dari grafik diatas terlihat sedikit berbeda dengan kondisi percepatan mode berkendara *engine* dan listrik. Perbedaan ini bisa terjadi karena kondisi nyata yang dialami kendaraan saat diuji berbeda dengan kondisi ideal. Perbedaan bisa terjadi karena beberapa faktor seperti jalan untuk pengujian tidak rata dan juga kesalahan operator dalam pengujian *dyno test*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Gaya dorong yang dihasilkan oleh mode berkendara *electric* memiliki karakteristik yang lebih baik diawal daripada mode berkendara *engine* jika dilihat dari grafik gaya dorong fungsi kecepatan. Gaya dorong mode berkendara *electric* bermula pada nilai 224,257 N dan turun hingga 63,86 N pada kecepatan 30 km/jam sedangkan pada mode berkendara *engine* bermula pada nilai gaya dorong sebesar 54,53 N dan naik hingga 184,05 N kemudian turun hingga 74,98 N pada kecepatan 45 km/jam.
2. Berdasarkan Ft, untuk kecepatan dibawah 15 km/jam menggunakan mode berkendara *electric*. Sedangkan untuk kecepatan diatas 15 km/jam *switch* menggunakan mode berkendara *engine*.

5.2 Saran

Dari berbagai kendala yang didapat pada saat pengujian, adapun saran yang diusulkan oleh penulis sebagai berikut :

1. Dalam proses melakukan uji *waterbrake dynamometer* kendaraan sebaiknya dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Untuk mendapatkan data uji yang baik seharusnya digunakan alat uji yang baik agar diperoleh data hasil pengujian yang baik.
3. Merubah parameter kecepatan untuk *switch* dari 30 km/jam menjadi 15 km/jam.
4. Untuk memperoleh daya hasil lebih maksimal lagi, perlu dijadikan sistem hybrid paralel sehingga daya yang digunakan adalah gabungan dari *engine* dan *electric*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ganji, Behnam., Kouzani, Abbas M., dan Trinh M.H., 2010. “ Drive Cycle Analysis of the Performance of Hybrid Electric Vehicles “.
- [2]. Boyd, Steven J., 2006. “ Hybrid Vehicle Control Strategy Based on Power Loss Calculation “.
- [3]. Broksteeg, K.H.R., 2010. “ Comparing Different Strategies for a small series hybrid vehicle“.
- [4]. Ehsani, Mehrdad., Gao, Yimin., Gay, Sebastien E., and Emadi, Ali., “ Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory and Design “, CRC Press LLC, Florida, 2005.
- [5]. Gesang, Dimaz. 2014. “Studi Eksperimen Kinerja Traksi Kendaraan *Hybrid* SapuJagad“
- [6]. Sutantra, I Nyoman dan Sampurno B. 2009. Teknologi Otomotif, edisi kedua, Surabaya

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada 01 Agustus 1991. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis selama hidupnya telah menempuh pendidikan formal di SD Nurul Ulum, SMP Negeri 2 Surabaya, dan SMA Negeri 7 Surabaya. Setelah lulus pendidikan SMA tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikan tingkat sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan

Tinggi Negeri) dengan pilihan kedua Jurusan Teknik Mesin ITS.

Di jurusan Teknik Mesin ITS, penulis mengambil bidang studi Desain. Selama perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan tercatat sebagai pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) ITS sebagai Direktur Badan Semi Otonom 2010-2011 dan menjadi Sekretaris Umum tahun 2011-2012. Penulis juga tergabung dalam pembuatan event Indonesia Energy Marathon Challenge (IEMC) atau yang disebut lomba pembuatan mobil irit di Circuit Kenjeran, Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui email dengan alamat firdausfajarputra@yahoo.co.id