

PROYEK AKHIR - VM 191879

**RANCANG BANGUN DAN VALIDASI EKSPERIMEN SISTEM
TRANSMISI PADA MOBIL FORMULA LISTRIK ANARGYA UNTUK
MENDAPATKAN WAKTU AKSELERASI 8 DETIK PADA JARAK
TEMPUH 75 M**

KEVIN DENIO SETIAWAN

NRP. 10211810010001

Dosen Pembimbing

Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T.

NIP.19610602 198701 1 001

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



PROYEK AKHIR - VM 191879

**RANCANG BANGUN DAN VALIDASI EKSPERIMEN SISTEM
TRANSMISI PADA MOBIL FORMULA LISTRIK ANARGYA UNTUK
MENDAPATKAN WAKTU AKSELERASI 8 DETIK PADA JARAK
TEMPUH 75 M**

**KEVIN DENIO SETIAWAN
10211810010001**

Dosen Pembimbing

Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T.

NIP.19610602 198701 1 001

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - VM 191879

**EXPERIMENTAL DESIGN AND VALIDATION OF THE
TRANSMISSION SYSTEM ON ANARGYA ELECTRIC FORMULA CAR
TO GET ACCELERATION TIME 8 SECONDS AT A TRAVEL OF 75 M**

**KEVIN DENIO SETIAWAN
10211810010001**

Faculty Advisor

Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T.

NIP.19610602 198701 1 001

Energy Conversion Engineering Technology Of Study Program

Department Of Mechanical Industry Engineering

Faculty of Vocation

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN DAN VALIDASI EKSPERIMEN SISTEM TRANSMISI PADA MOBIL FORMULA LISTRIK ANARGYA UNTUK MENDAPATKAN WAKTU AKSELERASI 8 DETIK PADA JARAK TEMPUH 75 M

PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (STr.T) pada
Program Studi Diploma-IV Teknologi Rekayasa Konversi Energi
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **Kevin Denio Setiawan**
NRP. 10211810010001

Disetujui oleh Tim Penguji Proyek Akhir :

1. **Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T**
NIP 19610602 198701 1 001
2. **Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc**
NIP 19610714 198803 1 003
3. **Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.**
NIP 19620216 199512 1 001
4. **Dedy Zulhidayat N, ST., MT, Ph.D**
NIP 19751206 200501 1 002



Pembimbing

Penguji

Penguji

Penguji

SURABAYA
Juli, 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Kevin Denio Setiawan / 10211810010001

Departemen : Teknik Mesin Industri

Dosen Pembimbing / NIP : Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T / 19610602 198701 1 001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun dan Validasi Eksperimen Sistem Transmisi pada Mobil Formula Listrik Anargya untuk Mendapatkan Waktu Akselerasi 8 Detik pada Jarak Tempuh 75 M” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

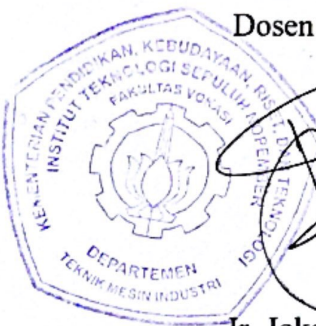
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 21 Juli 2022

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Mahasiswa,



Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T.

NIP.19610602 198701 1 001

Kevin Denio Setiawan

NRP. 10211810010001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RANCANG BANGUN DAN VALIDASI EKSPERIMEN SISTEM TRANSMISI PADA MOBIL FORMULA LISTRIK ANARGYA UNTUK MENDAPATKAN WAKTU AKSELERASI 8 DETIK PADA JARAK TEMPUH 75 M

Nama Mahasiswa : Kevin Denio Setiawan
NRP : 10211810010001
Departemen : Teknik Mesin Industri – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T

ABSTRAK

Kendaraan listrik merupakan kendaraan ramah lingkungan yang sekarang lagi ramai di kembangkan oleh pengembang di seluruh dunia. Berbeda halnya dengan mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) electric vehicle (EV) mempunyai karakteristik torsi yang sangat melimpah. Dengan itu dibutuhkan transmisi untuk menyalurkan tenaga yang akan menggerakkan mobil dengan maksimal.

Transmisi merupakan komponen mesin yang kuat dan bisa diandalkan dalam menyalurkan daya dari sebuah mesin. Oleh karena itu pada studi eksperimen transmisi kali ini akan dilakukan perencanaan transmisi dengan cara perhitungan manual yang akan diaplikasikan pada mobil Formula EV Anargya Mark 2.0 sesuai dengan kebutuhan mobil sehingga mobil dapat mendapatkan hasil terbaik. Perencanaan transmisi pada mobil Formula ini dimulai dengan perhitungan daya yang dibutuhkan oleh mobil, perbandingan rasio transmisi yang sesuai, dan pemilihan motor listrik yang sesuai.

Setelah mendapati perbandingan rasio transmisi yang sesuai, selanjutnya dilakukan *dyno test* guna menghitung efisiensi yang sudah dirancang dan dibuat. Dan eksperimen *acceleration test 0-75m* dilakukan untuk mengetahui apakah hasil analisa perhitungan sesuai dengan hasil aktual pada kendaraan tersebut.

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, pada analisa kebutuhan tenaga pada kendaraan membutuhkan torsi sebesar 167.4 Nm dan daya sebesar 12.777 KW dari data perhitungan tersebut didapati perbandingan rasio berdasarkan analisa yaitu 1 : 5.46 atau 1:5.5, jumlah sprocket yang beredar dipasaran Indonesia yaitu 10t 428 dan 55t 428. Dan efisiensi transmisi kendaraan yaitu 96.9 % setelah itu pada pengujian akselerasi di jalan datar di dapat hasil tercepat dari 4 kali running test didapati hasil 7.17 detik.

Kata kunci: BEV, Daya, Jarak Tempuh, Kendaraan listrik, Torsi, Waktu Tempuh.

EXPERIMENTAL DESIGN AND VALIDATION OF THE TRANSMISSION SYSTEM ON ANARGYA ELECTRIC FORMULA CAR TO GET ACCELERATION TIME 8 SECONDS AT A TRAVEL OF 75 M

Nama Mahasiswa : Kevin Denio Setiawan
NRP : 10211810010001
Departemen : Teknik Mesin Industri – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T

ABSTRACT

Electric vehicles are environmentally friendly vehicles that are currently being developed by developers around the world. Unlike the case with the internal combustion engine, the electric vehicle (EV) has very abundant torque characteristics. With that, a transmission is needed to distribute the power that will move the car optimally.

Transmission is a strong and reliable engine component in distributing power from an engine. Therefore, in this Transmission experimental study, transmission planning will be carried out by means of manual calculations which will be applied to the Anargya Mark 2.0 Formula EV car according to the needs of the car so that the car can get the best results. Transmission planning on a Formula car starts with calculating the power required by the car, comparing the appropriate transmission ratio, and selecting the appropriate electric motor.

After finding the appropriate transmission ratio comparison, then a dyno test is carried out to calculate the efficiency that has been designed and made. And the 0-75m acceleration test experiment was carried out to determine whether the results of the calculation analysis were in accordance with the actual results on the vehicle.

From the results of the research that has been done, in the analysis of the power requirements of the vehicle, it requires a torque of 167.4 Nm and a power of 12.777 KW. From the calculation data, it is found that the ratio ratio based on the analysis is 1: 5.46 or 1:5.5, the number of sprockets circulating in the Indonesian market is 10 t 428. and 55t 428. And the vehicle transmission efficiency is 96.9% after that in the acceleration test on flat roads the fastest results from 4 times running test were found is 7.17 seconds.

Keyword: BEV, Power, Distance Travelled, Electrical Vehicle, Torque, Traveled Time.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat, serta hidayah-NYA telah melimpahkan segala karunia-NYA kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul

“RANCANG BANGUN DAN VALIDASI EKSPERIMEN SISTEM TRANSMISI PADA MOBIL FORMULA LISTRIK ANARGYA UNTUK MENDAPATKAN WAKTU AKSELERASI 8 DETIK PADA JARAK TEMPUH 75 M”

Penyelesaian proyek akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik dalam menempuh Pendidikan Program Studi Konversi Energi Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, kepada :

1. Bapak Ir. Joko Sarsetiyanto, MT. selaku dosen pembimbing proyek akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu terkait dengan tugas akhir.
2. Ibu DR. Atria Pradityana, ST., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. Para Dosen Penguji selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
4. Bapak Alief Wikarta ST, M.Sc.Eng. Phd selaku dosen pembimbing tim Anargya ITS.
5. Bapak Bambang Sudarmanta, ST. MT. Dr selaku Kepala PUI SKO dan STP Otomotif ITS.
6. Bapak Deddy dan Ibu Wahjuni selaku orang tua yang selalu memberikan dukungan baik moral maupun materil untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh Teman Anargya ITS team 2020/2021, yang membantu penulis dalam menyelesaikan proyek akhir.
8. Seluruh teman Warga angkatan 2018 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
9. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan oleh penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari semua pihak sangat diharapkan oleh penulis. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi ilmu dan pengetahuan.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Batasan Masalah	1
1.5 Manfaat	1
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu.....	3
2.2 <i>Student Formula SAE Japan</i>	3
2.3 Regulasi FSAE.....	4
2.3.1 <i>Transmission and Drive</i>	4
2.3.2 <i>Drivetrain Shields and Guards</i>	4
2.4 Teori Dasar Sistem Kerja Kendaraan Listrik.....	4
2.5 Sistem Transmisi	5
2.5.1 Kopling dan <i>Clutch</i>	5
2.5.2 <i>Belt</i> dan <i>Pulley</i>	5
2.5.3 Rantai.....	5
2.5.4 Roda Gigi	6
2.6 Dinamika Kendaraan	6
2.6.1 Gaya Hambat Kendaraan.....	6
2.6.2 Analisa Kebutuhan Daya dan Torsi.....	8
2.7 Gaya pada <i>Chain and Sprocket</i>	10
2.8 Efisiensi Transmisi	12
BAB III.....	13

METODOLOGI	13
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	13
3.2 Data dan Spesifikasi Mobil Anargya Formula EV Mark 2.0	14
3.3 <i>Flowchart</i> Perhitungan Gaya Hambat Mobil Formula Anargya Mark 2.0	15
3.4 <i>Flowchart</i> Perhitungan Perbandingan Rasio Transmisi pada Mobil Formula Anargya mark 2.0	15
3.5 Pengujian dan Pengambilan Data	16
3.5.1 <i>Flowchart</i> Pengujian	16
3.6 Prosedur Pengujian	17
3.6.1 Skema Alat	17
3.6.2 Persiapan Pengujian	19
3.6.3 Pengujian Performa Kendaraan Listrik	20
3.6.4 Pengujian Akselerasi 0-75 m.....	20
BAB IV	22
ANALISA DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Perhitungan gaya total pada kendaraan	22
4.1.1 Gaya Hambat	23
4.2 Perhitungan Kebutuhan Torsi pada Kendaraan	24
4.2.1 Perhitungan Tenaga yang Dibutuhkan Kendaraan	25
4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Rasio Transmisi Kendaraan.....	25
4.3 Perhitungan Gaya pada <i>Chain and Sprocket</i>	25
4.4 Pengujian Akselerasi di Jalan Datar	28
4.5 Hasil Perhitungan Efisiensi Transmisi	28
BAB V	31
PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN	33
BIODATA PENULIS.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mobil Formula Anargya Mark 2.0	3
Gambar 2.2 Pelindung pada Komponen Transmisi	4
Gambar 2.3 Skema Komponen Utama pada Kendaraan Listrik (Sutantra, 2009)	5
Gambar 2.4 Diagram Benda Bebas (FBD) Dinamika Kendaraan.....	6
Gambar 2.5 Grafik Kecepatan untuk Gerak dengan Percepatan Konstan.....	8
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	13
Gambar 3. 2 Skema Komponen Utama pada Mobil Anargya Mark 2.0	14
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Perhitungan Gaya Hambat Kendaraan.....	15
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Perhitungan Transmisi Pada Kendaraan	16
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Pengujian.....	17
Gambar 3.6 Skema Alat Pengujian Pembebanan	17
Gambar 3.7 Skema Pengukuran pada Sistem BEV	18
Gambar 3.8 AVO meter	18
Gambar 3.9 <i>Dynometer</i>	18
Gambar 3.10 <i>Clampmeter</i>	19
Gambar 3.11 <i>Programable Controller</i> BLDC Motor	19
Gambar 3.12 <i>Stopwatch</i>	19
Gambar 3.13 Skema Pengujian Akselerasi 0-75 m	20
Gambar 4.2 Desain 2 Dimensi <i>Chain & Sprocket</i> Mobil Anargya EV Mark 2.0	27
Gambar 4.3 Gambar Penerapan Desain <i>Chain & Sprocket</i> Mobil Anargya EV Mark 2.0	28
Gambar 4.5 Pengukuran Voltase dan Ampere pada Baterai Mobil Formula EV Anargya ITS Mark 2.0	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien <i>rolling resistance</i> (Ehsani dkk, 2005).....	7
Tabel 2.2 Faktor Koreksi pada <i>Chain & Sprocket</i> (Sularso & Suga, 2004).....	11
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mobil Anargya EV Mark 2.0.....	14
Tabel 3.2 Spesifikasi Komponen Utama BEV	15
Tabel 3.3 Matriks Pengujian.....	16
Tabel 4.1 <i>Acceleration Test Data</i> FSJ 2019	22
Tabel 4.2 Rata-Rata Tekanan udara dan Rata-Rata Temperatur udara di Surabaya (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2021)	23
Tabel 4.3 Ukuran Umum Rantai Rol (Sularso & Suga, 2004).....	27
Tabel 4.4 Ukuran Individual Rantai Rol (Sularso & Suga, 2004).....	27
Tabel 4.5 Pengujian Mobil Anargya Mark 2.0 di Jalan Datar.....	28
Tabel 4.6 Daya yang Dikeluarkan Oleh Baterai (DC).....	29
Tabel 4.7 <i>Data Sheet Golden Motor</i> HPM 10 kW	29
Tabel 4.8 Data Daya <i>Running</i> ke-3	29

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahun 2021, Tim *Formula Electric* Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) sedang meriset mobil *Formula Electric* yang ditenagai oleh *Battery* dengan sistem penggerak *Brushless DC Motor* (BLDC) yang bernama Anargya ITS EV Team. Tim Anargya akan mengikuti lomba *Student Formula Japan* (SFJ) di Shizouka Eropa Stadium Japan. perlombaan SFJ ini merupakan salah satu perlombaan *Formula Student* yang diadakan oleh *Society of Automotive Engineer* (SAE) di Jepang. Pada perlombaan ini, Tim Anargya mengikuti kelas *Electric Vehicle* (EV) yang berkapasitas 10 kW dengan sistem BLDC Motor.

Beberapa aspek penting dari mobil Anargya yang sangat menentukan performa ketika berada di lintasan balap, salah satunya adalah sistem transmisi pada kendaraan. Transmisi menjadi satu bagian terpenting dalam performa kendaraan selain baterai, controller, dan motor penggeraknya. Dalam FSAE EV ada 2 tipe transmisi yang digunakan, yaitu *planetary gearbox* dan *direct drive*. Pada mobil anargya menggunakan transmisi *direct drive*. transmisi ini digunakan untuk menggerakkan 2 buah roda dengan 1 motor penggerak. Sedangkan *planetary gearbox* digunakan pada 4 roda dan 4 motor (*All Wheel Drive*).

Oleh karena itu penelitian ini berfokus kepada perbandingan rasio gear pada mobil anargya untuk mencapai target pada lomba FSAE kategori *acceleration test* dari lintasan 0-75 meter dengan target waktu yang sesingkat-singkatnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa perbandingan transmisi yang baik untuk menempuh lintasan 0-75 meter dalam waktu 8 detik untuk kendaraan yang di uji.
2. Berapa hasil yang diperoleh ketika hasil rancangan tersebut diterapkan pada kendaraan uji.

1.3 Tujuan

Tujuan yang terdapat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan perbandingan transmisi yang baik untuk menempuh lintasan 0-75 meter dalam waktu 8 detik untuk kendaraan yang di uji.
2. Mendapatkan hasil aktual yang diperoleh ketika hasil analisis tersebut dilakukan eksperimen.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperkecil ruang lingkup dan untuk memudahkan dalam analisis masalah dibutuhkan adanya pembatasan masalah. Batasan masalah yang dipergunakan dalam penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Pembahasan hanya pada transmisi..
2. Gaya hambat yang diperhitungkan adalah gaya hambat aerodinamis kendaraan, gaya hambat *rolling* kendaraan, serta gaya hambat total pada kondisi jalan aspal.
3. Perhitungan hanya mendapatkan percepatan yang diperoleh dari BLDC Motor.
4. Mobil Formula Anargya Mark 2.0 akan diuji di jalan datar.
5. Motor listrik yang digunakan 10KW.

1.5 Manfaat

Penelitian ini memiliki manfaat antara lain:

1. Mengisi *Design Spec Sheet (DSS)*.
2. Mendapatkan *gear ratio* untuk Mobil Formula Listrik Anargya Mark 2.0 sehingga didapat kinerja terbaik dan sebagai referensi untuk mendapatkan *gear ratio* untuk Mobil Formula Listrik Anargya selanjutnya.
3. Mendapatkan ilmu penerapan mengenai teknologi kendaraan yang dapat meningkatkan performa motor listrik dengan sumber energi yang terbarukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai rasio transmisi mobil elektrik bukan sesuatu hal yang baru, seperti penelitian yang dilakukan oleh (*Nyoman Budi Kusuma Yoga dan I Nyoman Sutantra, 2019*) dimana hasil redesign Mobil Listrik Ezzy II ITS memiliki dua tingkatan, tingkat pertama memiliki rasio 2.362 dan 0.36 pada tingkat kedua. Berdasarkan rasio transmisi yang digunakan pada tingkat pertama dengan gaya traksi maksimum sebesar 10903N kendaraan dapat melewati sudut tanjakan 30 derajat pada kecepatan 12 km/jam dan dengan gaya traksi sebesar 1178,8 N kendaraan dapat melaju pada kecepatan 93,09 km/jam di jalan datar. Sedangkan untuk tingkat transmisi kedua dengan gaya traksi sebesar 1661,8 N kendaraan dapat melaju hingga kecepatan 127 km/jam pada jalan datar.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (*Dika Bayu Prasetyo, 2017*) Berdasarkan analisa perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan maka motor yang sesuai untuk Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik adalah Yasa P400 Series 25 kw. maka rasio transmisi yang tepat untuk Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik adalah sebesar 1,87 pada tingkat pertama, 0,35 pada tingkat kedua dan menggunakan rasio gardan sebesar 4,9. Karakteristik traksi maksimum yang didapat berdasarkan rancangan rasio transmisi adalah sebesar 9775,97 N pada tingkat pertama dan 1818,97 N pada tingkat kedua. Berdasarkan rasio transmisi yang digunakan pada tingkat pertama dengan gaya traksi sebesar 9775,97N kendaraan dapat melewati sudut tanjakan 30 derajat pada kecepatan 11 km/jam dan dengan gaya traksi sebesar 1500N kendaraan dapat melaju pada kecepatan 60 km/jam di jalan aspal, berdasarkan perhitungan kendaraan dapat melaju dengan transmisi pertama sampai dengan kecepatan 67 km/jam. Sedangkan untuk tingkat transmisi kedua dengan gaya traksi sebesar 1818,97N kendaraan dapat melaju 65 km/jam pada jalan aspal, dan berdasarkan perhitungan kecepatan maksimum pada transmisi kedua adalah sebesar 109,2 km/jam.

2.2 Student Formula SAE Japan

Student Formula SAE Japan adalah sebuah kompetisi untuk mahasiswa yang diselenggarakan oleh SAE. Kompetisi ini dimulai sejak tahun 2003, dan pada tahun 2018 ini bertempat di sirkuit ECOPA (Ogasayama Sports Park), Shizuoka Prefecture, Japan. Pada kompetisi ini, mahasiswa dituntut untuk dapat mendesain dan membuat suatu kendaraan berupa mobil formula mini yang tentunya dapat bersaing di beberapa *event* yang sudah ditentukan.



Gambar 2.1 Mobil Formula Anargya Mark 2.0

Ada dua macam *event* dalam *Student Formula Japan*, yaitu *Static Event* dan *Dynamic Event*. *Static Event* meliputi *technical inspection*, *cost report*, *business plan presentation* dan *design report*. Serta *Dynamic Event* yang meliputi *acceleration*, *skid pad*, *autocross*, *endurance* dan *efficiency*. Karena juaranya ditentukan dari hasil akumulasi nilai dari kedua *event* ini. Ada banyak penghargaan diluar juara seperti *best rookie* untuk pendatang baru terbaik, dan masih banyak lagi. Model kendaraan yang dikompetisikan dalam kejuaraan tersebut seperti pada gambar 2.1.

2.3 Regulasi FSAE

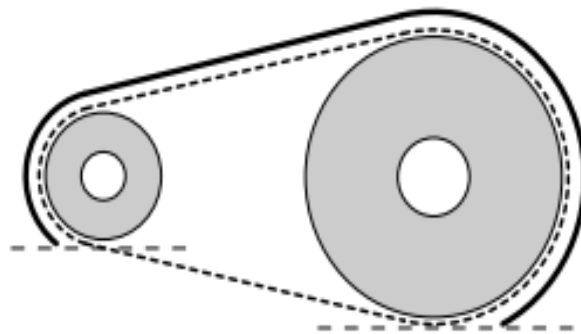
2.3.1 *Transmission and Drive*

Berdasarkan regulasi T.5.1 semua jenis transmisi dan penggerak boleh digunakan.

2.3.2 *Drivetrain Shields and Guards*

Berdasarkan regulasi T.5.2 semua komponen bergerak seperti *gear*, rantai, *pulley*, *belt*, kopling dan motor penggerak harus berada dalam pelindung untuk meminimalisir saat terjadi kegagalan atau kerusakan.

Pelindung pada komponen yang bergerak harus terbuat dari material yang utuh (tidak berlubang), pelindung rantai atau *belt* harus menutupi seluruh bagian dari tampak atas sampai ke titik terendah dari bagian penggerak tersebut.



Gambar 2.2 Pelindung pada Komponen Transmisi

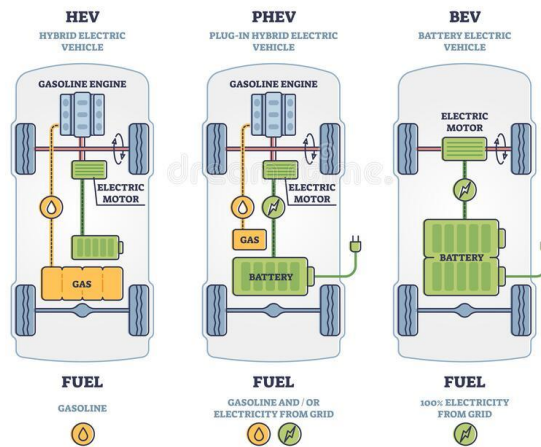
2.4 Teori Dasar Sistem Kerja Kendaraan Listrik

Kendaraan listrik merupakan kendaraan yang ditenagai oleh motor listrik (dynamo) dengan sumber energi dari baterai. Kendaraan listrik bukanlah hal baru. Kendaraan listrik ini sudah ada sejak tahun 1800-an. Motor listrik sendiri memiliki beberapa tipe arus dan jenis putarannya, untuk arusnya sendiri dibagi menjadi dua jenis yaitu AC (*alternating current*) dan DC (*direct current*). Dan dengan jenis putarannya ada motor listrik sinkron (dengan permanen magnet) dan asinkron yaitu hanya mengandalkan gerakan dari elektro magnetis dari stator dan rotornya.

Selain motor listrik kendaraan listrik juga membutuhkan kontrol pada motor tersebut, yaitu controller. *Controller* merupakan alat kontrol untuk mengendalikan putaran motor listrik pada kendaraan listrik, selain itu fungsi *controller* juga sebagai *actuator* pada motor listrik. *Controller* pada motor listrik terdiri dari beberapa sensor seperti *temperature sensor*, *hall effect sensor*, *throttle sensor*, kontrol ini berguna untuk mengkalkulasi jumlah arus dan tegangan yang masuk ke motor penggerak. Berbeda halnya dengan motor pembakaran dalam yang ditenagai oleh bahan bakar minyak, sumber energi dari kendaraan listrik ditenagai oleh baterai. Baterai adalah perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan koneksi eksternal yang disediakan untuk memberi daya pada perangkat listrik seperti senter, ponsel, dan mobil

listrik Ketika baterai memasok daya listrik, terminal positifnya adalah katode dan terminal negatifnya adalah anoda.

TYPES OF ELECTRIC VEHICLES



Gambar 2.3 Skema Komponen Utama pada Kendaraan Listrik (Sutantra, 2009)

2.5 Sistem Transmisi

Transmisi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya. Se jauh ini transmisi telah mengalami berbagai perkembangan, baik dari segi desain maupun jenis material yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari suatu mesin.

Transmisi mempunyai banyak jenis model dan fungsinya karena berkembang seiring bertambahnya kebutuhan terhadap penyalur daya. Berikut adalah jenis-jenis transmisi:

2.5.1 Kopling dan Clutch

Kopling dipakai untuk menyambung dan memutus hubungan dua poros, namun ada bedanya. Bila ketika menyambung atau memutus mesin harus mati disebut *Couplings*, misal : Poros motor dengan poros mesin yang digerakkan, atau untuk menyambung poros turbin dengan poros generator, dan sebagainya, Sedangkan bila ketika menyambung atau memutus mesin tetap hidup disebut *Clutch* misalnya pada mobil atau sepeda motor.

2.5.2 Belt dan Pulley

Belt merupakan alat pemindah daya yang cukup sederhana dibandingkan dengan rantai dan roda gigi. *Belt* terpasang pada dua buah *pulley* atau lebih, *pulley* pertama sebagai penggerak sedangkan *pulley* kedua sebagai *pulley* yang digerakkan. *Belt* memindahkan tenaga melalui kontak antara *belt* dengan *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan. *Belt* digerakkan oleh gaya gesek penggerak, kemampuan *belt* untuk memindahkan tenaga tergantung pada kriteria berikut ini.

- Tegangan *belt* terhadap *pulley*.
- Gesekan antara *belt* dan *pulley*.
- Sudut kontak antara *belt* dan *pulley*.
- Kecepatan *belt*.

2.5.3 Rantai

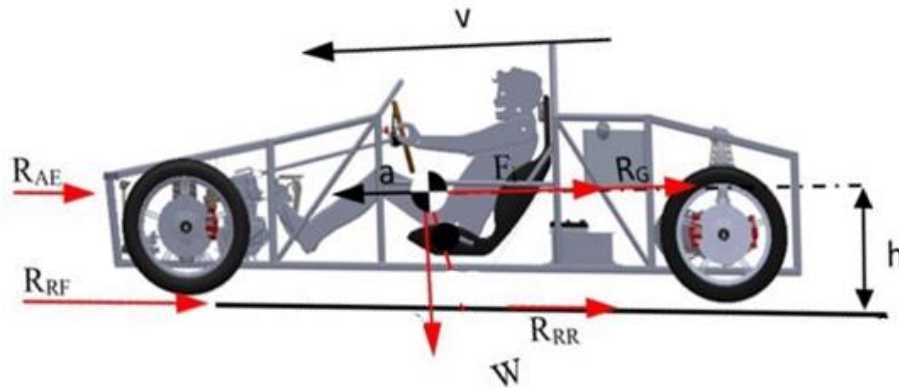
Rantai adalah komponen mesin yang kuat dan bisa diandalkan dalam menyalurkan daya melalui gaya tarik dari sebuah mesin. Rantai terutama digunakan dalam power transmission dan sistem konveyor. Rantai paling sering digunakan sebagai komponen hemat biaya dari mesin power transmission untuk beban berat dan kecepatan rendah. Rantai lebih sesuai untuk aplikasi tanpa henti dengan masa operasional jangka panjang dan penyaluran daya dengan

fluktuasi torsi terbatas. Bagaimanapun juga, rantai juga bisa digunakan dalam kondisi berkecepatan tinggi, misalnya, di sepeda motor dan di penggerak camshaft mesin mobil.

2.5.4 Roda Gigi

Roda gigi atau sering disebut *gear* merupakan elemen mesin yang dapat mentransmisikan daya yang lebih besar, putaran yang lebih tinggi dan tepat bila dibandingkan dengan *belt* atau rantai. Dalam proses pembuatannya, pemasangannya dan perawatannya memerlukan ketelitian yang lebih tinggi. Sebagai contoh roda gigi dalam *engine*.

2.6 Dinamika Kendaraan



Gambar 2.4 Diagram Benda Bebas (FBD) Dinamika Kendaraan

Gambar 2.4 di atas merupakan FBD dinamika kendaraan pada jalanan menanjak. Selanjutnya akan membahas mengenai gaya yang terjadi pada kendaraan dan tenaga yang dibutuhkan oleh kendaraan

2.6.1 Gaya Hambat Kendaraan

Pada perhitungan gaya hambat kendaraan, terdapat tiga gaya hambat yang perlu diketahui yaitu *rolling resistance* (R_R), *aerodynamic resistance* (R_{AE}), dan *grade resistance* (R_G). Pertama *rolling resistance* atau gaya hambat *rolling* adalah gaya yang terjadi antara ban dan jalan akibat adanya defleksi pada roda yang berputar, yang arahnya berlawanan dengan gaya dorong dari kendaraan. gaya hambat *rolling* pada jalanan datar dan tidak datar bisa dirumuskan sebagai berikut.

$$R_R = N \cdot f_r \quad (2.1)$$

$$R_R = N \cdot \cos\theta \cdot f_r \quad (2.2)$$

Dimana:

R_R = gaya hambat *rolling* (N)

f_r = koefisien *rolling resistance*

N = gaya normal kendaraan (N)

θ = kemiringan/defleksi jalanan (derajat)

f_r yang dimaksud pada persamaan (2.1) sebagai koefisien *rolling resistance* ialah fungsi dari tekanan ban, konstruksi ban, tekanan ban, dan kecepatan. Untuk mendapatkan f bisa didapatkan dari tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Koefisien *rolling resistance* (Ehsani dkk, 2005)

Conditions	Rolling resistance coefficient
Car tires on concrete or asphalt	0.013
Car tires on rolled gravel	0.02
Tar macadam	0.025
Unpaved road	0.05
Field	0.1–0.35
Truck tires on concrete or asphalt	0.006–0.01
Wheels on rail	0.001–0.002

Gaya hambat selanjutnya adalah *aerodynamic resistance*. *Aerodynamic resistance* atau gaya hambat udara (F_d) merupakan gaya hambat yang disebabkan oleh udara, gaya ini akan menghambat laju kendaraan. Secara umum, gaya hambat angin dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_{AE} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A_f \cdot V_k^2 \quad (2.3)$$

Dimana:

F_{AE} = gaya hambat angin/*drag force* (N)

C_D = koefisien *drag*

A_f = frontal area (m^2)

V_k = kecepatan kendaraan (m/s)

ρ = densitas udara (kg/m^3)

Dimana densitas udara tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.4)$$

$$P \times V = n \times R \times T \quad (2.6)$$

Sedangkan n ialah jumlah yaitu perbandingan antara massa gas konstan dan massa molar gas (M_r). Jika dituliskan dalam bentuk perumusan yaitu sebagai berikut.

$$n = \frac{m}{M_r} \quad (2.8)$$

Maka persamaan (2.4), (2.5), dan (2.6) disubstitusikan menjadi persamaan berikut (2.7).

$$P = \frac{n \times R \times T}{V}$$

$$P = \frac{m \times R \times T}{M_r \times V}$$

$$P = \frac{\rho \times R \times T}{M_r}$$

$$\rho = \frac{P M_r}{R T} \quad (2.9)$$

Dimana :

P = Tekanan gas (Pa)

M_r = Massa relative

R = Konstanta gas umum 8.31 J/mol K , $0.082 \text{ L atm/mol} \cdot \text{K}$

T = Suhu Mutlak (K)

Gaya hambat tanjak (*Gradient Resistance*) merupakan gaya hambat yang terjadi ketika kendaraan melaju pada kondisi jalan yang menanjak. Gaya hambat tanjak dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_G = W \cdot \sin\theta \quad (2.10)$$

Dimana:

R_g = gaya hambat tanjak (N)

W = berat kendaraan (N)

Setelah mengetahui masing-masing gaya hambat yang mempengaruhi kendaraan, maka dapat dirumuskan gaya hambat total kendaraan pada jalanan datar adalah sebagai berikut.

$$F_t = R_{AE} + R_R \quad (2.11)$$

$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V_A^2 + N \cdot f_r \quad (2.12)$$

2.6.2 Analisa Kebutuhan Daya dan Torsi

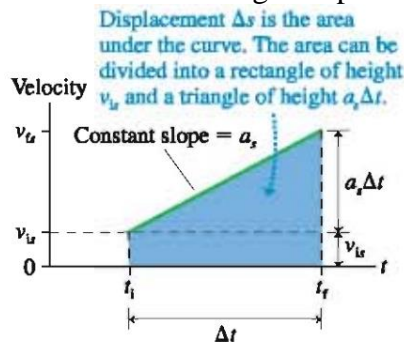
Torsi yang dibutuhkan oleh kendaraan merupakan torsi minimum yang dapat menghasilkan daya dorong yang dapat melawan semua gaya hambat. Analisa kebutuhan daya dan torsi pada kendaraan tergantung pada gaya dorong yang dibutuhkan pada kendaraan. Gaya dorong jalanan datar, untuk kebutuhan daya jalanan datar dibutuhkan percepatan kendaraan dan kecepatan kendaraan.

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$a = \frac{V_t - V_0}{\Delta t} \quad (2.13)$$

$$V_t = V_0 + (a \times \Delta t) \quad (2.14)$$

Dimana perpindahan objek dapat dirumuskan dari grafik persamaan (2.12).



Gambar 2.5 Grafik Kecepatan untuk Gerak dengan Percepatan Konstan

Dapat dirumuskan bahwa perpindahan objek merupakan luas arsiran yang berupa trapesium sebagai berikut.

$$s = \frac{1}{2} \times \Delta t \times (V_0 + V_t) \quad (2.15)$$

Lalu untuk mengetahui jarak akhir didapatkan dari pengintegralan persamaan (2.12) terhadap waktu (t).

$$s = \int V_t \cdot dt$$

$$s = \int (V_0 + (a \times \Delta t)) \cdot dt$$

$$s = (V_0 \times t) + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.16)$$

Pada pengujian kecepatan awal sama dengan 0, maka $V_0 = 0$

$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

$$a = \frac{2 \times s}{t^2} \quad (2.17)$$

Lalu (2.14) dapat disubstitusikan dengan persamaan (2.12) untuk memunculkan persamaan kecepatan akhir.

$$s = \left(V_0 \times \left(\frac{V_t - V_0}{a} \right) \right) + \left(\frac{1}{2} a \left(\frac{V_t - V_0}{a} \right)^2 \right)$$

$$s = \frac{(V_t \times V_0) - V_0^2}{a} + \frac{1}{2} a \left(\frac{V_t^2 - 2V_t V_0 + V_0^2}{a^2} \right)$$

$$2 \times s = \left(2 \times \frac{(V_t \times V_0) - V_0^2}{a} \right) + a \left(\frac{V_t^2 - 2V_t V_0 + V_0^2}{a^2} \right)$$

$$s \times (2a) = 2(V_t \times V_0) - 2V_0^2 + V_t^2 - 2V_t V_0 + V_0^2$$

$$2as = V_t^2 - V_0^2$$

$$V_t^2 = V_0^2 + 2as \quad (2.18)$$

Pada pengujian kecepatan awal sama dengan 0, maka $V_0 = 0$

$$V_t^2 = 2as$$

$$V = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} \quad (2.19)$$

Kendaraan pada jalanan datar dengan kecepatan konstan membutuhkan gaya dorong (F_t) hanya untuk melawan gaya hambat *rolling* (R_r), dan gaya hambat angin (R_a). Besar gaya dorong yang dibutuhkan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_t = R_{AE} + R_R \quad (2.20)$$

$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V_A^2 + N \cdot f_r \quad (2.21)$$

Kendaraan yang berjalan pada jalan menanjak dengan sudut tanjak θ dan dengan kecepatan tetap (V_k) harus memiliki gaya dorong yang dapat melawan gaya hambat *rolling* (R_r), gaya hambat angin (R_a), dan gaya hambat tanjakan (R_g). Besarnya gaya dorong yang dibutuhkan kendaraan yang saat menanjak dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_t = R_{AE} + R_R + R_G \quad (2.22)$$

$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V_A^2 + N \cdot \cos\theta \cdot f_r + W \cdot \sin\theta \quad (2.23)$$

Gaya dorong yang dibutuhkan (F_t) oleh kendaraan pada jalanan datar dengan percepatan tetap (ak) harus mampu melawan gaya hambatan *rolling* (R_r), gaya hambat angin (R_a) dan gaya inersia (Fi). Besarnya gaya dorong yang dibutuhkan dapat dirumuskan sebagai berikut

$$F_t = R_{AE} + R_R + Fi \quad (2.24)$$

$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V_A^2 + N \cdot f_r + M \cdot ak \quad (2.25)$$

Dimana:

M = massa kendaraan (kg)

ak = percepatan kendaraan (m/s^2)

Kendaraan pada jalanan menanjak dengan sudut tanjak θ dan dengan percepatan tetap

(*ak*) harus memiliki gaya dorong yang mampu melawan gaya hambat *rolling* (*Rr*), gaya hambat angin (*Ra*), dan gaya hambat tahanan (*Rg*) dan gaya inersia (*Fi*). Besarnya gaya dorong yang dibutuhkan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_t = R_{AE} + R_R + R_G + F_i \quad (2.26)$$

$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V_A^2 + N \cdot \cos\theta \cdot f_r + W \cdot \sin\theta + M \cdot ak \quad (2.27)$$

Setelah mengetahui gaya dorong yang tergantung pada kerja operasi kendaraan torsi yang dibutuhkan poros (*Tp*) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Tp = R \cdot Ft \quad (2.28)$$

Dimana:

Tp = Torsi poros (Nm)

R = jari-jari roda penggerak (*R*)

Kemudian tenaga yang dibutuhkan kendaraan yaitu

$$RHP = Ft \cdot Vk \quad (2.29)$$

Dimana:

RHP = daya/ tenaga kendaraan (Watt)

Vk = kecepatan kendaraan (*Vk*)

Dimana untuk menghitung rasio pada kendaraan sebagai berikut.

$$i = \frac{F_t \times r}{T_m} \quad (2.30)$$

Dimana:

F_t = gaya torsi kendaraan

T_m = torsi mesin

r = jari-jari roda

2.7 Gaya pada *Chain and Sprocket*

Chain (rantai) di kendaraan pada umumnya berguna untuk menyalurkan daya atau memindahkan daya yang terpisah antara 2 *sprocket* (*chain drive*). Rantai yang diproduksi di pasaran mempunyai standar yang sudah ditentukan, dimana rantai-rantai tersebut mempunyai ukuran dan beban maksimum yang diijinkan yang berbeda-beda. Setelah mendapatkan rasio transmisi yang dibutuhkan pada sebuah mobil maka sangat penting untuk memperhitungkan gaya pada rantai untuk dirancang dan didesain sehingga layak dan mumpuni ketika dipakai. Untuk menghitung gaya tersebut dirumuskan daya desain (*P_d*) sebagai berikut.

$$P_d = P \cdot F_c \quad (2.31)$$

Dimana:

P_d = Daya desain (kW)

P = Tenaga Maksimal Kendaraan (*RHP*)

F_c = Faktor koreksi

Faktor koreksi dapat ditentukan dari Tabel 2.2, dimana tipe tumbukan yang terjadi pada rangkaian *chain & sprocket* yang terjadi ialah tumbukan sedang dengan motor listrik.

Tabel 2.2 Faktor Koreksi pada *Chain & Sprocket* (Sularso & Suga, 2004)

Tumbukan	Penggerak Pemakaian	Motor listrik atau turbin	Motor torak	
			Dengan transmisi hidrolik	Tanpa transmisi hidrolik
Transmisi halus	Konveyor sabuk dan rantai dengan variasi beban kecil, pompa sentrifugal dan blower, mesin tekstil umum, mesin industri umum dengan variasi beban kecil	1,0	1,0	1,2
Tumbukan sedang	Kompresor sentrifugal, propeler, konveyor dengan sedikit variasi beban, tanur otomatis, pengering, penghancur, mesin perkakas umum, alat-alat besar umum, mesin kertas umum	1,3	1,2	1,4
Tumbukan berat	Pres, penghancur, mesin pertambangan, bor minyak bumi, pencampur karet, rol, mesin penggetar, mesin-mesin umum dengan putaran dapat dibalik atau beban tumbukan	1,5	1,4	1,7

Setelah mengetahui daya desain, maka perlu diketahui juga putaran pada *gear* belakang yang menyalurkan daya ke gardan. Dimana nilai putaran *gear* belakang dapat dirumuskan sebagai berikut dengan perbandingan putaran *gear* dan jumlah gigi *gear* pada *gear*.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{NT_1}{NT_2} \quad (2.32)$$

Dimana:

NT1 = Jumlah gigi *sprocket* pada motor listrik

NT2 = Jumlah gigi *sprocket* pada gardan

n1 = putaran gigi *sprocket* pada motor listrik

n2 = putaran gigi *sprocket* pada gardan

Selanjutnya perlu diketahui pula torsi desain yang dirumuskan dalam formula sebagai berikut.

$$T_d = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.33)$$

Dimana T_d merupakan torsi desain.

Selain itu perlu diketahui pula diameter masing-masing *sprocket*, dimana nilai diameter tersebut dapat diketahui dengan rumusan berikut.

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{NT}\right)} \quad (2.34)$$

Dimana:

D = Diameter *sprocket* (mm)

NT = Jumlah gigi *sprocket*

Selanjutnya hal yang juga sangat penting yaitu perhitungan kebutuhan panjang rantai sebagai berikut.

$$L = p \times \left(\frac{2 \times C}{p} + \frac{N_{t1} + N_{t2}}{2} + \frac{(N_{t2} - N_{t1})}{4\pi^2 \frac{C}{p}} \right) \quad (2.35)$$

Dimana:

L = Panjang rantai (mm)

C = Jarak sumbu poros (mm)

Lalu untuk mengetahui besarnya gaya pada rantai dapat diketahui dari persamaan berikut ini.

$$F_s = \frac{102 \times Pd}{v} \quad (2.36)$$

Dimana gaya pada rantai (F) merupakan beban atau gaya yang bekerja pada satu rantai. Bila F bersatuan kgf, v dalam m/s dan Pd dalam kW.

2.8 Efisiensi Transmisi

Kendaraan yang sudah di bangun untuk menempuh jarak 0-75m dalam waktu 8 detik akan di uji efisiensi transmisinya pada mesin dyno guna mengetahui performansi transmisi yang sudah dibangun akan dilakukan pengujian efisiensi transmisi dengan rumus sebagai berikut.

$$\eta_i = \frac{P_{out}}{P_{in} \times \eta_m} \times 100 \quad (2.37)$$

Dimana :

η_i = efisiensi transmisi

P_{out} = Daya pada roda

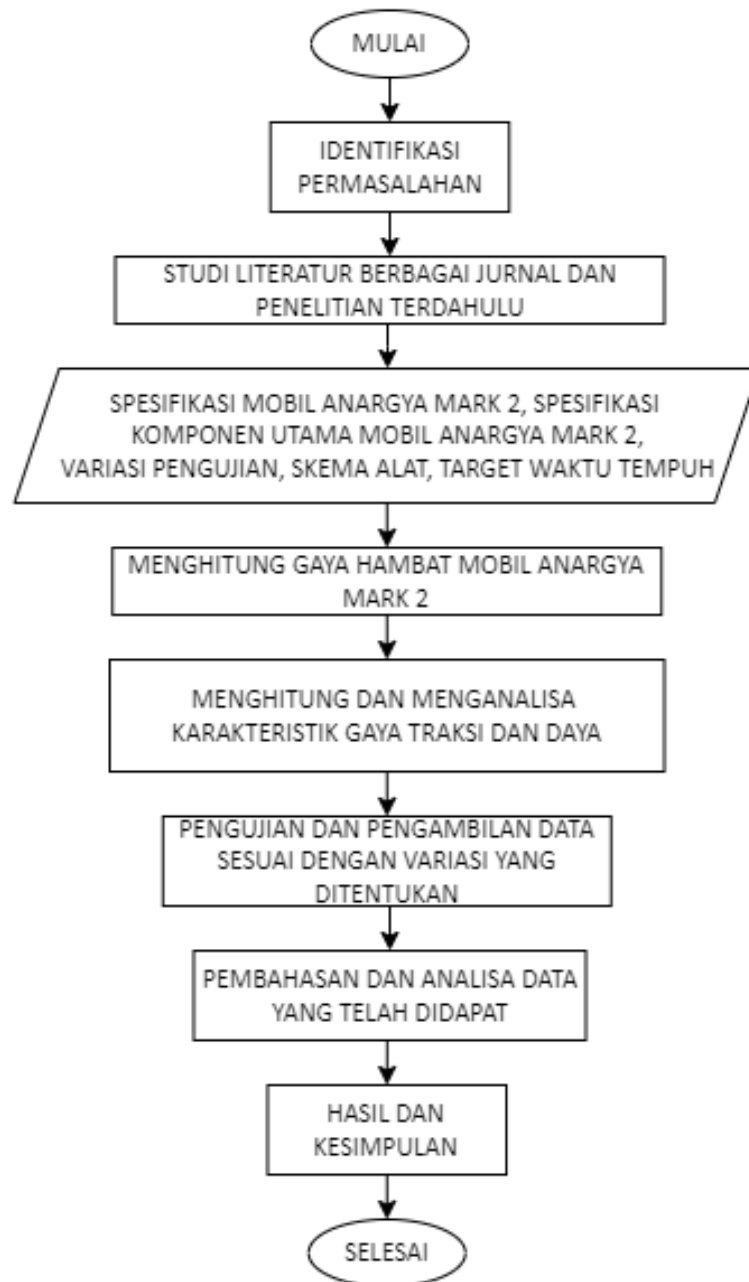
P_{in} = Daya Pada Baterai

η_m = efisiensi motor listrik

BAB III METODOLOGI

3.1 *Flowchart* Penelitian

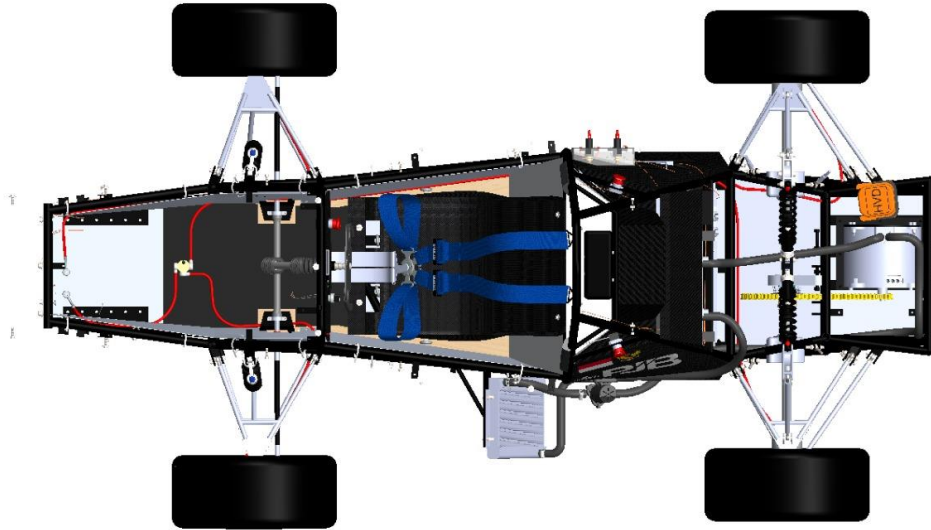
Pada bab metodologi akan membahas metode penelitian dengan menggunakan eksperimen pada motor listrik 10 kW dengan menghitung gaya hambat yang dibutuhkan untuk menggerakkan mobil formula listrik, setelah menemukan gaya hambat pada mobil formula listrik selanjutnya menentukan motor penggerak dan baterai yang akan digunakan pada mobil formula listrik, selanjutnya menghitung perbandingan rasio transmisi yang tepat pada mobil formula listrik. Dari dua perhitungan rasio terbaik akan dilakukan eksperimen realita pada mobil formula listrik untuk akselerasi 0-75 meter dalam waktu kurang dari 8 detik. dari data perhitungan dan eksperimen akan dianalisa dan akan menghasilkan kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.2 Data dan Spesifikasi Mobil Anargya Formula EV Mark 2.0

Pada penelitian ini merupakan mobil formula EV anargya mark 2.0. mobil ini memiliki konfigurasi penyaluran daya direct drive dengan chain *sprocket*. Berikut ini merupakan spesifikasi kendaraan dan komponen utama mobil Anargya formula EV mark 2.0.



Gambar 3. 2 Skema Komponen Utama pada Mobil Anargya Mark 2.0

Mobil Anargya Mark 2.0 memiliki spesifikasi tertentu sesuai dengan *FSAE Rules* yang ada. Berikut ialah spesifikasi mobil Anargya EV Mark 2.0 mengenai dimensi secara umum.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mobil Anargya EV Mark 2.0

Dimensi kendaraan		
<i>Wheelbase</i>	m	1.56
wheeltrack	m	1.3
tinggi	m	1.3
panjang	m	3.1
lebar	m	1.54
massa kendaraan	kg	250
massa pengemudi	kg	80
massa total	kg	350
berat total (W)	N	3500
luasan frontal (A_f)	m^2	1.004

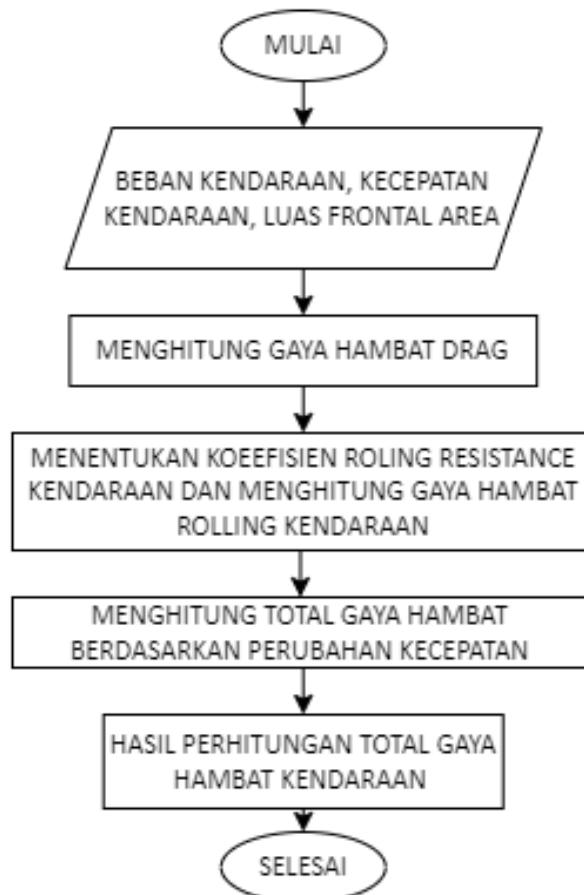
Konsep dari Mobil Anargya Formula EV Mark 2.0 ini adalah mobil balap, dengan desain eksterior menggunakan acuan mobil formula 1 yang *wheelbase* dan *track width* mengikuti regulasi pada FSAE Internasional, kendaraan ini memiliki sistem penggerak roda belakang yang sepenuhnya digerakan oleh motor listrik yang di tenagai oleh baterai (BEV).

Tabel 3.2 Spesifikasi Komponen Utama BEV

Spesifikasi Komponen Utama		
Merk motor listrik		Golden Motor 10 KW 72V
Daya maksimum motor listrik	kW	13.8
torsi maksimum	Nm	30.6
putaran	RPM	4659
merek baterai		lifepo4 A123 prismatic battery 20ah
rangkaian baterai		24 seri 2 paralel
voltase (V)	V	3.2
kapasitas	Ah	20
max. continous discharge rate	A	200
internal resistance	mΩ	≤0.6
transmisi		direct drive chain and sprocket

3.3 Flowchart Perhitungan Gaya Hambat Mobil Formula Anargya Mark 2.0

Data yang diperlukan dalam perhitungan gaya hambat yaitu *frontal area* kendaraan dan berat kendaraan



Gambar 3.3 Flowchart Perhitungan Gaya Hambat Kendaraan

3.4 Flowchart Perhitungan Perbandingan Rasio Transmisi pada Mobil Formula Anargya mark 2.0

Data yang dibutuhkan untuk mendapatkan perhitungan transmisi yang tepat membutuhkan perhitungan gaya hambat total, torsi total yang dibutuhkan kendaraan.



Gambar 3.4 *Flowchart* Perhitungan Transmisi Pada Kendaraan

3.5 Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian ini dilakukan di gedung riset mobil listrik ITS Surabaya dengan menggunakan *chassis dyno test*, pada pengujian kali ini pengambilan data dan pengujian dilakukan sesuai dengan rancangan eksperimen dan *flowchart* dibawah.

Tabel 3.3 Matriks Pengujian

RANCANGAN EKSPERIMEN			
Parameter Input		Parameter Output	
Konstan	Berubah	Diukur	Dihitung
spek motor listrik 10 kW baterai 2.8 kWh berat kendaraan baterai	perbandingan rasio • $i_1 = \dots \dots$	<ul style="list-style-type: none"> • Torsi (Nm) • Arus Baterai (I) • Voltase Baterai (V) • Waktu akselerasi i_1 	<ul style="list-style-type: none"> • Daya maksimal • Efisiensi • Akselerasi 0-75 m

Dari penelitian ini pada setiap variasi yang dilakukan dapat diperoleh data antara lain :

- a. Daya maksimal pada kendaraan
- b. Effisiensi maksimal
- c. Akselerasi terbaik pada lintasan 0-75 meter

3.5.1 *Flowchart* Pengujian

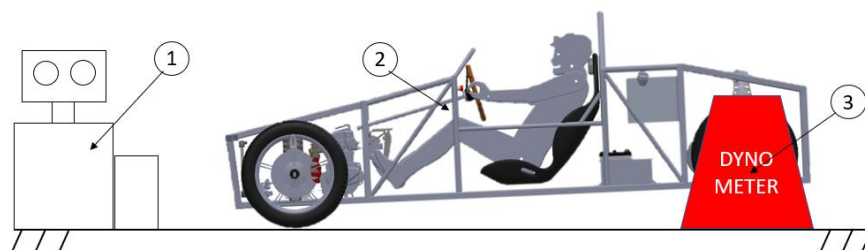
Pada penelitian ini disusunlah sejumlah prosedur tahapan untuk menyelesaikan tujuan daripada penelitian ini. Berikut merupakan diagram alir (*flowchart*) tahapan yang akan dilakukan pada penilitian ini:



Gambar 3.5 *Flowchart* Pengujian

3.6 Prosedur Pengujian

3.6.1 Skema Alat



Gambar 3.6 Skema Alat Pengujian Pembebanan

Gambar diatas merupakan skema alat pengujian pada penelitian ini. Pada skema diatas terdapat tiga alat utama yang akan digunakan untuk pengujian.

3.6.4.1 PC dynamometer

Sebagai alat yang dapat menunjukkan hasil dari pengujian dynamometer dan *system control* pada dynamometer./ pada alat ini data yang terlihat yaitu kecepatan, dan daya keluaran dari motor listrik dengan memberikan pembebanan *default* pada dynamometer yang disesuaikan dengan *standard SAE J2263*.

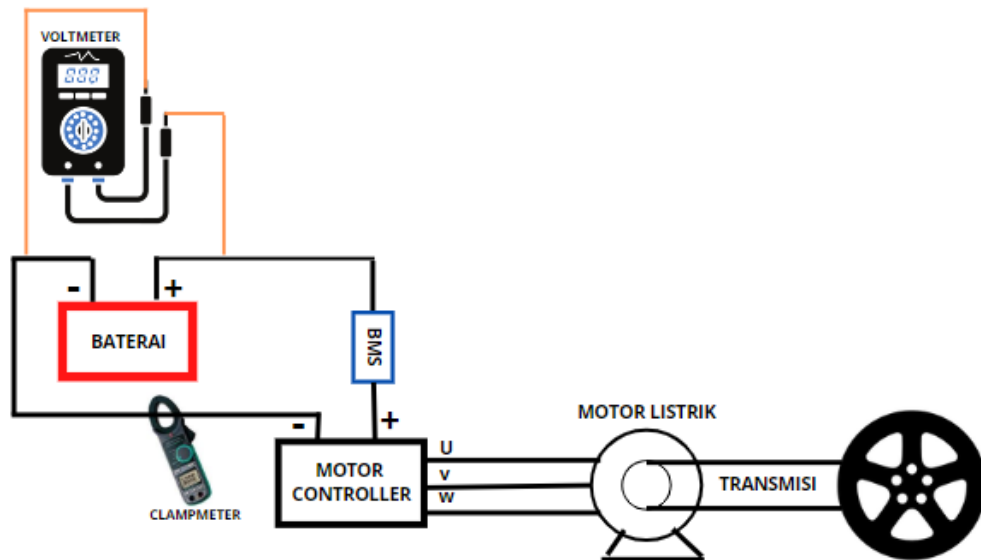
3.6.4.2 Mobil Anargya Formula EV Mark 2.0

Mobil yang menjadi objek utama dalam penelitian.

3.6.4.3 Drum Dynometer

Dynometer terdiri dari suatu rotor yang digerakan oleh motor dimana tenaganya akan diukur dan berputar dalam medan magnet. Rotor ini berfungsi sebagai konduktor yang memotong medan magnet tersebut maka terjadi arus dan arus ini akan di input kedalam computer dynometer.

Sedangkan untuk skema alat-alat penunjang pengambilan data antara lain seperti alat ukur sebagai berikut:



Gambar 3.7 Skema Pengukuran pada Sistem BEV

1. AVO meter / Voltmeter



Gambar 3.8 AVO meter

Alat ini digunakan untuk mengetahui tegangan keluaran pada baterai.

2. Dynometer



Gambar 3.9 Dynometer

Chassis dynamometer ini digunakan untuk mengetahui daya keluaran pada kendaraan.
3. *Clampmeter*



Gambar 3.10 *Clampmeter*

Clampmeter ini digunakan untuk mengetahui arus pelepasan muatan atau arus *discharge* pada baterai.

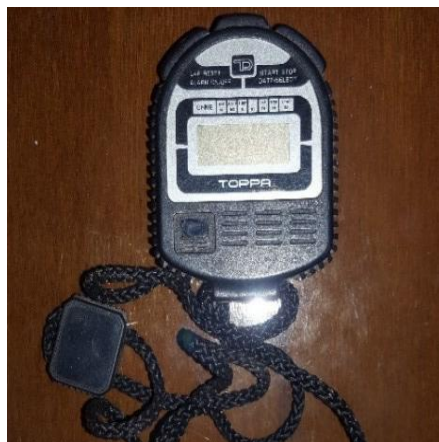
4. Controller BLDC Motor



Gambar 3.11 *Programmable Controller BLDC Motor*

Controller berfungsi sebagai pengatur atau sebagai inverter dari baterai menuju motor listrik.

5. *Stopwatch*



Gambar 3.12 *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu akselerasi 0-75 m pada saat proses pengujian.

3.6.2 Persiapan Pengujian

Adapun tahapan dari persiapan pengujian ini, sebagai berikut:

1. Melakukan pemeriksaan terhadap kondisi baterai pada kendaraan listrik.

2. Memeriksa kelayakan dynotest dan mensetting sesuai spesifikasi engine yang digunakan saat pengujian, yang meliputi : berat total kendaraan, diameter roda, RPM mulai.
3. Mempersiapkan peralatan uji yang akan digunakan, dan merangkainya sesuai dengan fungsinya masing-masing.
4. Persiapkan alat ukur yang akan digunakan dan dilakukan kalibrasi.
5. Mempersiapkan alat tulis dan tabel untuk pengambilan data.

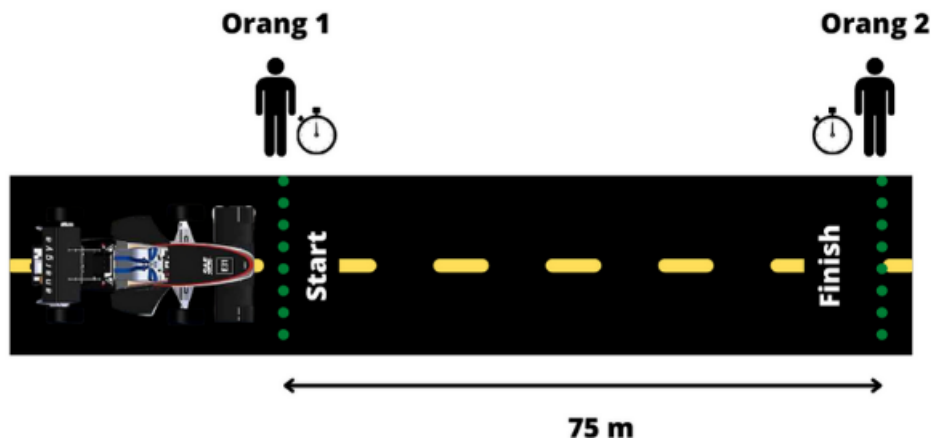
3.6.3 Pengujian Performa Kendaraan Listrik

Pengujian performa kendaraan ini dilakukan dengan menggunakan *dyno test* sesuai dengan prosedur sebagai berikut:

1. Memastikan kinerja kendaraan dalam kondisi yang baik.
2. Memasang alat *dyno* pada hub mobil.
3. Memasang jackstand untuk keselamatan.
4. Memasukan data mobil sesuai spesifikasi yang ditentukan.
5. Pengujian dilakukan untuk melihat torsi maksimal pada kendaraan.
6. Mengatur rpm minimal dan maksimal pada mesin *dyno*.
7. Tekan *icon run* pada mesin *dyno*
8. Nyalakan kendaraan, cek kondisi sekitar apakah aman lalu injak pedal gas perlahan hingga mencapai rpm yang sudah ditentukan.
9. tahan pedal gas selama 3-5 detik sesuai dengan rpm start yang telah ditentukan
10. injak pedal gas hingga *full throttle*
11. Lepas pedal gas dan lihat data pada layar monitor di dynamo meter.

3.6.4 Pengujian Akselerasi 0-75 m

3.6.4.1 Skema Pengujian Akselerasi 0-75 m



Gambar 3.13 Skema Pengujian Akselerasi 0-75 m

Keterangan:

Orang 1: bertugas menekan stopwatch pada garis *start*

Orang 2: bertugas menekan stopwatch pada garis *finish*

Gambar di atas merupakan skema pengujian akselerasi mobil Anargya EV Mark 2.0 pada jarak 0-75 m. Dimana kedua orang tersebut memegang stopwatch dan bertugas sesuai langkah-langkah yang akan dijelaskan pada penjelasan pada poin 3.6.4.2.

3.6.4.2 Langkah-Langkah Pengujian Akselerasi 0-75 m

Pengujian akselerasi dilakukan dengan mengukur waktu tempuh kendaraan sesuai langkah-langkah berikut:

1. Menyiapkan kendaraan yang akan diuji.

2. Mengukur panjang lintasan.
3. Nyalakan 2 stopwatch dengan waktu yang bersamaan.
4. Posisikan pemegang stopwatch di garis *start* dan *finish*.
5. Nyalakan kendaraan.
6. Menekan *lap time* pada *stopwatch* saat kendaraan melaju di garis *start*.
7. Menekan *lap time* pada *stopwatch* saat kendaraan melewati garis *finish*.
8. Ulangi prosedur diatas dengan jeda waktu selama 3 kali tes.
9. Catat hasil *time* pada *stopwatch* untuk mengambil kesimpulan pada penelitian ini.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan membahas mengenai analisa kebutuhan daya pada Mobil Anargya Mark 2.0 dan analisa data yang telah diambil dari hasil eksperimen pada Mobil Anargya Mark 2.0 dengan metode-metode yang telah ditentukan dan batasan batasan yang telah dibuat.

4.1 Perhitungan Gaya Total pada Kendaraan

Untuk menghitung gaya total pada kendaraan dibutuhkan kecepatan dan percepatan maksimum pada kendaraan, dimana percepatan dapat dihitung dari data perolehan waktu tempuh kendaraan. Berikut merupakan waktu tempuh terbaik mobil formula kategori *electrical vehicle* pada perlombaan *Formula Student Japan* pada tahun 2019.

Tabel 4.1 *Acceleration Test Data FSJ 2019*

Place	Team	Best Time
1	Tongji University EV	8,102
2	Nagoya University EV	8,121
3	National Tsing Hua University EV	8,158
4	Toboku University EV	8,449
5	Jil.in University EV	8,602
6	Toyohashi University of Technology EV	9,732
Target	Institut Teknologi Sepuluh Nopember EV	8,000

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa waktu akselerasi tercepat diraih oleh Tongji University EV yaitu 8,102 detik maka percepatan pada mobil Tongji University EV jika dihitung ialah sebagai berikut.

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$
$$a = \frac{2 \cdot 75m}{8.102^2} = 2.285 \frac{m}{s^2}$$

Maka selanjutnya kecepatan pada Mobil Tongji University EV dapat dihitung sebagai berikut.

$$V = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$$
$$V = \sqrt{2 \cdot 2,285 \cdot 75}$$
$$V = 18,513 \text{ m/s} = 66,64 \text{ km/h}$$

Maka percepatan yang diperoleh Tongji University adalah 2.285 m/s² dan mempunyai kecepatan maksimal 66.64 km/h. Dimana dari percepatan dan kecepatan dapat dicari gaya-gaya yang dibutuhkan untuk mencari torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan.

Dari data *event* terakhir FSJ pada tahun 2019 Anargya Mark 2.0 menargetkan waktu akselerasi pada 8 detik untuk 0-75 m pada *event* FSJ 2023. Maka dapat diperoleh di perhitungan.

$$a = \frac{2 \times s}{t^2}$$

$$a = \frac{2 \times 75 \text{ m}}{8^2 \text{ s}^2} = 2,34 \text{ m/s}^2$$

Dapat dihitung pula kecepatan maksimum Mobil Anargya Mark 2.0 sebagai berikut.

$$V = \sqrt{2 \times a \times s}$$

$$V = \sqrt{2 \times 2,34 \times 75}$$

$$V = 18,7 \text{ m/s} = 67,32 \text{ km/h}$$

Maka Mobil Anargya Mark 2.0 ditargetkan mempunyai performansi percepatan sebesar 2.34 m/s² dengan kecepatan maksimum sebesar 67.32 km/h. Selanjutnya dihitung pula kecepatan rata-rata untuk mencari gaya hambat kendaraan.

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$V = \frac{(75 - 0) \text{ m}}{(8 - 0) \text{ s}}$$

$$V = 9,375 \text{ m/s}$$

Untuk mencari gaya hambat diperlukan kecepatan rata-rata kendaraan saat melakukan akselerasi kecepatan rata-rata kendaraan adalah 9,375 m/s atau 33,75 km/h.

4.1.1 Gaya Hambat

Dalam perhitungan karakteristik daya pada sebuah kendaraan diperlukan menghitung dan analisa gaya hambat yang terjadi pada sebuah kendaraan. Pada penelitian ini terdapat tiga gaya hambat yang terjadi yaitu gaya hambat angin (*drag force*), dan gaya hambat *rolling* (*rolling resistance*). Ada juga gaya hambat tanjakan (*gradient resistance*) namun pada penelitian kali in diabaikan.

4.1.1.1 Analisa dan Perhitungan Gaya Hambat Angin

Untuk mengetahui gaya hambat angin dibutuhkan massa jenis udara, koefisien *drag*, luas frontal area, dan kecepatan dari kendaraan tersebut. Dimana nilai frontal area berdasarkan Tabel 3.1 yang berisikan spesifikasi mobil Anargya EV Mark 2.0 yaitu sebesar 1,004 m² dan nilai koefisien drag diambil dari kendaraan formula student kategori elektrik yaitu 1,3 (Oxyzoglou, 2017). Berikut merupakan perhitungan pada kecepatan rata-rata sebesar 9,375 m/s atau 33,75 km/h. Densitas udara di kota surabaya dapat di hitung sebagai berikut.

Tabel 4.2 Rata-rata Tekanan udara dan Rata-rata Temperatur udara di Surabaya (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2021)

Lokasi	Rata-Rata Tekanan Udara (MB)	Rata-Rata Temperatur (C)
Perak 1	1010,8	29,2
Perak 2	1009,7	29,1
Juanda	1010,5	28,2
Rata-Rata Tekanan Udara di Surabaya	1010,33	28,83
	101033 Pa	301,98 K

$$\rho = \frac{P \times Mr}{R \times T}$$

$$\rho = \frac{101033 \times 0,0288}{8,314 \times 301,98}$$

$$\rho = 1,158$$

Selanjutnya dapat dihitung gaya hambat angin mobil Anargya EV Mark 2.0 sebagai

berikut.

$$F_{AE} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A_f \cdot V_k^2$$

$$F_{AE} = \frac{1}{2} \cdot 1,158 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,3 \cdot 1,004 m^2 \cdot (9,375 m/s)^2$$

$$F_{AE} = 66,42 N$$

Didapatkan gaya hambat angin Mobil Anargya Mark 2.0 pada kecepatan 9,375 m/s atau 33,75 km/h ialah sebesar 66,42 N.

4.1.1.2 Analisa dan Perhitungan Gaya Hambat *Rolling* (*Rolling Resistance*)

Dalam menentukan gaya hambat *rolling* dibutuhkan nilai gaya normal kendaraan, kemiringan jalan, dan koefisien *rolling*. Dimana besar dari berat kendaraan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan nilai koefisien *rolling* yang digunakan berdasarkan Tabel 2.1 yaitu 0,013 (*car tiers on concrete or asphalt*) dengan asumsi tekanan pada tiap ban normal (Ehsani dkk, 2005). Berikut merupakan perhitungan gaya hambat *rolling* pada jalanan datar.

$$R_R = m \cdot g \cdot \cos\theta \cdot f_r$$

$$R_R = 250 kg \times 9,81 m/s^2 \times \cos(0) \times 0,013$$

$$R_R = 31,88 N$$

Didapatkan gaya hambat *rolling* Mobil Anargya Mark 2.0 dengan beban sebesar 2500 N ialah 31,88 N.

4.1.1.3 Analisa dan Perhitungan Gaya Hambat Total

Seperti yang sudah dijelaskan pada subab 2.5.1, gaya hambat total pada sebuah kendaraan adalah jumlah dari semua gaya hambat yang terjadi pada kendaraan tersebut, yaitu gaya hambat angin, gaya hambat *rolling*, dan gaya hambat tanjakan yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Berikut merupakan contoh perhitungan pada kecepatan 9.375 m/s atau 33.75 km/h.

$$F_t = R_{AE} + R_R + R_G + F_i$$

$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V_A^2 + N \cdot \cos\theta \cdot f_r + W \cdot \sin\theta + M \cdot a_k$$

$$F_t = \left(\frac{1}{2} \times 1,158 kg/m^3 \times 1,004 m^2 \times 1,3 \times 9,375^2 \right) + ((250 kg \times 9,81 m/s^2) \times \cos(0) \times 0,013) + (250 kg \times 9,81 m/s^2 \times \sin(0)) + (250 kg \cdot 2,34 m/s^2)$$

$$F_t = 683,3 N$$

Maka gaya hambat total Mobil Anargya Mark 2.0 pada kecepatan 9,375 m/s atau 33,75 km/h ialah sebesar 683,3 N.

4.2 Perhitungan Kebutuhan Torsi pada Kendaraan

Setelah mendapatkan gaya hambat total pada kendaraan selanjutnya dapat menentukan torsi poros yang dibutuhkan oleh kendaraan dengan jari – jari roda tertera pada spesifikasi kendaraan pada Tabel 3.1.

$$Tp = R \cdot Ft$$

$$Tp = 0,245 m \times 683,3 N$$

$$Tp = 167,408 N \cdot m$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan torsi pada Mobil Anargya Mark 2.0 dengan gaya hambat total sebesar 687,14 N maka Mobil Anargya Mark 2.0 membutuhkan torsi sebesar 167,408 N.m.

4.2.1 Perhitungan Tenaga yang Dibutuhkan Kendaraan

Setelah mengetahui torsi poros, gaya hambat total berguna juga untuk menentukan daya kendaraan yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan. Sesuai dengan persamaan 2.18 maka perhitungan tenaga yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$RHP = Ft \cdot Vmax$$

$$RHP = 683,3 \text{ N} \times 18,7 \text{ m/s}$$

$$RHP = 12,777 \text{ kW}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka tenaga maksimal yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan maksimum sebesar 67,32 km/jam atau 18,7 m/s ialah sebesar 12,777 kW dan motor yang dipakai pada mobil Anargya EV Mark 2.0 mempunyai *maximum rated point output* sebesar 13,853 kW serta diklaim *peak power* motor bisa mencapai 20 kW.

4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Rasio Transmisi Kendaraan

Dalam perhitungan kebutuhan rasio pada kendaraan diperlukan torsi mesin yang digunakan dimana data yang dipakai adalah data sheet motor golden HPM 10 kW yang tertera pada lampiran.

$$i = \frac{F_t \times r}{T_m}$$
$$i = \frac{683,3 \times 0,245}{30,626}$$

$$i = 5,466 \text{ (5,5)}$$

Dari perhitungan perbandingan rasio yang sudah dibuat maka selanjutnya mencari jumlah mata *sprocket* yang ada dipasaran yaitu 10 : 55. Maka mobil Anargya EV Mark 2.0 menggunakan *gear* depan 10T milik Yamaha RX King dan *gear* belakang 55T milik Kawasaki KLX yang PCD-nya disesuaikan dengan transmisi mobil Anargya EV Mark 2.0.

4.3 Perhitungan Gaya pada Chain and Sprocket

Setelah mendapatkan nilai rasio *gear* maka diperlukan rantai (*chain*) untuk menyalurkan daya yang dikeluarkan oleh motor listrik ke gardan. Perhitungan dan pemilihan chain dengan dihitung terlebih dahulu daya desain pada rantai sebagai berikut. Dimana P merupakan tenaga maksimal yang dibutuhkan mobil Anargya EV Mark 2.0 yaitu sebesar 12,777 kW dan F_c merupakan faktor koreksi pada Tabel 2.2 dimana tipe tumbukan yang terjadi pada rangkaian *chain & sprocket* yang terjadi ialah tumbukan sedang dengan motor listrik yaitu 1,3.

$$P_d = P \times F_c$$

$$P_d = 12,777 \times 1,3$$

$$P_d = 16,61 \text{ kW}$$

Didapatkan bahwa daya desain pada rantai sebesar 16,61 kW.

Setelah itu dapat dihitung juga putaran *gear* pada gardan (n_2) sebagai berikut. Dimana NT1 merupakan jumlah gigi *sprocket* pada motor listrik yaitu 10T, NT2 ialah jumlah gigi *sprocket* pada gardan yaitu 55T dan n_1 merupakan putaran gigi *sprocket* pada motor listrik (maksimal) yaitu sebesar 4200 rpm.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{NT_1}{NT_2}$$

$$n_2 = \frac{NT_1}{NT_2} \times n_1$$

$$n_2 = \frac{10}{55} \times 4200 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 763,63 \text{ rpm}$$

Didapatkan bahwa putaran gigi *sprocket* pada gardan sebesar 763,63 rpm. Maka dapat dihitung torsi desain sebagai berikut.

$$T_{d1} = \frac{2\pi n}{60}$$

$$T_{d1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4200}{60}$$

$$T_{d1} = 439,6 \text{ Nm}$$

$$T_{d2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 763,63}{60}$$

$$T_{d2} = 79,92 \text{ Nm}$$

Didapatkan bahwa torsi *gear* pada gardan sebesar 79.92 Nm dan torsi *gear* pada motor listrik sebesar 439.6 Nm Setelah itu dapat pula dihitung diameter *gear* yang dibutuhkan pada mobil Anargya EV Mark 2.0 sebagai berikut.

$$D_1 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{NT_1}\right)} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{180}{55}\right)} = 222,46 \text{ mm}$$

$$D_2 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{NT_2}\right)} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{180}{10}\right)} = 41,01 \text{ mm}$$

Dapat diketahui bahwa diameter *gear* pada gardan sebesar 222,46 mm dan diameter *gear* pada motor listrik sebesar 41,01 mm. Berikut merupakan kebutuhan panjang rantai mobil Anargya EV Mark 2.0 dimana jarak sumbu poros pada mobil Anargya EV Mark 2.0 sebesar 279,75 mm.

$$L = p \times \left(\frac{2 \times C}{p} + \frac{N_{t1} + N_{t2}}{2} + \frac{(N_{t2} - N_{t1})}{4\pi^2 \frac{C}{p}} \right)$$

$$L = 12,7 \times \left(\frac{2 \times 279,75}{12,7} + \frac{10 + 55}{2} + \frac{(55 - 10)}{4\pi^2 \frac{279,75}{12,7}} \right)$$

$$L = 972,907 \text{ mm}$$

Kemudian dapat dihitung pula beban atau gaya yang bekerja pada satu rantai ialah sebagai berikut dengan kecepatan maksimum pada mobil Anargya Mark 2.0 sebesar 18.7 m/s dan 102 merupakan konstanta konversi dari kW menjadi Kgf.m/s.

$$F_s = \frac{102 \times Pd}{v} = \frac{102 \times 16,6}{18,7} = 90,545 \text{ Kgf}$$

Gaya yang bekerja pada satu rantai dengan kecepatan maksimum sebesar 18,7 ialah sebesar 90,545 Kgf.

Tabel 4.3 Ukuran Umum Rantai Rol (Sularso & Suga, 2004)

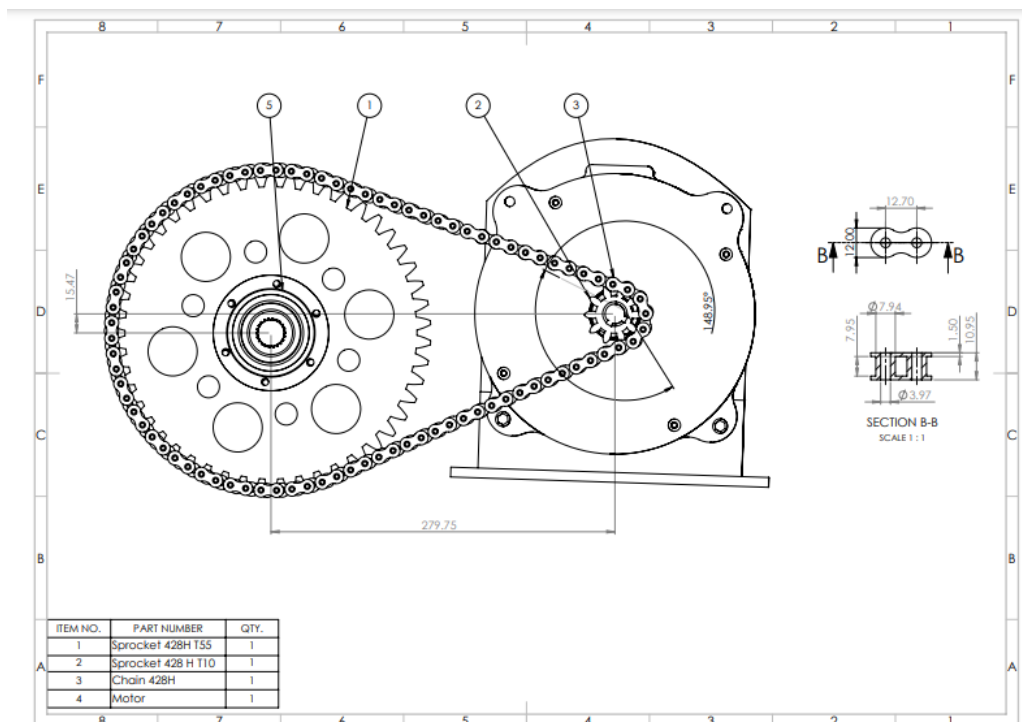
No. Rantai	Jarak bagi p	Diameter Rol R	Lebar Rol W	Plat mata rantai			Dia. Pena D
				Tebal T	Lebar o H	Lebar i h	
				40	12,70	7,94	
50	15,88	10,16	9,53	2,0	15,0	13,0	5,09
60	19,05	11,91	12,70	2,4	18,1	15,6	5,96

Tabel 4.4 Ukuran Individual Rantai Rol (Sularso & Suga, 2004)

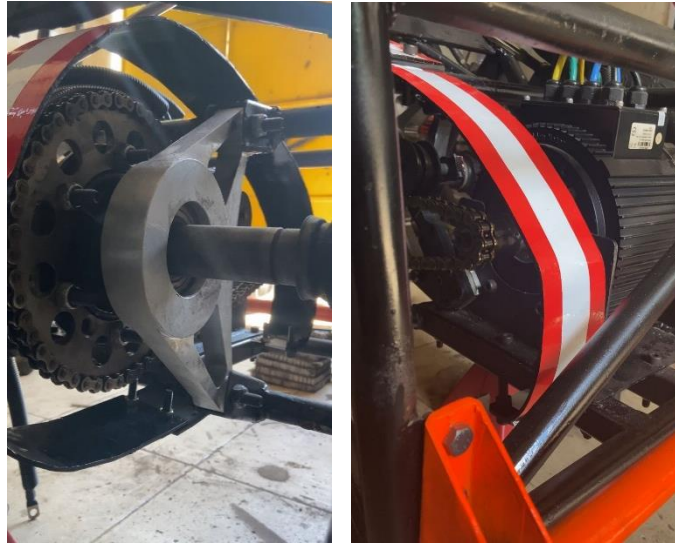
No. Rantai	Rangkaian	L1	L2	Batas Kekuatan Tarik, kgf	Batas Kekuatan Tarik Rata-rata, kgf	Beban Maks yg diijinkan kgf	Berat kasar kgf/m
40	1	8,25	9,95	1420	1950	300	0,64
40-2	2	15,45	17,15	2840	3900	510	1,27
40-3	3	22,65	24,15	4260	5850	750	1,90
40-4	4	29,90	31,30	5680	7800	990	2,53
40-5	5	37,10	38,60	7100	9750	1170	3,16
40-6	6	44,30	45,80	8520	11700	1380	3,79

Berdasarkan Gambar 4.1, rantai yang dipilih adalah rantai dengan Nomor 40 dengan jarak bagi atau pitch, $p = 12,7$ mm dan beban maksimum yang diijinkan, F_{maks} sebesar 300 Kgf. Roller Chain dengan spesifikasi nomor 40 rangkaian 1 dan pitch 12,7 aman karena tidak melebihi beban maksimum sebesar 300 Kgf.

Berikut merupakan 2D design dan gambar realita sprocket 428H 55T dan 10T serta chain 428H pada mobil Anargya EV Mark 2.0.



Gambar 4.1 Desain 2 Dimensi Chain & Sprocket Mobil Anargya EV Mark 2.0



Gambar 4.2 Gambar Penerapan Desain *Chain & Sprocket* Mobil Anargya EV Mark 2.0

4.4 Pengujian Akselerasi Dijalan Datar

Setelah mendapatkan rasio transmisi yang telah diperhitungkan dan dianalisa maka mobil Anargya Mark 2.0 dilakukan pengujian akselerasi 0-75 m. Berikut merupakan data pengujian akselerasi dijalan datar menggunakan langkah-langkah pengujian pada poin 3.6.4.

Tabel 4.5 Pengujian Mobil Anargya Mark 2.0 di Jalan Datar

Akselerasi Kendaraan			
Test	Start	Finish	Waktu Tempuh
1	00:14:51	00:22:08	0:07:17
2	00:49:14	00:56:33	0:07:19
3	00:19:11	00:27:10	0:07:59
4	00:10:34	00:18:28	0:07:54

Berdasarkan pengujian akselerasi mobil Anargya EV Mark 2.0 di jalan datar didapatkan bahwa waktu tercepat untuk mencapai jarak 75 m ialah 7,17 detik dan waktu terlama sebesar 7,59 detik.

4.5 Hasil Perhitungan Efisiensi Transmisi

Pada studi kali ini setelah mendapatkan rasio transmisi yang diinginkan transmisi akan diuji effisiensinya dengan persamaan 2. Data yang dipakai kali ini adalah *data sheet chassis dynotest*, *data sheet golden motor HPM 10 KW*, dan daya yang di suplai oleh baterai ke *controller data* yang diambil adalah data pada mobil yang sudah menggunakan rasio 1:5,5 dengan *sprocket 10T :55T* yang diuji pada *chassis dyno test* dengan mengambil voltase saat *peak* dan *peak ampere* pada baterai kendaraan uji dan *losses* pada motor listrik diambil dari *data sheet golden HPM 10 KW* dengan *max current* pada 190 A dan voltase pada 72 V menghasilkan efisiensi 87.5% yang tertera pada lampiran.



Gambar 4.3 Pengukuran Voltase dan Ampere pada Baterai Mobil Formula EV Anargya ITS Mark 2.0

Tabel 4.6 Daya yang Dikeluarkan Oleh Baterai (DC)

Daya pada Baterai			
Run Ke-	Voltase	Ampere	Daya(watt)
1	74,02	192	14211,84
2	73,1	192	14035,2
3	73,97	193	14276,21
4	72,99	190	13868,1

Tabel 4.7 Data Sheet Golden Motor HPM 10 kW

Description	voltage (V)	current (A)	P. input (W)	torque (mN. m)	rotate (RPM)	P. output (W)	eff (%)
Upload point	71.83	7.297	524.11	468.0	4659	228.32	43.6
Most efficiency point	71.39	82.071	5858.31	12539.8	4186	5450.05	93.0
Max Po. point	71.32	194.231	13853.12	30626.3	3779	12118.59	87.5
Max torque point	71.32	194.231	13853.12	30626.3	3779	12118.59	87.5
End point	71.32	194.243	13854.35	30627.5	3779	12119.51	87.5
Rated rotate point	71.32	194.231	13853.12	30626.3	3779	12118.59	87.5

Sedangkan data daya yang dikeluarkan melalui mesin dynamometer dengan transmisi 1:5,5 didapat hasil tertinggi sebagai berikut.

Tabel 4.8 Data Daya Running ke-3

Running 3			
No	Putaran Mesin (RPM)	Torsi (N.m)	Daya (KW)
1	3600	29,05	12,11
2	3620	28,93	12,05
3	3640	28,84	11,94
4	3660	28,75	11,84
5	3680	28,74	11,68

Dimana perhitungan efisiensi pada transmisi Mobil Anargya Mark 2.0 adalah sebagai berikut.

$$\eta_i = \frac{P_{out}}{P_{in} \times \eta_m} \times 100$$

$$\eta_i = \frac{12,11}{14,276 \times 0,875} \times 100$$

$$\eta_i = 96,9 \%$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah selesai melakukan perhitungan, pengujian, dan menganalisa hasil dari perhitungan, pengujian, dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari data hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa rasio Transmisi yang dibutuhkan untuk menempuh lintasan sepanjang 75m dalam waktu 8 detik adalah 1:5,5, (dengan jumlah gigi *sprocket* input 10 dan gigi *sprocket* output 55).
2. Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan hasil waktu tercepat pada uji akselerasi adalah 7,17 detik, Sementara hasil dari perhitungan diperoleh 8,0 detik, dan dengan komposisi gigi *sprocket* input 10 dan gigi *sprocket* output 55 tersebut diperoleh efisiensi transmisi 96.9 % .

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan penelitian ini dan menjadi sarana perhitungan kebutuhan daya kendaraan bermotor selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran akselerasi menggunakan transponder agar waktu dari hasil pengujian dapat lebih akurat
2. Diperlukan digital watt meter DC yang sesuai agar daya yang dikeluarkan oleh baterai dapat lebih akurat
3. Data dari transponder dapat diolah menjadi grafik akselerasi kendaraan
4. Diperlukan target waktu yang lebih rendah dari apa yang sudah ditetapkan oleh penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). “**Statistik Sektoral Kota Surabaya 2020**”. Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Surabaya. Surabaya.
- Bayu Prasetyo, Dika. (2017). “**Desain dan Analisa Sistem Tenaga dan Transmisi pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik**”. Departemen Teknik Mesin ITS. Surabaya.
- David Crolla.(2009) “**Automotive Engineering:Powertrain, Chassis System and Vehicle Body**”. Elsevier Science. Amsterdam
- Oxyzoglou, Ioannis. (2017). “**Design & Developement of An Aerodynamic Package for A Fsa Race Car**”. University of Thessaly. Greece.
- Sularso dan Suga, Kiyokatsu. (2004). “**Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**”. Institut Teknologi Bandung & *Technical College Japan*. Jakarta.
- Sutantra, I Nyoman dan Budi Kusuma Yoga, Nyoman. (2019). “**Desain dan Analisis Sistem Tenaga dan Transmisi pada Mobil Bertenaga Listrik Ezzy ITS II**”. Departemen Teknik Mesin ITS. Surabaya.
- Sutantra, I Nyoman dan Sampurno B. (2009). **Teknologi Otomotif**, edisi kedua, Surabaya.

LAMPIRAN

1. Rata-rata Tekanan udara dan Rata-rata Temperatur udara di Surabaya dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2021

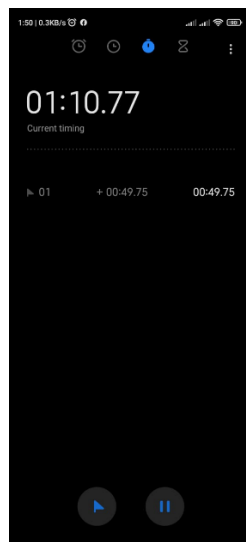
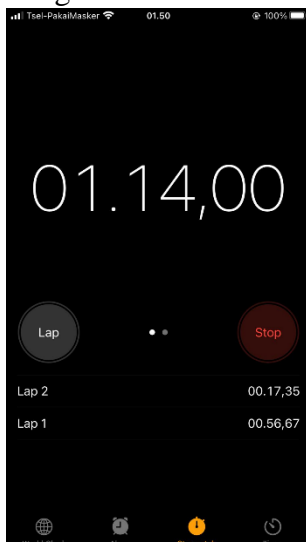
Kelembaban, Tekanan Udara, Temperatur, dan Penyerapan Matahari di Kota Surabaya Tahun 2020

	 Rata-Rata Kelembaban (%)	 Rata-Rata Tekanan Udara (Mbs)	 Rata-Rata Temperatur (°C)	 Rata-Rata Penyerapan Matahari (%)
PERAK I	74	1.010,8	29,2	72
PERAK II	76	1.009,7	29,1	75
JUANDA	78,5	1.010,5	28,2	74

2. Posisi peralatan pada saat pengujian Mobil Anargya Mark 2.0.



3. Pengukuran akselerasi kendaraan



4. Data *running* 1 dan 2 pengujian *Dyno test*

Running 1			
No	Putaran Mesin (RPM)	Torsi (N.m)	Daya (KW)
1	3600	28,55	12,07
2	3620	28,49	12,04
3	3640	28,43	11,97
4	3660	28,37	11,86
5	3680	28,3	11,72
6	3700	28,23	11,53
7	3720	28,16	11,43
8	3740	28,09	11,37
9	3760	28,02	11,23
10	3780	27,94	11,16
11	3800	27,86	11,09
12	3820	27,77	11,02
13	3840	27,68	10,91
14	3860	27,58	10,6
15	3880	27,46	10,28
16	3900	27,33	9,97
17	3920	27,16	9,74
18	3940	26,95	9,67
19	3960	26,7	9,38
20	3980	26,38	9,23
21	4000	25,69	9,16
22	4020	25,32	9,09
23	4040	24,6	8,96
24	4060	24,24	8,69
25	4080	22,97	8,17
26	4100	21,38	7,72
27	4120	20,23	7,29
28	4140	19,8	6,96
29	4160	19,5	6,8
30	4180	19,23	6,8

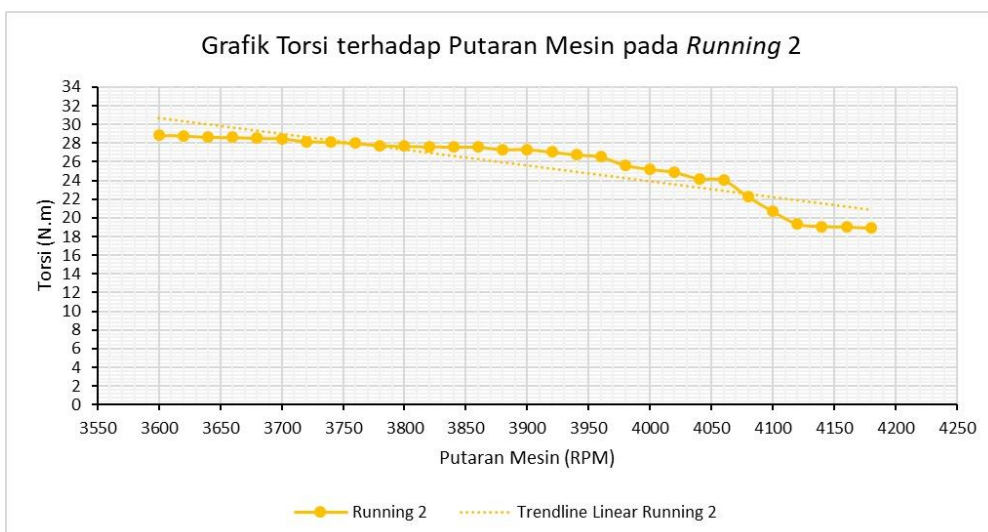
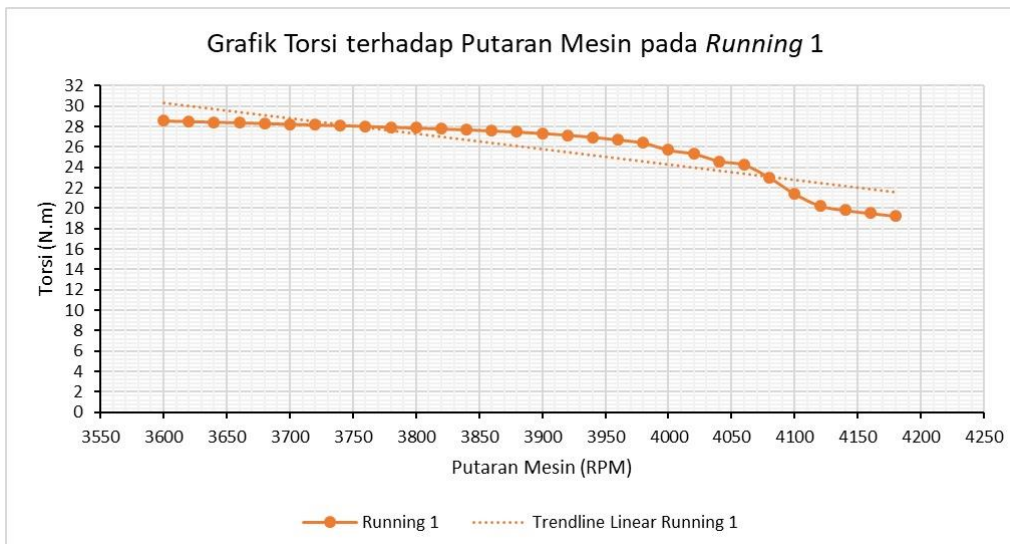
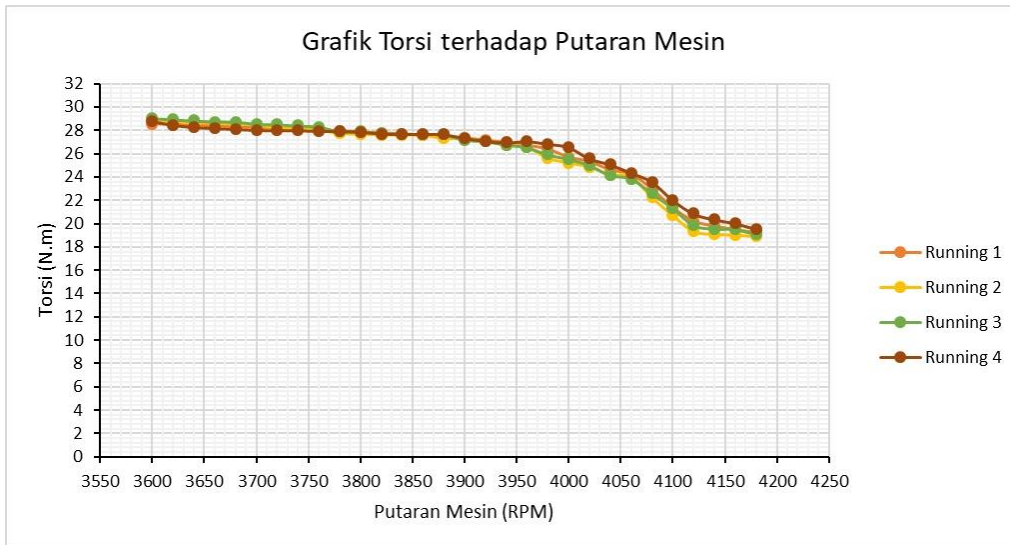
Running 2			
No	Putaran Mesin (RPM)	Torsi (N.m)	Daya (KW)
1	3600	28,84	11,94
2	3620	28,80	11,94
3	3640	28,64	11,92
4	3660	28,63	11,80
5	3680	28,52	11,68
6	3700	28,49	11,51
7	3720	28,18	11,37
8	3740	28,12	11,34
9	3760	28,00	11,19
10	3780	27,76	11,11
11	3800	27,67	11,05
12	3820	27,63	11,01
13	3840	27,60	10,89
14	3860	27,58	10,58
15	3880	27,33	10,22
16	3900	27,32	9,81
17	3920	27,06	9,40
18	3940	26,76	8,94
19	3960	26,54	8,79
20	3980	25,63	8,63
21	4000	25,22	8,55
22	4020	24,89	8,53
23	4040	24,19	8,49
24	4060	24,05	8,43
25	4080	22,27	8,02
26	4100	20,72	7,51
27	4120	19,36	7,21
28	4140	19,10	6,79
29	4160	19,04	6,62
30	4180	18,91	6,55

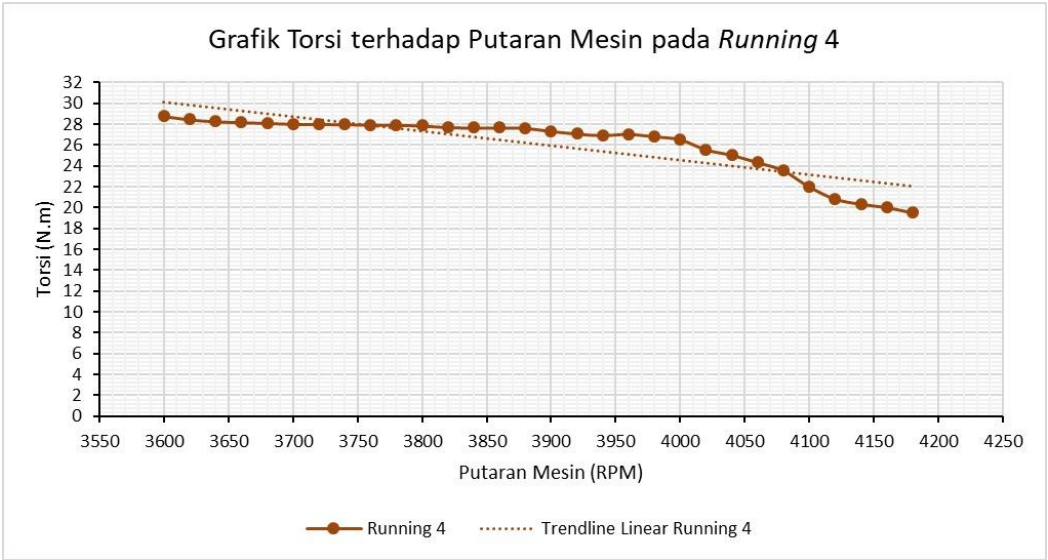
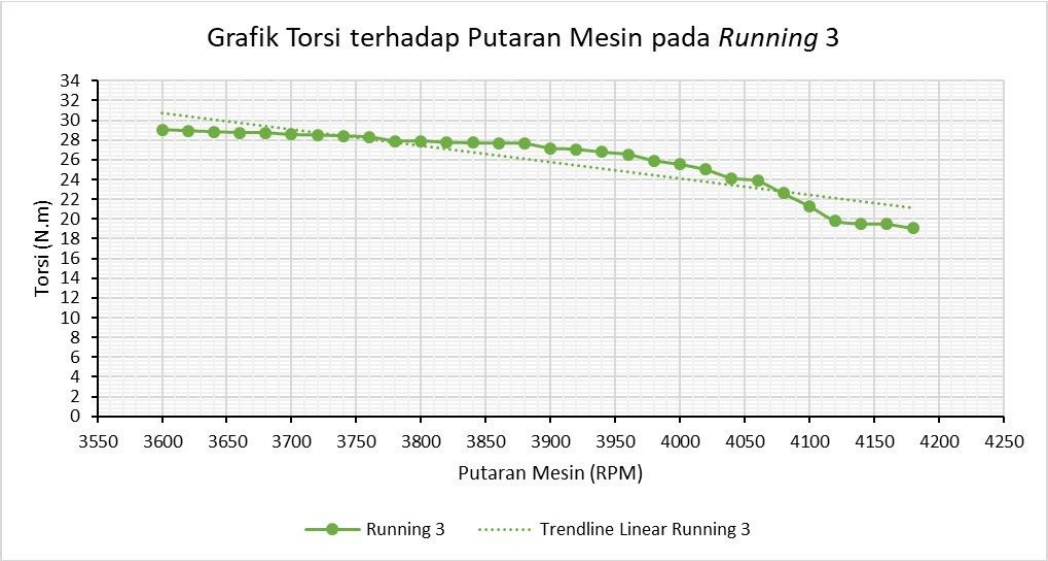
5. Data *running* 3 dan 4 pengujian *Dyno test*

Running 3			
No	Putaran Mesin (RPM)	Torsi (N.m)	Daya (KW)
1	3600	29,05	12,11
2	3620	28,93	12,05
3	3640	28,84	11,94
4	3660	28,75	11,84
5	3680	28,74	11,68
6	3700	28,55	11,52
7	3720	28,51	11,43
8	3740	28,41	11,35
9	3760	28,31	11,21
10	3780	27,91	11,14
11	3800	27,91	11,08
12	3820	27,76	10,96
13	3840	27,71	10,72
14	3860	27,68	10,43
15	3880	27,64	10,11
16	3900	27,18	9,97
17	3920	27,07	9,75
18	3940	26,77	9,70
19	3960	26,54	9,43
20	3980	25,92	9,26
21	4000	25,54	9,16
22	4020	25,01	9,17
23	4040	24,15	8,88
24	4060	23,86	8,39
25	4080	22,59	8,15
26	4100	21,33	7,88
27	4120	19,86	7,36
28	4140	19,55	6,84
29	4160	19,50	6,65
30	4180	19,08	6,63

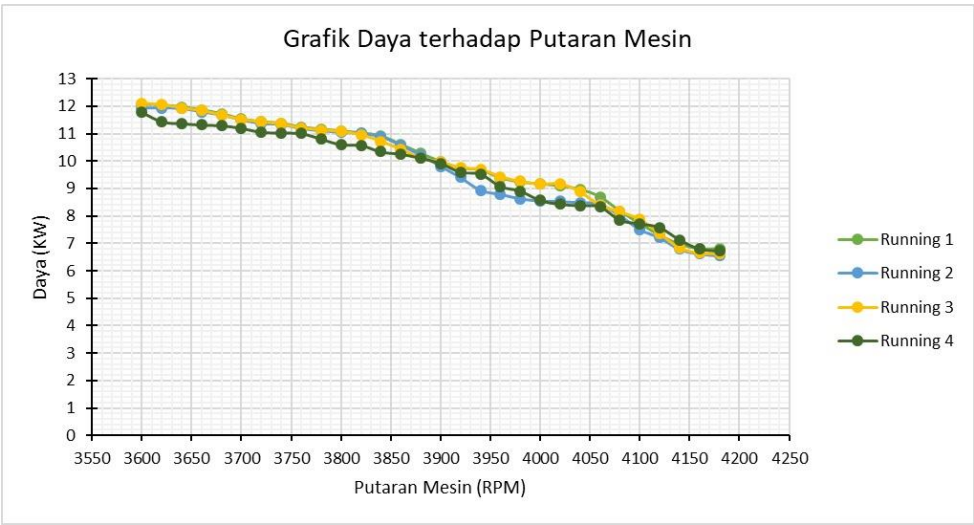
Running 4			
No	Putaran Mesin (RPM)	Torsi (N.m)	Daya (KW)
1	3600	28,792	11,78
2	3620	28,466	11,44
3	3640	28,281	11,37
4	3660	28,195	11,32
5	3680	28,116	11,30
6	3700	28,031	11,20
7	3720	28,015	11,06
8	3740	28,003	11,03
9	3760	27,950	11,01
10	3780	27,93	10,81
11	3800	27,88	10,60
12	3820	27,72	10,58
13	3840	27,68	10,34
14	3860	27,68	10,26
15	3880	27,65	10,11
16	3900	27,35	9,92
17	3920	27,10	9,60
18	3940	26,95	9,53
19	3960	27,07	9,08
20	3980	26,84	8,91
21	4000	26,56	8,57
22	4020	25,59	8,43
23	4040	25,07	8,38
24	4060	24,36	8,34
25	4080	23,59	7,85
26	4100	22,03	7,72
27	4120	20,86	7,58
28	4140	20,36	7,13
29	4160	20,04	6,80
30	4180	19,53	6,72

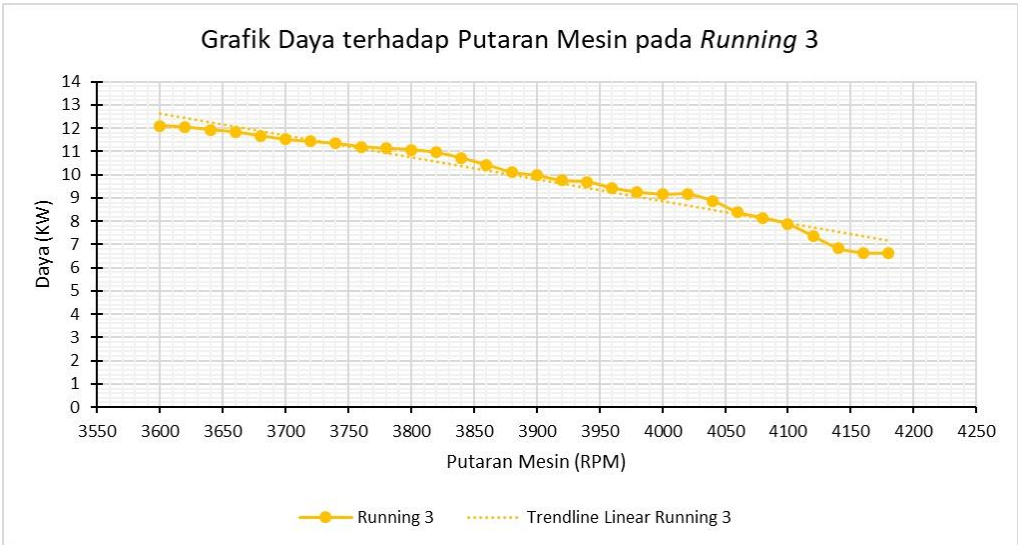
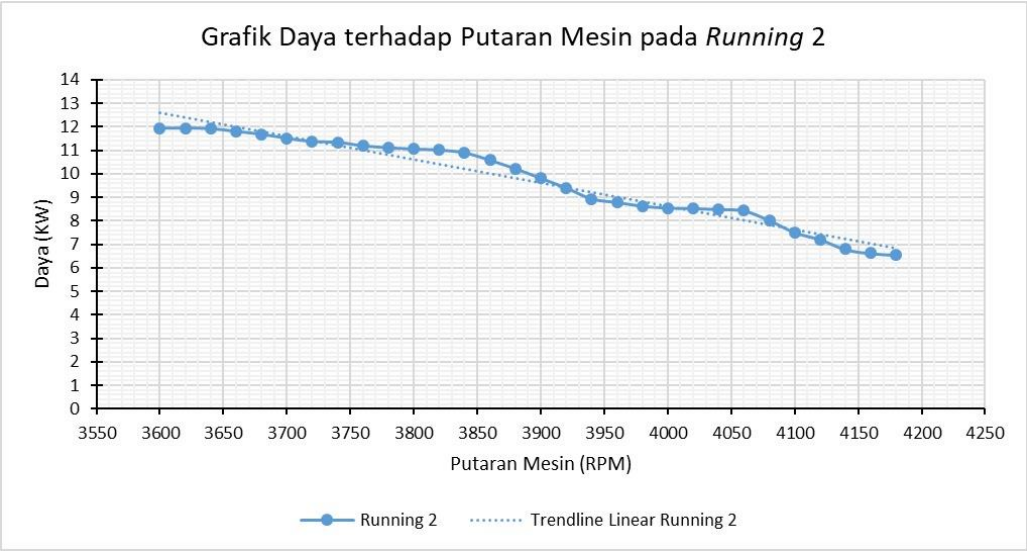
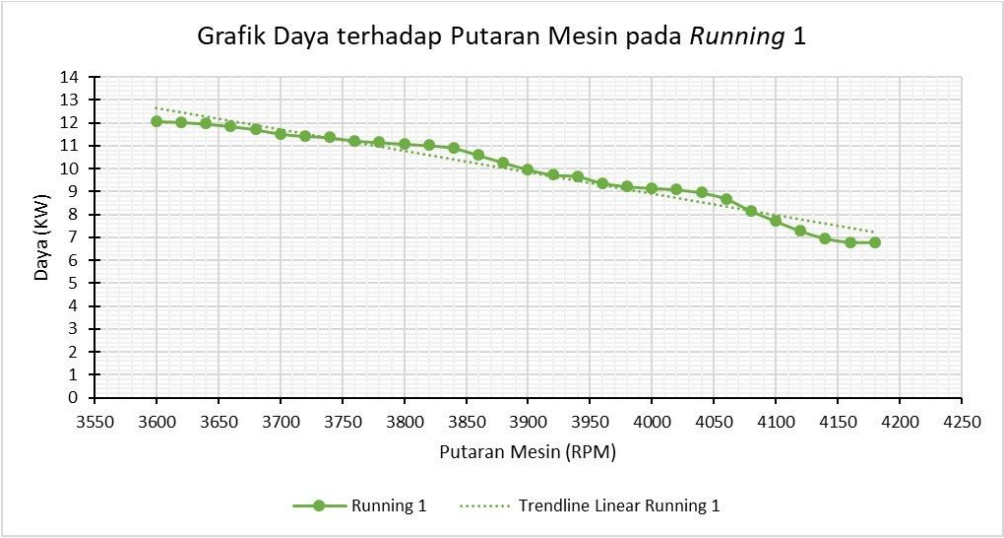
6. Grafik torsi terhadap Putaran Mesin

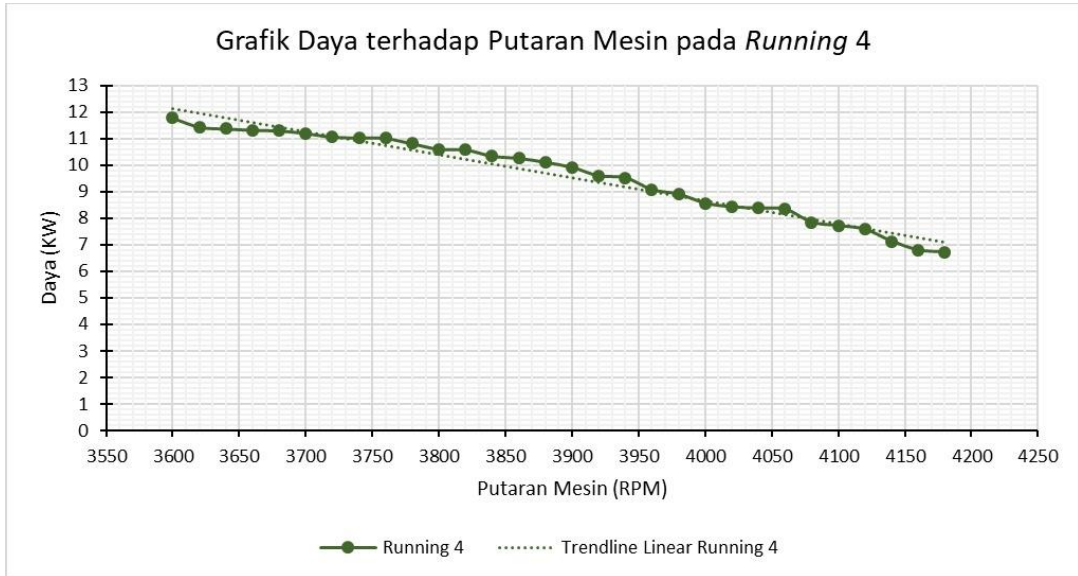




7. Grafik daya terhadap putaran mesin







8. Spesifikasi Golden HPM 10 KW

Model: HPM-10KW -- High Power BLDC Motor
 Voltage: 48V/72V/96V/120V
 Rated Power: 8KW-20KW
 Efficiency: 91%
 Phase Resistance (Milliohm): 3.1/48V; 6.0/72V; 18.0/120V
 Phase Induction(100KHZ): 34uH/48V; 77uH/72V; 252uH/120V
 Speed: 2000-6000rpm (customizable)
 Weight: 17Kg(air), 17.7kg(water); Casing: Aluminium
 Length (height): 170mm Diameter: 206mm
 Keyway size: 6.4mm(W) x 45mm(L) x 21.7mm(D:25.4mm)
[Curve \(96V\)](#) [Data \(96V\)](#) [Curve \(72V\)](#) [Data \(72V\)](#) [Curve \(48V\)](#) [Data \(48V\)](#)
[Drive Motor Kit Typical Setup\(.jpg\)](#)



9. Datasheet Golden Motor HPM 10 kW

GOLDEN MOTOR Motor test curve							
U[V]	I[A]	Pin[W]	PF[]	N[rpm]	Pout[W]	EFF[%]	
80.00	200.000	20000.00	1.00	5000	20000.00	100.0	
79.12	180.730	18052.41	0.90	4878	18007.18	91.1	
78.24	161.459	16104.82	0.80	4756	16014.35	82.2	
77.36	142.189	14157.23	0.70	4634	14021.53	73.3	
76.48	122.919	12209.64	0.60	4512	12028.71	64.4	
75.60	103.648	10262.06	0.50	4390	10035.89	55.5	
74.73	84.378	8314.47	0.40	4267	8043.06	46.6	
73.85	65.108	6366.88	0.30	4145	6050.24	37.7	
72.97	45.838	4419.29	0.20	4023	4057.42	28.8	
72.09	26.567	2471.70	0.10	3901	2064.59	19.9	
71.21	7.297	524.11	0.00	3779	71.77	11.0	

Description	voltage (V)	current (A)	P. input (W)	torque (mN.m)	rotate (RPM)	P. output (W)	eff (%)
Upload point	71.83	7.297	524.11	468.0	4659	228.32	43.6
Most efficiency point	71.39	82.071	5858.31	12539.8	4186	5450.05	93.0
Max Po. point	71.32	194.231	13853.12	30626.3	3779	12118.59	87.5
Max torque point	71.32	194.231	13853.12	30626.3	3779	12118.59	87.5
End point	71.32	194.243	13854.35	30627.5	3779	12119.51	87.5
Rated rotate point	71.32	194.231	13853.12	30626.3	3779	12118.59	87.5

10. Datasheet Dynamic Test Golden Motor HPM 10 kW

Dynamic Test

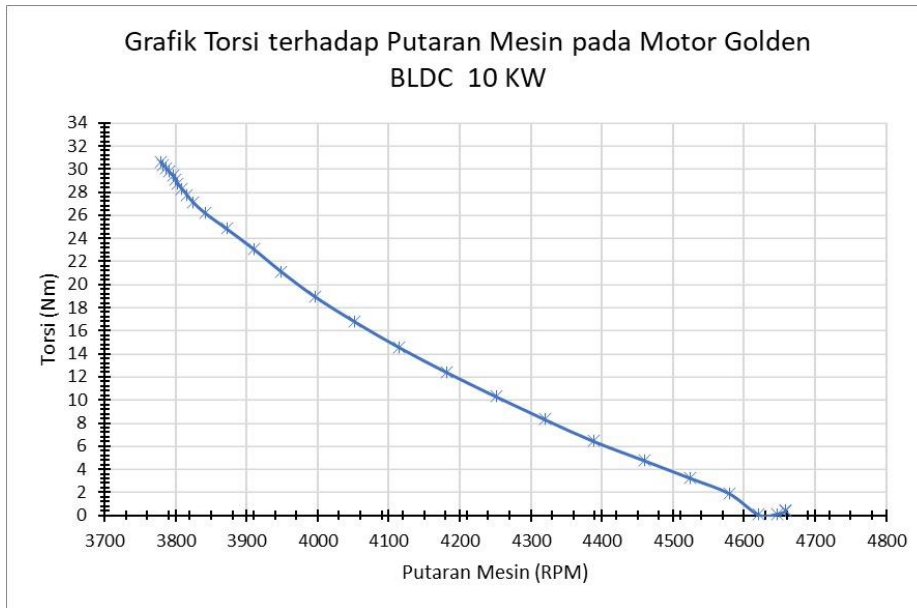
company:	GOLDEN MOTOR	rated U:	72 V
Type:	HPM72-10000	rated I:	160 A
No. :	G20130522004	rated P. :	10000 W
Operator:	001	rated N:	3500 RPM
Date:	2013-5-22		

Items NO.	voltage V	current A	P. input W	P. factor PF	frequency Hz	torque mN.m	rotate rpm	P. output W	efficiency %
1	71.83	7.297	524.11	1.000	0.00	468.0	4659	228.32	43.6
2	71.82	7.606	546.28	1.000	0.00	357.5	4658	174.37	31.9
3	71.81	9.103	653.73	1.000	0.00	147.5	4647	71.77	11.0
4	71.79	12.522	898.97	1.000	0.00	805.0	4621	389.52	43.3
5	71.75	18.159	1302.97	1.000	0.00	1917.5	4580	919.60	70.6
6	71.70	25.740	1845.49	1.000	0.00	3242.5	4525	1536.37	83.3
7	71.64	34.888	2497.87	1.000	0.00	4772.5	4460	2228.83	89.2
8	71.58	45.202	3235.65	1.000	0.00	6480.0	4388	2988.22	91.7
9	71.52	56.724	4058.79	1.000	0.00	8327.5	4320	3786.99	92.9
10	71.45	68.855	4919.31	1.000	0.00	10315.0	4251	4591.53	93.3
11	71.38	81.549	5820.60	1.000	0.00	12427.5	4181	5440.77	93.5
12	71.30	94.871	6750.04	1.000	0.00	14587.5	4114	6284.08	93.1
13	71.23	107.898	7685.30	1.000	0.00	16797.5	4052	7127.06	92.7
14	71.21	121.197	8630.78	1.000	0.00	18967.5	3996	7936.56	92.0
15	71.27	134.038	9552.52	1.000	0.00	21112.5	3949	8730.18	91.4
16	71.30	148.140	10419.28	1.000	0.00	23077.5	3910	9448.48	90.7
17	71.26	158.545	11155.40	1.000	0.00	24825.0	3872	10065.17	90.2
18	71.22	165.043	11754.33	1.000	0.00	26172.5	3842	10529.29	89.6
19	71.24	171.080	12187.74	1.000	0.00	27107.5	3825	10857.19	89.1
20	71.27	175.565	12512.52	1.000	0.00	27762.5	3816	11093.37	88.7
21	71.29	178.693	12738.54	1.000	0.00	28297.5	3809	11286.41	88.6
22	71.30	181.525	12942.28	1.000	0.00	28692.5	3803	11425.92	88.3
23	71.34	184.110	13134.41	1.000	0.00	29087.5	3800	11574.08	88.1
24	71.34	186.195	13284.08	1.000	0.00	29415.0	3797	11695.16	88.0
25	71.34	188.323	13433.99	1.000	0.00	29770.0	3791	11817.60	88.0
26	71.33	190.278	13572.49	1.000	0.00	30065.0	3787	11922.11	87.8
27	71.34	192.378	13724.21	1.000	0.00	30357.5	3783	12025.28	87.6

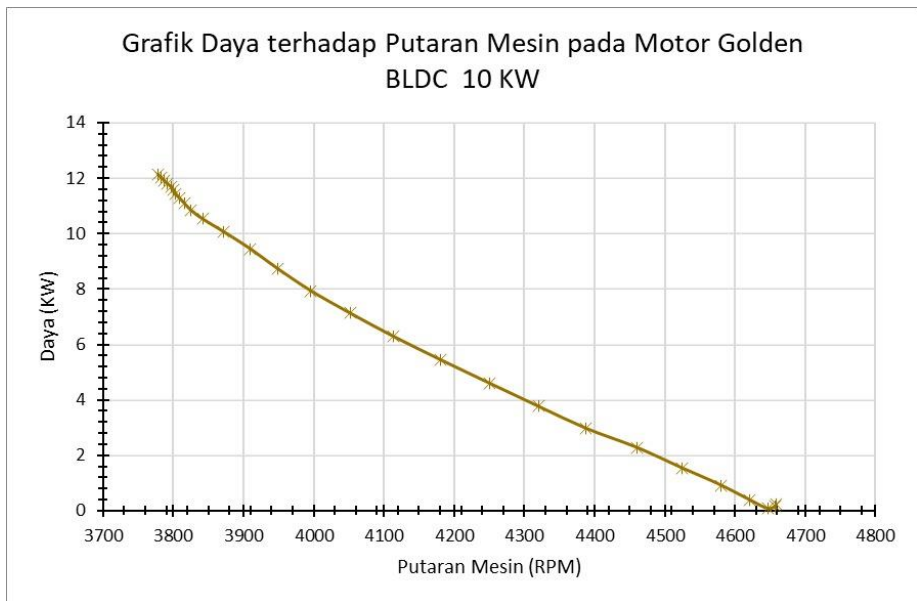
Client :

P: 1

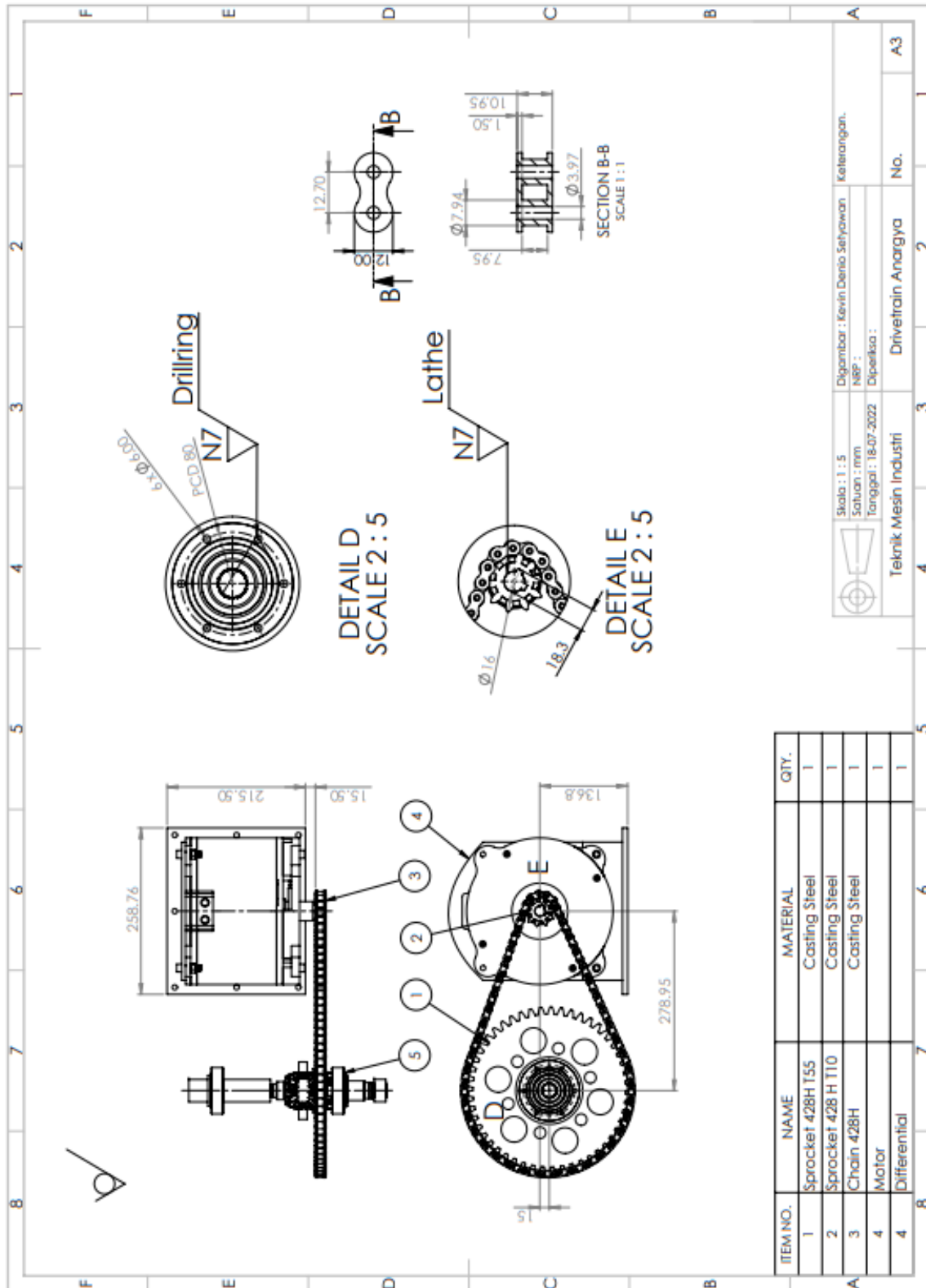
11. Grafik Torsi terhadap Putaran Mesin pada motor golden BLDC 10KW



12. Grafik Daya terhadap Putaran Mesin pada motor golden BLDC 10KW



13. Detail Desain 2 Dimensi Chain & Sprocket Mobil Anargya EV Mark 2.0



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta Timur 24 juli 2000. Anak pertama dan satu-satunya. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Labs School Kaizen kab. Bogor, SMPN 24 Bekasi, SMAN 7 Bekasi. Setelah lulus Sman Penulis melanjutkan jenjang perguruan tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 10211810010001 di Departemen Teknik Mesin Industri ini penulis mengambil bidang studi Rekayasa Konversi Energi. Penulis juga aktif di dalam riset kendaraan listrik di ITS yaitu Anargya *Formula Electric ITS Team* sebagai *staff motor and drivetrain* 2019-2020, *mechanical manager* 2020-2021 berkesempatan mengikuti 2 perlombaan FSEV bharat selama berada di Anargya ITS Team dan PUI SKO & STP Otomotif ITS sebagai staff ahli kelistrikan kendaraan listrik pada tahun 2021-sekarang.