



**ANALISIS TRANSMISI RANTAI PADA MOBIL LISTRIK
TITEN *URBAN* EV 2**

SKRIPSI

Oleh:

FARIS MILZAM PUTRA WAHANA

NIM 191910101080

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

JEMBER

2023



**ANALISIS TRANSMISI RANTAI PADA MOBIL LISTRIK
TITEN *URBAN* EV 2**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar sarjana

Oleh:

FARIS MILZAM PUTRA WAHANA

NIM 191910101080

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

JEMBER

2023

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Kedua orang tua saya, Moh. Wahid Hasyim dan Ana Indriawati yang telah membesarkan, mendidik, dan selalu mendoakan penulis, kakak saya Nadhilah Putri Wahana
4. Kepada Prof. Dr. sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto beserta Keluarga yang telah membimbing saya selama menimba ilmu di Jember
5. Dosen pembimbing saya, bapak Ir. Franciscus Xaverius Kristianta M.Eng., IPM dan bapak Dr. Muh. Nurkoyim Kustanto S.T., M.T yang telah membimbing saya dengan sangat baik dalam penyusunan skripsi.
6. Dosen penguji saya, bapak Ir. Santoso Mulyadi S.T., M.T. dan Ibu Rahma Rei Sakura S.T., M.T. yang telah memberikan saran terbaik dalam penyempurnaan skripsi saya.

MOTTO

“Yakini Kebenarannya, Perjuangkan Selamanya”

(Faris Milzam)

“Sejarah akan selalu dituliskan oleh pemenang, Maka teruslah berjuang agar suatu saat jadi bagian dari sejarah itu”

(Winston Churchill)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faris Milzam Putra Wahana

NIM : 191910101080

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ANALISIS TRANSMISI RANTAI PADA MOBIL LISTRIK TITEN *URBAN EV 2*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Juli 2023

Yang menyatakan,

Faris Milzam Putra Wahana

NIM 191910101080

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “ANALISIS TRANSMISI RANTAI PADA MOBIL LISTRIK TITEN *URBAN EV 2*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 18 Juli 2023

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir.Franciscus Xaverius Kristianta

M.Eng.,IPM

(.....)

NIP : 196501202001121001

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr.Muh. Nurkoyim Kustanto

S.T., M.T

(.....)

NIP : 196911221997021001

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Ir.Santoso Mulyadi S.T., M.T.

(.....)

NIP : 197002281997021001

2. Penguji Anggota 1

Nama : Rahma Rei Sakura S.T., M.T.

(.....)

NIP : 199102282022032003

ABSTRAK

Penelitian ini telah merancang dan mengoptimalkan sistem transmisi rantai pada mobil hemat energi TITEN *Urban EV2*. Melalui perencanaan yang matang, dipilihlah jenis rantai yang cocok untuk mobil tersebut guna mencapai efisiensi terbaik. Penggunaan motor BLDC jenis Hub Drive dengan rantai sebagai sistem pemindah tenaga. Melalui pengujian dan perbandingan unjuk kerja transmisi rantai motor BLDC yang digunakan pada mobil TITEN *Urban EV2*, ditemukan bahwa sistem transmisi ini mampu memberikan konsumsi listrik yang efisien. Pengujian dilakukan sesuai dengan regulasi KMHE dan *Shell Eco-Marathon*, dengan hasil terbaik mencapai 112,2 km/kWh untuk mobil dengan transmisi rantai dan 112,1 km/kWh untuk mobil dengan sistem penggerak in wheel.

Kata kunci: Transmisi rantai, Mobil hemat energi, TITEN *Urban EV2*, efisiensi, motor BLDC, *Hub Drive*, KMHE, *Shell Eco-Marathon*

ABSTRACT

This study has designed and optimized a chain transmission system for the energy-efficient TITEN Urban EV2 vehicle. Through careful planning, a suitable chain type was selected for the vehicle to achieve optimal efficiency. The system utilizes a Hub Drive type BLDC motor with a chain as the power transfer system. Through testing and performance comparison of the BLDC motor chain transmission used in the TITEN Urban EV2 vehicle, it was found that this transmission system can provide efficient electrical consumption. The testing was conducted in accordance with the KMHE and Shell Eco-Marathon regulations, with the best results reaching 112,2 km/kWh for the vehicle with chain transmission and 112,1 km/kWh for the vehicle with in-wheel drive system.

Keywords: *chain transmission, energy-efficient vehicle, TITEN Urban EV2, efficiency, BLDC motor, Hub Drive, KMHE, Shell Eco-Marathon.*

RINGKASAN

ANALISIS TRANSMISI RANTAI PADA MOBIL LISTRIK TITEN *URBAN EV 2* : Faris Milzam Putra Wahana, 191910101080; 2023; 51 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Sistem transmisi atau penggerak pada kendaraan umumnya, sebuah komponen pada mesin yang memiliki tujuan untuk merubah kecepatan dan tenaga putar dari mesin yang tertuju pada roda yang nantinya bias digunakan untuk menggerakkan kendaraan. Tim mobil listrik TITEN Universitas Jember telah merancang sebuah mobil hemat energi tipe urban konsep. Untuk memproduksi mobil tersebut diperlukan sebuah transmisi yang cocok dan aman untuk digunakan. Pemilihan motor menggunakan motor BLDC 1000 W jenis Hub Drive yang disalurkan menggunakan rantai. Data perbandingan dari sistem transmisi menggunakan motor 350 W dengan metode *In Wheel*. Melalui pengujian dan perbandingan unjuk kerja transmisi rantai motor BLDC yang digunakan pada mobil TITEN Urban EV2, ditemukan bahwa sistem transmisi ini mampu memberikan konsumsi listrik yang efisien. Pengujian dilakukan sesuai dengan regulasi KMHE dan Shell Eco-Marathon, dengan hasil dalam pengujian ini, mobil dengan konsep hasil transmisi mencapai hasil skor antara 109,29 km/kWh hingga 112,2 km/kWh, sedangkan mobil dengan sistem penggerak in wheel mencapai hasil antara 110 km/kWh hingga 112,1 km/kWh. Konsumsi listrik erbaik mencapai 112,2 km/kWh untuk mobil dengan transmisi rantai dan 112,1 km/kWh untuk mobil dengan sistem penggerak in wheel.

PRAKATA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT, Sang Pencipta alam semesta dan isinya. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Moh. Wahid Hasyim dan Ana Indriawati yang telah membesarkan, mendidik, dan selalu mendoakan penulis, kakak saya Nadhilah Putri Wahana
2. Kepada Prof. Dr. sc. Agr. Ir. Didik Sulistyanto beserta Keluarga yang telah membimbing saya selama menimba ilmu di Jember
3. Dosen pembimbing saya, bapak Ir.Franciscus Xaverius Kristianta M.Eng.,IPM dan bapak Dr.Muh. Nurkoyim Kustanto S.T., M.T yang telah membimbing saya dengan sangat baik dalam penyusunan skripsi.
4. Dosen penguji saya, bapak Ir.Santoso Mulyadi S.T., M.T. dan Ibu Rahma Rei Sakura S.T., M.T. yang telah memberikan saran terbaik dalam penyempurnaan skripsi saya.
5. Guru-guru pendidik TK An-najiyah , SD An-najiyah , SMP Negeri 30 Surabaya, SMAU Amanatul Ummah Surabaya dan dosen-dosen pendidik Teknik Mesin Universitas Jember yang telah mendidik penulis hingga saat ini;
6. Teman-teman UKM TITEN 16, 17, 18, 20, 21, 22 dan TITEN 2019 pada khususnya Alaik, Hanun, Tri, Rio, Yoga, Rijal, Fiki, Muthia, Nia, Denisa, Albar yang telah membantu menemani, dan menjadi rekan kerja
7. Dulur-dulur Teknik Mesin Angkatan 2019 Universitas Jember (M21) yang senantiasa menemani dan membantu selama perkuliahan
8. Almamater Universitas Jember yang penulis cintai dan banggakan;

Wassalamu'alaikum Warhmatullahi Wabarakatuh

Jember, 18 Juli 2023

Penulis

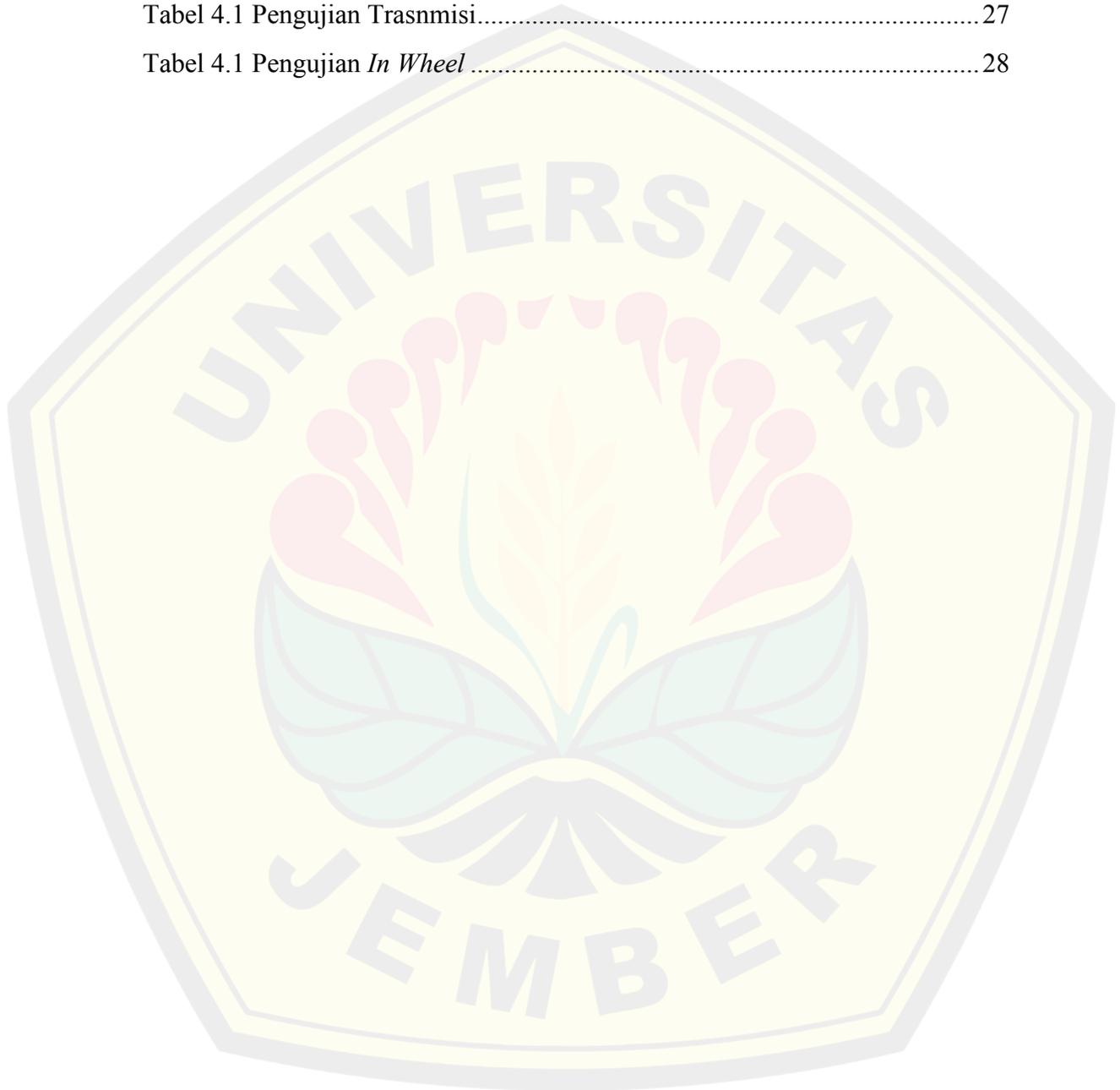
DAFTAR ISI

ANALISIS TRANSMISI RANTAI PADA MOBIL LISTRIK.....	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3.1 Tujuan	3
1.3.2 Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Mobil Listrik TITEN	4
2.2 Motor Listrik	5
2.3 Sistem Transmisi	7
2.3.1 Rantai dan Sproket.....	7
2.3.2 Rantai Rol (<i>Roller Chain</i>).....	9
2.3.3 Kecepatan Rantai	11
2.3.4 Kekencangan Rantai	12
2.4 Cara Menghitung Transmisi	12
2.4.1 Perhitungan Keliling Roda Mobil	12
2.4.2 Perhitungan Angular Roda / RPM Roda Mobil	13
2.4.3 Perhitungan <i>Sprocket</i>	13
2.4.4 Perhitungan Panjang Rantai	13

2.5	Daya.....	14
2.6	Perhitungan Torsi Mobil TITEN <i>Urban EV 2</i>	14
2.7	Perhitungan <i>Fuel Consumption</i>	15
2.8	Hipotesis	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		16
3.1	Tempat Penelitian dan Waktu Penelitian	16
3.2	Pengambilan Data.....	16
3.3	Alat dan Bahan	16
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	17
3.5	Variabel Penelitian	18
3.6	Spesifikasi Mobil.....	18
3.7	Spesifikasi Motor BLDC 1000 W	19
3.8	Metode Pengambilan Data	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Perancangan Sistem Transmisi Rantai	22
4.1.1	Analisis Kecepatan Roda Yang dibutuhkan	22
4.1.2	Analisis Daya yang Dibutuhkan	23
4.2	Perhitungan dan Perencanaan Rantai	24
4.2.1	Perhitungan Daya Desain dan Torsi	24
4.2.2	Pemilihan Nomer Rantai.....	25
4.2.3	Perhitungan Sprocket.....	25
4.2.4	Kecepatan Rantai	25
4.2.5	Perhitungan Panjang Rantai.....	25
4.2.6	Kekencangan Rantai	25
4.2.7	Gaya Pada Rantai.....	26
4.3	Hasil Pengujian Pada TITEN <i>Urban EV2</i>	27
4.4	Analisis Unjuk Kerja Motor BLDC	29
4.5	Analisis terhadap regulasi jarak dan waktu perlombaan	30
4.6	Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Sistem Transmisi Rantai	30
BAB 5. PENUTUP.....		32
5.1	Kesimpulan.....	32
5.2	Saran	32
Lampiran 1. Arus 1 Lap		35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Prestasi Tim Mobil Listrik TITEN <i>Urban</i> EV 2.....	5
Tabel 2.2 Tabel Ukuran Rantai Rol	11
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	16
Tabel 4.1 Pengujian Trasn misi.....	27
Tabel 4.1 Pengujian <i>In Wheel</i>	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 TITEN <i>Urban</i> EV 2.....	4
Gambar 2.2 Motor BLDC 1000 W	6
Gambar 2.3 Rantai	7
Gambar 2.4. <i>Sprocket</i>	8
Gambar 2.5 Rantai dan <i>Sprocket</i>	8
Gambar 2.6 Rantai rol	9
Gambar 2.7 Komponen rantai rol.....	9
Gambar 2.8 Rantai rol	10
Gambar 2.9 Dimensi rantai rol.....	10
Gambar 2.10 Diagram Pemulihan Rantai Rol.....	11
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	20
Gambar 3.2 Jalur Pengujian	22
Gambar 4.1 Rangkaian Transmisi Rantai	27
Gambar 4.2 <i>Sprocket</i> yang digerakkan (Roda)	28
Gambar 4.3 <i>Sprocket</i> yang penggerak (Motor).....	28
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Arus 1 Lap37



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem transmisi atau penggerak pada kendaraan umumnya, Suatu komponen dalam mesin yang berfungsi untuk mengubah kecepatan dan tenaga putar dari mesin agar dapat digunakan untuk menggerakkan roda kendaraan. Sistem pemindahan tenaga ini mencakup unit kopling, transmisi, deferensial, poros, dan roda kendaraan. Semua bagian ini saling terhubung dan berinteraksi satu sama lain dalam sistem transmisi. (Lexsi Saputra,2020).

Sistem pemindah tenaga saat ini telah menjadi sebuah sistem yang wajib terdapat pada segala jenis kendaraan bermotor. Sistem pemindah tenaga memiliki fungsi untuk mengizinkan kendaraan menyesuaikan beban dan kondisi jalan, memungkinkan kendaraan bergerak mundur, mengurangi hentakan saat perpindahan gigi, dan mentransmisikan putaran mesin ke roda kendaraan. Sebagai contoh, saat menghadapi jalan menanjak, penggunaan sistem transmisi yang sesuai akan mempermudah kendaraan dalam melewati tanjakan tersebut. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan kendaraan untuk bergerak dengan kecepatan tinggi dan akselerasi yang baik. (Andrian Luthfianto,2017).

Tim mobil listrik TITEN Universitas Jember telah merancang Pengembangan mobil konsep hemat energi untuk tipe *urban* konsep telah dilakukan. Desain mobil tersebut telah direalisasikan dalam bentuk gambar menggunakan perangkat lunak AutoDesk Inventor. Untuk memproduksi mobil tersebut diperlukan sebuah transmisi yang cocok dan aman untuk digunakan. Sistem pemindah tenaga telah menjadi suatu keharusan yang harus ada pada semua jenis kendaraan bermotor.

Oleh karena itu pada penelitian ini difokuskan untuk merancang dan membuat sistem transmisi kendaraan yang nantinya digunakan untuk mobil hemat energi. Penelitian kali ini akan melakukan perencanaan rantai pada sistem transmisi mobil TITEN Urban EV 2. Perancangan ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis rantai yang sesuai untuk mobil TITEN Urban EV 2,

dengan tujuan menemukan rantai terbaik dari berbagai jenis yang ada untuk mencapai efisiensi terbaiknya. Pemilihan motor menggunakan motor BLDC 1000 W jenis *Hub Drive* yang disalurkan menggunakan rantai. Penggunaan rantai ini juga pasti terjadi kehilangan tenaga sebagian dikarenakan transmisi itu sendiri. Dari hal itu untuk meminimalisir terjadinya kehilangan tenaga sistem *throttle* yang sebelumnya menggunakan *potensiometer* yang diputar oleh *driver* mobil, kedepannya *throttle* menggunakan *by controller* dari elektrik berbasis *Electronic Controller Unit* (ECU), sehingga mengurangi faktor *human error* dari *driver* yang masih ada *missthrottle* saat *start* berjalan.

Dari permasalahan tersebut, penulis mencoba untuk melakukan suatu pengkajian untuk mengetahui karakteristik dengan tranmisi rantai motor BLDC yang digunakan pada Mobil TITEN Urban EV 2. Pengkajian ini dilakukan dengan pengujian perbandingan unjuk kerja transmisi rantai motor BLDC yang digunakan pada Mobil Listrik Urban EV 2 yang menggunakan metode *race attempt* sesuai regulasi KMHE dan Shell Eco Marathon. Dari latar belakang permasalahan diatas penulis perlu untuk melakukan penelitian sebagai Tugas Akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik (ST) yang berjudul “**Analisis Transmisi Rantai pada Mobil Listrik TITEN Urban EV 2**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang mendorong penulisan tugas akhir ini, timbul beberapa perumusan masalah sebagai panduan pertanyaan sesuai dengan keinginan penulis adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis transmisi yang sesuai mobil TITEN *Urban* EV 2
2. Seberapa besar perbedaan pengaruh dari sistem penggerak sebelumnya terhadap tingkat konsumsi listrik pada mobil TITEN *Urban* EV 2
3. Apakah transmisi mobil sudah sesuai kecepatan dan waktu terhadap regulasi perlombaan KMHE dan *Shell Eco Marathon*.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui perbandingan penggerak *in wheel* dengan transmisi rantai sistem penggerak yang sebelumnya dan yang baru ini terhadap tingkat efisiensi konsumsi listrik mobil TITEN *Urban EV 2* sesuai Jarak dan catatan waktu pada regulasi KMHE dan *Shell Eco Marathon*.
- b. Meningkatkan efisiensi mobil TITEN *Urban EV 2*, dengan sistem penggerak transmisi rantai yang sesuai.

1.3.2 Manfaat

- a. Sebagai bahan masukan untuk optimasi transmisi pada kendaraan dengan efisiensi energi yang baik
- b. Sebagai pijakan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan pengujian transmisi, motor, dan seluruh sistem penggerak pada mobil TITEN *Urban EV 2*
- c. Menghasilkan mobil kompetisi efisiensi di KMHE dan *Shell Eco Marathon* yang lebih baik lagi dan lebih berprestasi.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memberikan pemahaman yang lebih terperinci mengenai masalah yang diteliti dalam penulisan tugas akhir ini, maka perlu disajikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian berfokus terhadap transmisi penggerak
2. Pengujian dinamis hanya berfokus peningkatan performa sistem penggerak dan tingkat skor efisiensi sistem penggerak terhadap mobil TITEN *Urban EV 2*
3. Pengujian berfokus menggunakan motor BLDC 1000 W
4. Data pembanding menggunakan motor BLDC *In Wheel* 350 W
5. Sistem elektrikal kondisi bagus layak pakai

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil Listrik TITEN

Tim Mobil Listrik TITEN merupakan tim riset di Fakultas Teknik Universitas Jember yang berfokus pada riset dan pengembangan energi terbarukan, khususnya kendaraan yang menggunakan sumber penggerak motor listrik. Tujuan dari riset dan pengembangan yang dilakukan yaitu untuk ikut berpartisipasi dalam acara di lingkup nasional dan internasional. Pada KMHE 2022 Tim Mobil Listrik TITEN Universitas Jember mengikuti kategori urban *concept* dalam kelas motor listrik dan mendapat Juara 3 dan mendapat capaian tingkat konsumsi listrik 124 km/kwh. Mobil urban tim TITEN bernama TITEN Urban EV 2 yang merupakan pengembangan dari mobil urban TITEN EV-1.



Gambar 2.1 TITEN *Urban* EV 2 (Sumber : Data Pribadi, 2022)

Kendaraan Urban Concept merupakan kendaraan yang memiliki efisiensi bahan bakar tinggi dan memiliki penampilan mirip dengan mobil penumpang saat ini. Kendaraan Urban Concept harus mematuhi peraturan yang telah ditetapkan oleh KMHE untuk kategori ini. Salah satu persyaratan khusus bagi kendaraan yang berpartisipasi dalam kategori ini adalah *Stop & Go Driving*. Mobil listrik TITEN ini pada kategori urban *concept* sejak awal dibuat hingga sekarang telah memiliki banyak prestasi. Beberapa prestasi yang telah diraih diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Prestasi Tim Mobil Listrik TITEN Urban EV 2

No	Event	Tahun	Prestasi	Skor
1	<i>Indonesia Energy Marathon Competition (IEMC)</i>	2014	Juara 2	-
2	Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	2015	Juara 1	71,516 km/kwh
3	Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	2017	Juara 1	154,43 km/kwh
4	Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	2018	Urutan Ke-6	84,5 km/kwh
5	Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	2020	Juara 1 Kategori Perancangan Bodi dan Sasis	-
6	Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	2021	Finalis dan Penghargaan Tim Tertanggung	-
7	Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	2022	Juara 3	124 km/kwh
8	<i>Shell Eco Marathon 2023</i>	2023	Juara 3	115 km/kwh

2.2 Motor Listrik

Motor listrik adalah suatu perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk berbagai tujuan seperti memutar impeller pompa, kipas, atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan sebagainya. Prinsip kerja motor listrik adalah mengubah energi listrik menjadi energi magnet yang disebut elektromagnet. Seperti yang kita ketahui, kutub magnet yang sama akan saling tolak-menolak, sedangkan kutub yang berbeda akan saling tarik-menarik. Dengan meletakkan magnet pada poros yang dapat berputar dan magnet lainnya dalam posisi tetap, kita dapat menciptakan gerakan pada motor listrik tersebut.

Motor DC tanpa sikat (*brush*) menggunakan bahan semikonduktor untuk merubah maupun membalik arah putarannya untuk menggerakkan motor, serta tingkat kebisingan motor jenis ini rendah karena putarannya halus. BLDC motor

atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik synchronous AC 3 fasa.

Beberapa kelebihan Brushless DC motor dibandingkan dengan motor DC sebagai berikut :

1. Lebih tahan lama, karena tidak memerlukan perawatan terhadap sikat (*brush*).
2. Memiliki tingkat efisiensi tinggi
3. Torsi awal yang tinggi
4. Kecepatan yang tinggi, tergantung pada kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang dibangkitkan dari kendali penggerakannya.



Gambar 2.2 Motor BLDC 1000 W (Sumber : Data Pribadi, 2023)

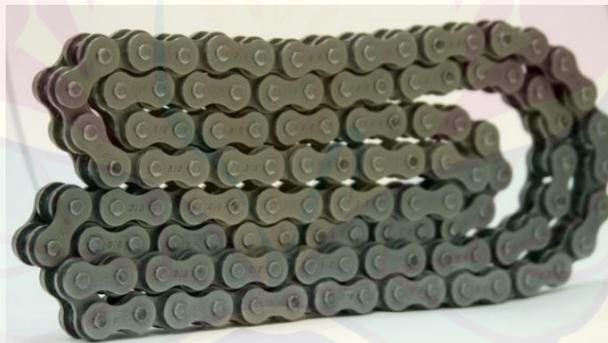
Untuk sistem yang digunakan dalam sistem penggerak sebelumnya menggunakan *In Wheel* motor yang mentransmisikan daya dari motor secara langsung karena motor penggerak yang digunakan juga merupakan bagian dari roda ban. Jenis motor *in wheel* memiliki kelemahan dimana dapat menambah hambatan gelinding dari mobil karena gaya akibat cogging antara magnet pada rotor yang berkaitan dengan inti stator. Dalam perancangan kali ini menggunakan motor yang terpisah dari roda dan mentransmisikan daya menggunakan rantai *sprocket* serta menggunakan mekanisme *freehub* pada roda yang hanya mentransmisikan daya motor saat kecepatan motor lebih tinggi dari kecepatan roda tetapi memutus transmisi daya saat kecepatan roda lebih tinggi daripada kecepatan motor.

2.3 Sistem Transmisi

Transmisi adalah komponen mesin yang memiliki peran penting dalam mengirimkan daya. Selama ini, transmisi telah mengalami berbagai kemajuan baik dalam desain maupun penggunaan material untuk mengirimkan daya dari mesin. Ada banyak model dan fungsi transmisi yang berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan dalam memindahkan daya.

2.3.1 Rantai dan Sproket

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 seperti gambar 2.3. Rantai merupakan pilihan yang lebih tepat untuk aplikasi yang beroperasi tanpa henti dalam jangka waktu yang lama dan mentransmisikan daya dengan fluktuasi torsi terbatas. Namun, rantai juga dapat digunakan dalam kondisi berkecepatan tinggi, seperti pada sepeda motor dan penggerak camshaft mesin mobil.



Gambar 2.3 Rantai (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)

Rantai atau *Chain* merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya. Dalam penggunaannya rantai memiliki keuntungan seperti:

- Mampu meneruskan daya yang besar karena kekuatannya yang besar
- Tidak memerlukan tegangan awal
- Keausan kecil pada bantalan pin

- Mudah dalam bongkar pasang

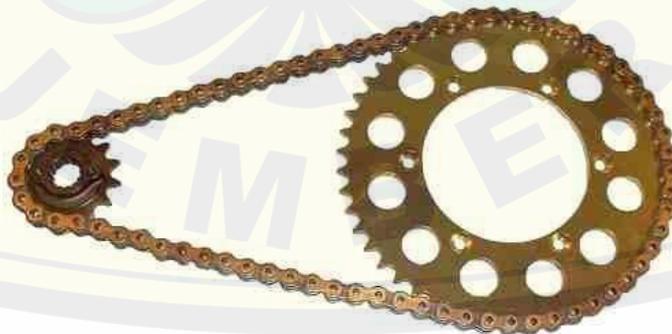
Disamping keuntungan-keuntungan yang dimiliki oleh rantai, dipihak lain rantai juga memiliki kekurangan, yaitu:

- Variasi kecepatan yang tak dapat dihindari karena lintasan busur pada *sprocket* yang mengait pada mata rantai
- Suara dan getaran karena tumbukan antara rantai dan dasar gigi *sprocket*
- Perpanjangan rantai karena keausan pena dan bus yang diakibatkan oleh gesekan dengan *sprocket*

Sproket adalah komponen yang berpasangan dengan rantai untuk mengalirkan gaya putar dari mesin ke roda belakang. Sproket bertindak sebagai penggerak kendaraan, di mana putaran sproket depan disalurkan melalui rantai dan diterima oleh sproket belakang, yang kemudian memutar roda.



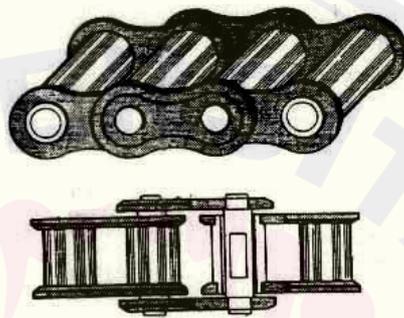
Gambar 2.4. *Sprocket* (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)



Gambar 2.5 Rantai dan *Sprocket* (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)

2.3.2 Rantai Rol (*Roller Chain*)

Roller Chain adalah jenis rantai yang secara efisien digunakan untuk mentransmisikan daya antara poros-paros yang sejajar. Rantai roller ini digunakan ketika transmisi yang tanpa slip diperlukan, dengan kecepatan mencapai 600 m/min. Komponen rantai seperti pena, bus, dan rol umumnya terbuat dari baja karbon atau baja krom dengan permukaan yang telah dihardening. Sedangkan untuk komponen sproket, menggunakan bahan seperti besi cor kelabu (FC25), baja karbon (SS41, S35C), dan baja cor (SC46).



Gambar 2.6 Rantai rol (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)

Adapun bagian-bagian dari rantai roller yang terdapat pada gambar 2.8 yakni:

- *Roller*
- *Inner plate*
- *Bus*
- *Outer plate*
- *Bearing pin*



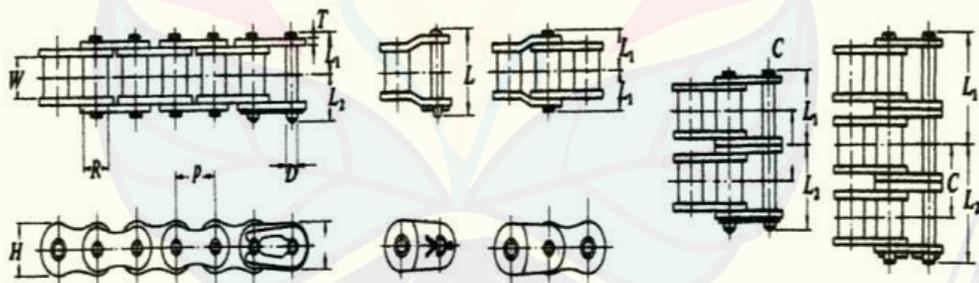
Gambar 2.7 Komponen rantai rol (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)

Dimana nanti apabila kelima bagian itu digabungkan maka akan menghasilkan rantai rol seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rantai rol (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)

Rantai roller digunakan ketika diperlukan transmisi positif tanpa slip dengan kecepatan hingga 600 (m/min), tanpa pembatasan kebisingan, dan dengan biaya yang terjangkau. Baja karbon atau baja krom dengan pengerasan permukaan digunakan untuk membuat komponen pena, bus, dan rol. Rantai dengan rangkaian tunggal adalah yang paling umum digunakan, sementara rangkaian ganda seperti dua atau tiga rangkaian digunakan untuk mentransmisikan beban berat. seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Dimensi rantai rol (Sumber : Andrian Luthfianto,2017)

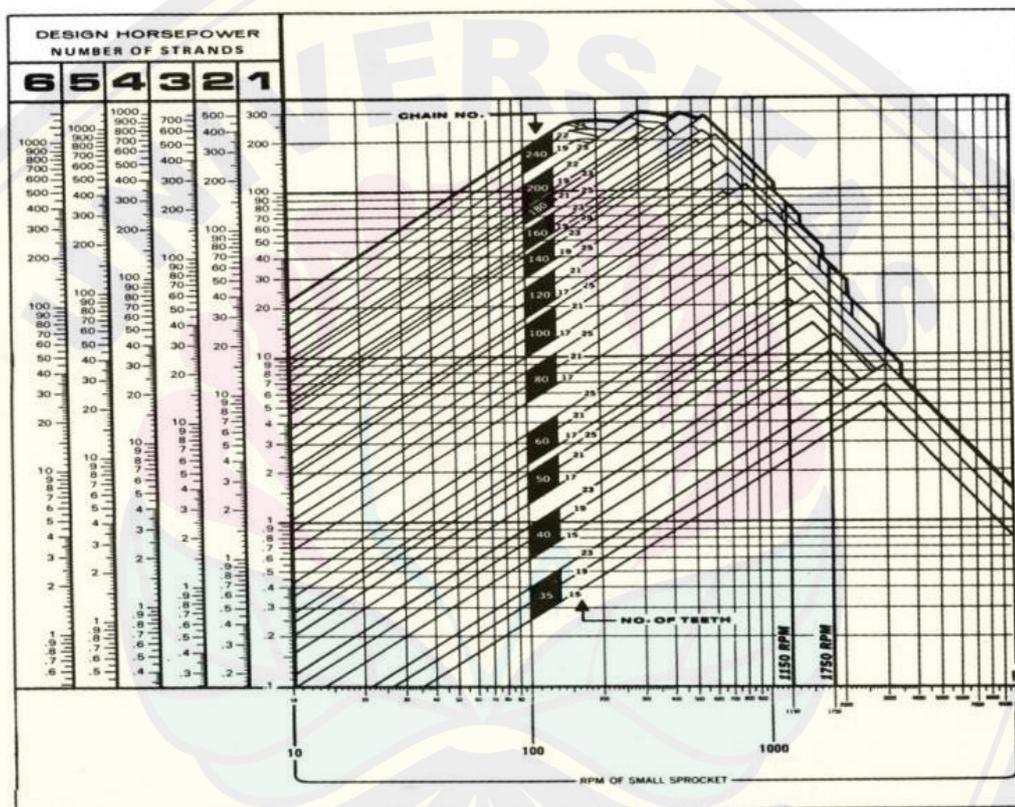
2.3.3 Spesifikasi Rantai

Menentukan ukuran rantai yang sesuai dengan daya dan putaran yang dibutuhkan, dapat menggunakan panduan yang terdapat pada gambar 2.10. Pemilihan nomor rantai juga sering kali bergantung pada informasi yang terdapat

dalam panduan tersebut. Nomor rantai dan jumlah rangkaian dapat disesuaikan dengan spesifikasi yang tersedia.

Tabel 2.2 Ukuran Rantai Rol

Chain No.	PITCH P	ROLLER		PIN					PLATE		EVERAGE Ultimate Strength kN	MAX. Allowable Load kN	Everage Chain Weight kg/m
		Width W	Dia. R	Dia. D	Length			Height H	Thick. T				
					LR	Lc	L1			L2			
25	6.35	3.2	*3.3	2.30	7.9	8.8	4.8	4.0	5.8	0.75	4.9	0.68	0.14
35	9.525	4.8	*5.08	3.58	12	12.9	6.0	6.9	8.8	1.25	11.8	2.25	0.32
40	12.70	7.95	7.92	3.96	16.5	17.9	8.3	9.6	12	1.5	19.2	3.72	0.62
50	15.875	9.53	10.16	5.08	20.4	22.0	10.2	11.8	15	2.0	31.9	6.17	1.02



Standard roller chain, quick selector chart. (Source: Whitney Chain Operations, Dresser Industries, Inc., Hartford, Conn.)

Gambar 2.10 Diagram Pemilihan Rantai Rol

2.3.3 Kecepatan Rantai

Kecepatan rantai biasanya diartikan sebagai jumlah panjang (m) yang masuk ke dalam *sprocket* tiap satuan waktu (s), sehingga dapat dinyatakan :

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} = \frac{Nt \cdot p \cdot N}{60} \tag{2.1}$$

Keterangan :

D = Diameter *sprocket* (m)

V = Kecepatan (m/s)

N = RPM

N_t = Jumlah Gigi

P = *Pitch* (mm)

2.3.4 Kekencangan Rantai

Kekencangan rantai yang baik memiliki nilai spesifik. Jika rantai terlalu kendur, maka rantai akan mudah lepas, sementara jika terlalu kencang, akan memerlukan gaya yang lebih besar untuk bergerak (lebih berat). Ketegangan rantai yang baik, dinyatakan sebagai C_a , sebaiknya berada dalam kisaran 1 hingga 2% saat posisi kedua poros sama tingginya (posisi datar). Perhitungan kekencangan rantai sebagai berikut :

$$C_a = \frac{a}{c} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

C_a = Kekencangan Rantai (%)

a = Kekenduran Rantai (mm)

C = Jarak antar poros (mm)

2.4 Cara Menghitung Transmisi

2.4.1 Perhitungan Keliling Roda Mobil

Keliling roda digunakan untuk mengetahui nilai RPM roda saat mobil melaju dengan kecepatan 6,6 m/s pada saat perlombaan yang dinyatakan dengan persamaan 2.3

$$K = \pi \cdot D \quad (2.3)$$

Keterangan :

K = Keliling roda mobil (m)

π = Nilai Phi ($\frac{22}{7}$ atau 3,14)

D = Diameter roda (m)

2.4.2 Perhitungan Angular Roda / RPM Roda Mobil

Perhitungan RPM digunakan untuk mengetahui ukuran *sprocket* persamaan nilai RPM roda sebagai berikut :

$$N2 = \frac{v}{k} \times 60 \quad (2.4)$$

Keterangan :

N2= Kecepatan angular roda (rpm)

v = Kecepatan rata – rata mobil (m/s)

K = Keliling roda mobil (m)

2.4.3 Perhitungan *Sprocket*

Driver sprocket untuk mengetahui rasio yang digunakan, nilai yang diperlukan rpm, nilai torsi, dan *sprocket* yang ada di pasaran, perhitungan *sprocket* seperti persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{n1}{n2} = \frac{D2}{D1} \quad (2.5)$$

Keterangan :

N1 = RPM motor

N2 = RPM roda

D2 = Ukuran diameter penggerak (mm atau t)

D1 = Ukuran diameter yang digerakkan (mm atau t)

τ_2 = Torsi Motor (Nm)

τ_1 = Torsi yang dibutuhkan menggerakkan mobil (Nm)

2.4.4 Perhitungan Panjang Rantai

Panjang sabuk akan mempengaruhi longgar kencangnya sabuk tersebut yang akan berpengaruh pada efektivitas dari transmisi tersebut. Perhitungan Panjang rantai dinyatakan pada persamaan sebagai berikut :

$$L = \frac{\pi}{2}(D1 + D2) + 2C + \frac{(D2-D1)^2}{4C} \quad (2.7)$$

Keterangan :

L = Panjang rantai (mm)

2.5 Daya

Daya merupakan jumlah energi yang dihabiskan per satuan waktu. Dalam sistem SI, satuan daya adalah joule per detik (J/s), atau Watt. Persamaan daya elektrik seperti pada persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$P = V.I.t \quad (2.8)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

t = waktu

2.6 Perhitungan Torsi Mobil TITEN *Urban EV 2*

Secara umum torsi (*torque*) merupakan gaya yang digunakan untuk memutar sesuatu dengan jarak dan arah tertentu. Torsi maksimum adalah torsi terbesar yang harus ditanggung oleh motor listrik. Perhitungan torsi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T = F \cdot r \quad (2.10)$$

Keterangan :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari roda (m)

$$T = \frac{60.W}{2.\pi.N} \quad (2.11)$$

Keterangan :

w = Daya Keluaran Motor (watt)

n = Nilai Kecepatan (RPM)

Untuk mencari torsi maksimum maka nilai gaya (F) yang digunakan adalah gaya total yaitu resultan dari gaya yang memiliki arah berlawanan dari arah gerak motor. Gaya total terdiri atas empat gaya yaitu gaya hambatan gelinding (*rolling resistance*), gaya hambatan aerodinamis bodi (*drag force*), gaya tanjakan (*hill climbing*), dan gaya akselerasi (*acceleration force*).

2.7 Perhitungan *Fuel Consumption*

Pengukuran konsumsi listrik pada mobil listrik dapat dilakukan dengan menggunakan Joule meter. Setiap arus yang melalui perangkat dapat dihitung dengan sistem tersebut. Joule meter dapat menunjukkan jumlah pemakaian energi listrik, namun tidak dapat menunjukkan jumlah konsumsi listrik mobil listrik dalam bentuk km/kwh. Perhitungan konsumsi listrik mobil listrik dapat dihitung dengan mengukur kecepatan rata-rata mobil untuk menempuh lintasan dalam perlombaan serta mengetahui jumlah daya yang terpakai dalam perlombaan. Perhitungan nilai konsumsi listrik mobil TITEN Urban EV 2 menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{s}{wh} \quad (2.13)$$

Keterangan :

η = Konsumsi energi listrik (km/kwh)

s = jarak (m)

wh = *Watt hour* (wh)

2.8 Hipotesis

Penggunaan transmisi rantai yang sesuai bisa meningkatkan efisiensi. Dilakukannya penelitian menggunakan transmisi rantai motor *BLDC* 1000 watt. Hal ini diharapkan meningkatkan skor efisiensi pada mobil TITEN Urban EV 2 untuk mengikuti perlombaan dan sesuai regulasi KMHE dan *Shell Eco Marathon*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian “Analisis Transmisi Rantai pada Mobil Listrik TITEN Urban EV 2” yang dilaksanakan pada:

Tempat : Sekretariat Tim Mobil Listrik TITEN Fakultas Teknik, Universitas Jember

Alamat : Jl. Veteran No.3, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember dan jalanan UNEJ

Waktu : Februari 2023 – Juni 2023

3.2 Pengambilan Data

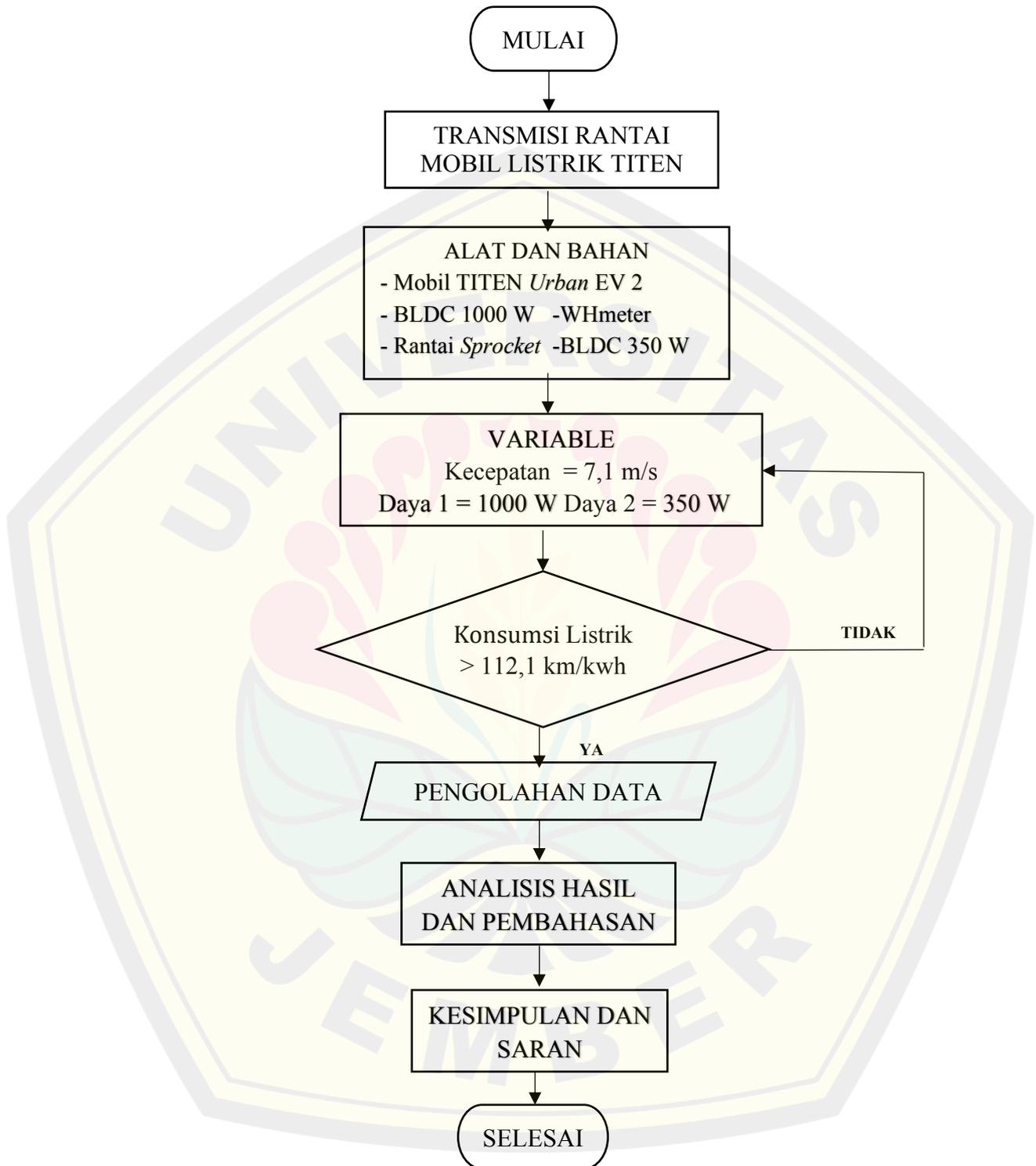
Data yang diperlukan untuk menganalisis sistem transmisi rantai diperoleh melalui pengumpulan data yang dilakukan melalui studi lapangan. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memahami kondisi aktual atau nyata terkait sistem transmisi rantai. Mobil dan berjalannya transmisi sesuai sebagaimana mestinya. Sehingga memperoleh data-data yang nantinya diolah dalam perhitungan. Dan mendapat hasil capaian skor yang diharapkan.

3.3 Alat dan Bahan

Dalam menunjang penelitian ini tentunya membutuhkan beberapa alat dan bahan, sehingga penelitian ini dapat bekerja dengan baik. Adapun peralatan yang digunakan dalam mendukung penelitian ini antara lain:

1. Mobil TITEN *Urban* EV 2
2. Laptop
3. Alat Ukur (Wh meter)
4. Motor BLDC 1000 W
5. Rantai
6. *Sprocket*
7. Baterai 48 Volt
8. *Controller* motor

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian (Sumber : Data Pribadi, 2023)

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah elemen-elemen yang ditentukan oleh peneliti untuk dipelajari dengan tujuan memperoleh informasi dan kesimpulan tentang hal tersebut. Berkaitan dengan penelitian ini, variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini dilakukan untuk mendapat kondisi nyata pada pengujian dinamis, dan untuk mengukur kemampuan performa yang dibutuhkan mobil untuk berjalan, kecepatan rata-rata 7,1 m/s

2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini pada penggunaan jenis motor BLDC dengan daya nominal 1000 W *by datasheet* pabrikan, controller motor, skor efisiensi, daya motor kondisi paling baik.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini terdapat pada jenis mobil urban listrik, standard jarak dan waktu sesuai regulasi KMHE dan *Shell Eco Marathon*, dan *skill driver*.

3.6 Spesifikasi Mobil

Spesifikasi mobil adalah berbagai hal yang diketahui di mobil, hal ini memudahkan untuk proses pengujian dan analisis data. Adapun spesifikasi mobil sebagai berikut :

Diameter roda	= 0,50 m
Dimensi mobil	= 2780 × 1250 × 1130 mm
<i>Wheelbase</i>	= 1280 mm
<i>Track width</i> belakang	= 950 mm
Gaya <i>drag</i> dari simulasi	= 0.2329864 CD
Massa Total	= 160 kg
Kecepatan mobil	= 6,6 m/s atau 23,76 km/h
Torsi yang dibutuhkan mobil	= 35,84 Nm

Jumlah gigi *sprocket driver* (motor) = 24t

Jumlah gigi *sprocket driven* (roda) = 22t

3.7 Spesifikasi Motor BLDC 1000 W

Adapun spesifikasi motor yang digunakan dalam pengujian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe : Motor *Brushless* DC (BLDC)
2. Tegangan Suplai : 48 volt
3. Daya Nominal : 1000 watt
4. Rentang Kecepatan : 20-40 km/jam
5. Torsi : 20-40 Nm
6. Efisiensi Motor : 55% - 70 %
6. Berat Motor : 7 Kg
7. Jumlah Fasa : 3 Fasa

3.8 Metode Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data berupa nilai Wh pada Whmeter. Waktu pengumpulan data dapat dilakukan pada pengujian dinamis di jalanan UNEJ. Pengujian dilakukan dengan jarak dan waktu sesuai lomba yang sudah di sesuaikan dengan jalanan UNEJ. Adapun perhitungan jarak dan waktunya sebagai berikut :

Jarak KMHE 2022 = 9600 m atau 9,6 km

1 lap = 1200 m

Waktu KMHE 2022 = 25 Menit

Jarak *Shell Eco Marathon* 2023 = 12930 m atau 12,93 km

1 lap = 4310 m

Waktu *Shell Eco Marathon* 2023 = 30 Menit

$$t = m \times s \quad (3.1)$$

Keterangan :

t = waktu total

m = menit (m)

s = detik (s)

KMHE 2022

$$\begin{aligned} t &= 25 \times 60 \\ &= 1500 \text{ s} \end{aligned}$$

Shell Eco Marathon 2023

$$\begin{aligned} t &= 30 \times 60 \\ &= 1800 \text{ s} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan waktu total dalam detik selanjutnya dapat menentukan kecepatan yang diperlukan saat lomba adalah :

$$v = \frac{s}{t} \quad (3.2)$$

Keterangan :

v = kecepatan (m/s)

s = jarak (m)

t = waktu (s)

KMHE 2022

$$\begin{aligned} v &= \frac{9600}{1500} \\ &= 6,4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Shell Eco Marathon 2023

$$\begin{aligned} v &= \frac{12930}{1800} \\ &= 7,1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jalanan UNEJ dalam 1 lap menempuh 1100 meter maka untuk hampir menyamakan jarak saat lomba maka

$$\begin{aligned} s_{total} &= 1100 \times 8 \text{ lap} \\ &= 8800 \text{ meter} \end{aligned}$$

Selanjutnya waktu yang dibutuhkan untuk menempuh 9900 meter adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{S}{v}$$

KMHE 2022

$$t = \frac{8800}{6,6} = 1375 \text{ s}$$

$$\frac{1357}{60} = 22 \text{ menit } 13 \text{ detik}$$

Shell Eco Marathon 2023

$$t = \frac{8800}{7,1} = 1239,4 \text{ s}$$

$$\frac{1239,4}{60} = 20 \text{ menit } 39,4 \text{ detik}$$

Maka dalam pengujian peneliti ini di jalanan UNEJ untuk menempuh jarak 8800 meter dibutuhkan waktu sebanyak 20 menit 39,4 detik agar bisa hampir menyamai jarak dan waktu yang ditentukan lomba *Shell Eco Marathon 2023*. Untuk rute jalan terdapat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Jalur Pengujian (Sumber : Google Earth,2023)

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Sistem Transmisi Rantai

Dalam penggunaan beberapa komponen yang dipakai rantai, *sprocket*, dan motor bldc. Untuk rantai yang digunakan yaitu jenis single speed, untuk *sprocket* menggunakan *freewheel single speed* merk united 22T dan 24T, dan penggunaan motor menggunakan BLDC 1000 W. Untuk perhitungan perancangan sebagai berikut :

4.1.1 Analisis Kecepatan Roda Yang dibutuhkan

1. Keliling Roda

$$K = \pi D$$

$$K = 3,14 (0,50) \text{ m}$$

$$K = 1,57 \text{ m}$$

Prinsip dasar mobil bergerak dalam pergerakan translasi adalah melalui gerakan angular dari roda yang kemudian diubah menjadi pergerakan translasi. Oleh karena itu, dalam perhitungan ini akan dibahas kecepatan angular. Berikut adalah rumus perhitungan kecepatan angular yang digunakan.

2. Kecepatan Angular Roda

$$n_2 = \frac{v}{k}$$

$$n_2 = \frac{7,1 \text{ m/s}}{1,57 \text{ m}} \times 60$$

$$n_2 = 271,33 \text{ rpm}$$

Perhitungan diatas merupakan besar dari angular roda. Mobil TITEN Urban EV 2 menggunakan sistem transmisi berupa *Chain dan Sprocket*. Sehingga kita perlu menganalisis besarnya kecepatan yang terjadi pada mobil.

3. Kecepatan *Sprocket* Motor

$$\frac{Nt_1}{Nt_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{22}{24} = \frac{271,33}{n_1}$$

$$n_1 = 295,99 \text{ rpm}$$

Kecepatan diatas Merupakan angular dari sprocket Motor yaitu 295,99 rpm.

4.1.2 Analisis Daya yang Dibutuhkan

1. Kecepatan Percepatan Mobil

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan akselerasi yaitu 30 detik sehingga didapatkan hasil :

$$V_t = V_0 + \alpha \cdot t$$

$$\alpha = \frac{V_t}{t}$$

$$\alpha = \frac{7,1 \text{ m/s}}{30 \text{ s}}$$

$$\alpha = 0,236 \text{ m/s}$$

2. Gaya Yang Terjadi Pada Mobil

Resultan gaya tertinggi berada pada kecepatan mobil 0 m/s atau pada keadaan awal mobil saat akan bergerak. Sehingga nilai resultan gaya maksimal yang harus ditanggung oleh mobil menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_{traksi} = F_{drag} + F_{rolling\ resistance} + F_{tanjakan} + F_{akselerasi}$$

$$= 0 + 18,375 + 0 + 125$$

$$= 143,38 \text{ N}$$

Setelah ditemukan gaya maksimal yang harus ditanggung mobil, maka perhitungan torsi yang dibutuhkan dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\tau &= F \times r \text{ (2.8)} \\ &= 143,38 \times 0.25 \\ &= 35,84 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Setelah dapat nilai gaya yang terjadi pada mobil maka kita dapatkan nilai daya output, persamaannya sebagai berikut.

3. Analisis Daya Output

$$\begin{aligned}P &= F_{traksi} \times v \\ P &= 35,84 \text{ Nm} \times 7,1 \text{ m/s} \\ P &= 254,464 \text{ Watt}\end{aligned}$$

4.2 Perhitungan dan Perencanaan Rantai

4.2.1 Perhitungan Daya Desain dan Torsi

Perhitungan daya desain (P_d) dihitung menggunakan sebagai berikut. Nilai Faktor koreksi rantai (F_c) diketahui 1,3

$$\begin{aligned}P_d &= F_c \cdot P \\ P_d &= 1,3 \cdot 0,254464 \\ P_d &= 330,8 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Torsi dapat diukur melalui perbandingan antara daya output motor dan kecepatan angular yang dihasilkan oleh motor.

$$\begin{aligned}T_1 &= 974000 \frac{P_d}{n_1} & T_1 &= 1.511,99 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \\ T_1 &= 974000 \frac{0,4212 \text{ kW}}{271,33 \text{ rpm}} & T_2 &= 974000 \frac{P_d}{n_2}\end{aligned}$$

$$T2 = 974000 \frac{0,4212 \text{ kW}}{295,99 \text{ rpm}}$$

$$T1 = 1.386,02 \text{ khf. mm}$$

4.2.2 Pemilihan Nomer Rantai

Pemilihan nomer rantai berdasarkan pada daya desain (Pd) sebesar 0,3308032 kW dan rpm (n) sebesar 295,99 rpm. Dapat ditarik bahwa berdasar gambar 2.10 nomer rantai yang cocok yaitu nomer 35, dengan nomer rantai 35 sudah dapat mengakomodasi kebutuhan mobil TITEN *Urban EV2*.

4.2.3 Perhitungan Sprocket

$$I = \frac{n1}{n2} = \frac{D2}{D1}$$

$$I = \frac{40}{35,84} = \frac{24}{22} = 1 : 0,9$$

4.2.4 Kecepatan Rantai

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} = \frac{Nt \cdot p \cdot N}{60}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot D0,101.271}{60}$$

$$V = 1,4324 \text{ m/s}$$

Dalam perancangan transmisi rantai, kecepatan harus tetap berada dalam batas yang diizinkan agar menghindari kebisingan yang berlebihan, terjadinya slip, dan menjaga keselamatan pengguna dengan kecepatan yang diizinkan.

$$V_{\text{izin}} = 4 \text{ s/d } 10 \text{ m/s}$$

4.2.5 Perhitungan Panjang Rantai

$$L = \frac{\pi}{2} (D1 + D2) + 2C + \frac{(D2 - D1)^2}{4C}$$

$$L = \frac{3,14}{2} (22 + 24) + 2 \cdot 260 + \frac{(24 - 22)^2}{4 \cdot 260}$$

$$L = 0,658 \text{ m}$$

4.2.6 Kekencangan Rantai

$$Ca = \frac{a}{C} \times 100\%$$

$$Ca = \frac{5}{260} \times 100\%$$

$$Ca = 1,92\%$$

Kekencangan rantai sebesar 5 mm, diperoleh kekencangan rantai sebesar 1,92%, yang masih berada dalam batas aman kekenduran rantai antara 1 hingga 2%. Oleh karena itu, jarak kekenduran sebesar 5 mm aman untuk digunakan. Sehingga jarak kekenduran rantai pada TITEN *Urban EV2* sudah aman.

4.2.7 Gaya Pada Rantai

Besarnya gaya pada rantai merupakan beban yang bekerja pada satu rantai (kg), yang menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F = \frac{102 \cdot Pd}{v}$$

$$F = \frac{102 \cdot 0,3308032 \text{ kW}}{1,4324 \text{ m/s}}$$

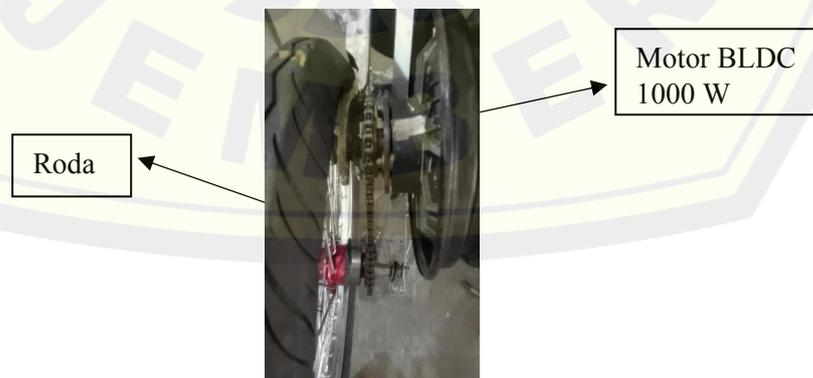
$$F = 23,556 \text{ kgf}$$

Beban maksimal yang diijinkan pada rantai nomer 35 dengan $F_b = 195 \text{ kgf}$.

Beban maksimal yang diijinkan \geq Beban Rencana

$$F_{ijin} = 190 \text{ kgf} \geq F = 23,556 \text{ kgf}$$

Materal rantai yang digunakan menggunakan Besi cor atau *cast iron* juga sering digunakan dalam pembuatan *gear single speed*. Besi cor memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap tekanan tinggi, dan daya tahan aus yang baik. Dalam hal ini maka bisa dipastikan untuk gear yang digunakan mampu untuk mengakomodasi keadaan tegangan tegangan saat terjadi tarikan.



Gambar 4.1 Rangkaian Transmisi Rantai



Gambar 4.2 Sprocket yang digerakkan (Roda)



Gambar 4.3 Sprocket yang penggerak (Motor)

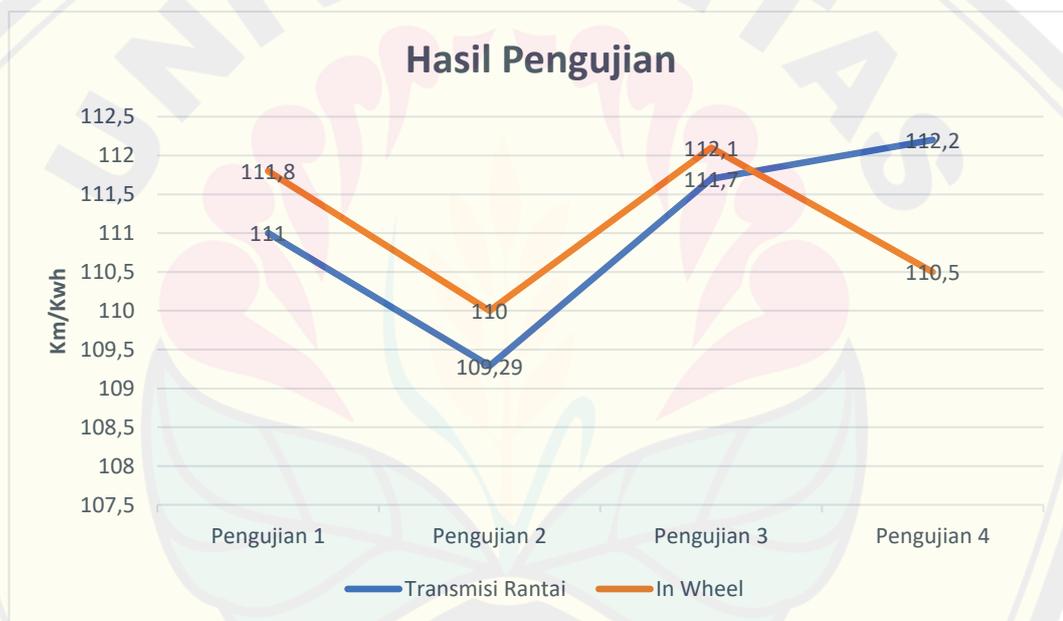
4.3 Hasil Pengujian Pada TITEN Urban EV2

Tabel 4.1 Pengujian Transmisi

PENGUJIAN KE-	Kecepatan (v) (m/s)	Waktu Total (t)	Jarak (s) (m)	KONSUMSI Listrik (Km/Kwh)
1.	7,1	20M 39,4 S	8800	111
2.	7,1	20M 39,4 S	8800	109,29
3.	7,1	20M 39,4 S	8800	111,7
4.	7,1	20M 39,4 S	8800	112,2

Tabel 4.2 Pengujian *In Wheel*

PENGUJIAN KE-	Kecepatan (v) (m/s)	Waktu Total (t)	Jarak (s) (m)	Konsumsi Listrik (Km/Kwh)
1.	7,1	20M 39,4 S	8800	111,8
2.	7,1	20M 39,4 S	8800	110
3.	7,1	20M 39,4 S	8800	112,1
4.	7,1	20M 39,4 S	8800	110,5



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian mobil hemat energi *urban* dengan konsep hasil transmisi dan sistem penggerak *In wheel*, Dalam pengujian ini, mobil dengan konsep hasil transmisi mencapai hasil skor antara 109,29 km/kWh hingga 112 km/kWh, sedangkan mobil dengan sistem penggerak *In wheel* mencapai hasil antara 110 km/kWh hingga 112,1 km/kWh. Dalam hal ini, sistem transmisi melebihi dibanding *In wheel* ini disebabkan karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi.

Selain itu, perlu diperhatikan bahwa pengujian ini dilakukan dalam konteks *Shell Eco-marathon* dengan waktu total pengujian selama 20 menit 39,4 detik. Faktor kontur jalan yang tidak stabil di Universitas Jember juga mempengaruhi hasil transmisi yang kurang maksimal. Meskipun demikian, sistem transmisi masih mampu memberikan performa yang lebih baik dalam mencapai jarak tempuh yang lebih efisien dibandingkan dengan penggerak *in wheel*.

Penyimpangan hasil pengujian antara sistem transmisi dan penggerak *in wheel* juga dapat disebabkan oleh faktor-faktor lain, seperti perbedaan efisiensi komponen, penggunaan energi secara keseluruhan, atau desain sistem yang berbeda antara keduanya. serta dengan mempertimbangkan faktor eksternal seperti *track* pengujian yang mempengaruhi hasil transmisi, dapat disimpulkan bahwa sistem transmisi lebih baik dibandingkan dengan penggerak *in wheel*.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem transmisi lebih baik daripada penggerak *in wheel* dalam mencapai jarak tempuh yang lebih efisien pada mobil hemat energi urban. Namun, perlu dilakukan penelitian dan pengujian lebih lanjut untuk memvalidasi dan memperkuat kesimpulan ini.

4.4 Analisis Unjuk Kerja Motor BLDC

Dalam analisis transmisi motor BLDC dengan kemampuan torsi hingga 40 Nm dan kebutuhan torsi mobil urban konsep sebesar 35,84 Nm, kita menggunakan rasio motor 24:22 untuk menggambarkan perbandingan antara torsi motor dan torsi yang dibutuhkan oleh roda. Rasio transmisi mengacu pada perbandingan antara torsi yang dihasilkan oleh motor dan torsi yang dibutuhkan oleh roda. Dalam hal ini, rasio transmisi 24:22 berarti setiap putaran motor menghasilkan torsi yang 24/22 kali lebih besar daripada torsi yang dibutuhkan oleh roda.

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa motor BLDC dengan kemampuan torsi hingga 40 Nm dapat memenuhi kebutuhan torsi sebesar 35,84 Nm untuk konsep mobil urban. Dalam hal ini, rasio transmisi memungkinkan motor menghasilkan torsi yang sedikit lebih besar dari torsi yang dibutuhkan oleh roda.

Dengan menggunakan transmisi yang sesuai, kita dapat memanfaatkan kemampuan torsi motor yang ada untuk menggerakkan roda dengan efisien dan memenuhi kebutuhan torsi yang diperlukan oleh kendaraan. Ini adalah aspek penting dalam perancangan transmisi yang memastikan kendaraan dapat beroperasi dengan baik dalam kondisi urban dan memenuhi kebutuhan daya dan performa yang diinginkan.

4.5 Analisis terhadap regulasi jarak dan waktu perlombaan

Dalam analisis transmisi motor BLDC dengan kemampuan torsi hingga 40 Nm dan kebutuhan torsi mobil urban konsep sebesar 35,84 Nm, dengan rasio motor 24:22, evaluasi terhadap pengaruhnya terhadap regulasi jarak dan waktu dalam kompetisi Shell Eco-Marathon, khususnya untuk kasus menempuh jarak 8800 meter dalam waktu 20 menit 39,4 detik.

Dalam penelitian ini, dengan menggunakan transmisi motor dengan rasio 24:22, yang berarti setiap putaran motor menghasilkan torsi yang 24/22 kali lebih besar daripada torsi yang dibutuhkan oleh roda, ada potensi untuk meningkatkan akselerasi dan kecepatan kendaraan. Dengan menggunakan transmisi yang sesuai, yang memungkinkan motor menghasilkan torsi yang lebih besar daripada torsi yang dibutuhkan oleh roda, kendaraan dapat mencapai kecepatan yang lebih tinggi dalam waktu yang ditentukan. Kecepatan yang lebih tinggi dapat memungkinkan kendaraan menempuh jarak 8800 meter dalam waktu yang lebih singkat.

Dalam kesimpulannya, dengan menggunakan transmisi motor BLDC dengan kemampuan torsi hingga 40 Nm dan kebutuhan torsi mobil urban konsep sebesar 35,84 Nm, dengan rasio motor 24:22, kendaraan memiliki potensi untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi dan menempuh jarak 8800 meter dalam waktu yang lebih singkat dalam regulasi Shell Eco-Marathon.

4.6 Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Sistem Transmisi Rantai

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem transmisi mobil *urban* TITEN EV2 dapat menjelaskan bagaimana setiap faktor dapat mempengaruhi performa kendaraan secara keseluruhan. Berikut adalah narasi untuk setiap faktor:

1. *Assembly* Komponen yang belum sempurna

Ketidakpresisian Pada Rantai dan *Sprocket*, Gesekan dan Kekenduran Pada *Sprocket* dan Rantai. Hal ini menyebabkan kekurangan optimal kerja pada sistem Transmisi itu sendiri, sehingga terjadi energi mekanik yang terbuang percuma.

2. Motor *Hub drive* dan *mid drive*:

Pilihan antara motor *Hub drive* dan *mid drive* memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja sistem transmisi mobil TITEN EV2. Motor *Hub drive*, yang terletak di dalam roda. Motor *Hub drive* mungkin memiliki batasan dalam distribusi berat yang kurang merata, karena motor hanya terpasang disalah satu roda belakang dan *idle throttle* yang lebih rendah. Di sisi lain, motor *mid drive* terletak di dekat pusat kendaraan, yang memungkinkan kontrol yang lebih baik atas *idle throttle* yang lebih efisien. Dalam penelitian motor *Hub drive* dipaksa menjadi *mid drive*, hal ini dapat mempengaruhi kinerja sistem transmisi mobil TITEN EV2. Konversi dari motor *Hub drive* menjadi *mid drive* melibatkan perubahan konfigurasi dan penyesuaian dalam proses *assembly* di mobil TITEN EV2

3. Kondisi *controller*:

Kondisi *controller* adalah faktor penting dalam kinerja sistem transmisi mobil TITEN EV2. *Controller* berperan dalam mengatur pengiriman daya dari baterai ke motor, dan mengelola responsivitas kendaraan. Kondisi yang tidak sesuai *controller* pada karakteristik transmisi menambah kurang optimalnya kerja transmisi itu sendiri, seperti ketidakmampuan untuk mengatur daya pada *timing* tepat, dapat mempengaruhi kinerja transmisi secara signifikan. Hal ini berpengaruh terhadap arus yang tidak stabil mempengaruhi kinerja sistem transmisi mobil TITEN EV2. Arus yang tidak stabil dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam daya yang disalurkan ke motor. Hal ini dapat mengurangi efisiensi dan mengganggu responsivitas kendaraan. Ketidakstabilan arus ini berkaitan dengan poin 1 karena disebabkan fluktuatif dari kontur jalan yang tidak rata.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian yang berjudul “Analisis Transmisi Rantai Pada Mobil Listrik TITEN Urban EV 2” didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Analisis Transmisi motor BLDC dengan kemampuan torsi hingga 40 Nm dan kebutuhan torsi mobil urban konsep sebesar 35,84 Nm, dengan rasio motor 24:22, mobil dapat mencapai kecepatan yang dibutuhkan
2. Pengaruh sistem penggerak menunjukkan mobil dengan transmisi rantai mampu mencapai hasil terbaiknya 112,2 km/kWh pada *track* Universitas Jember, sedangkan mobil dengan sistem penggerak in wheel mencapai capaian terbaiknya 112,1 km/kWh pada *track* Universitas Jember. Sistem transmisi rantai secara langsung belum menunjukkan perbedaan yang signifikan.
3. Dalam analisis regulasi perlombaan, transmisi rantai, mobil dapat mencapai kecepatan yang dibutuhkan bahkan masih sangat memungkinkan untuk kecepatan lebih tinggi dan menempuh jarak 8800 meter dalam waktu yang lebih singkat dalam regulasi Shell Eco-Marathon.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya diantaranya sebagai berikut:

1. Pemilihan motor agar diuji yang lebih baik performanya, baik dari arus berlanjutnya, torsi yang dihasilkan, hingga putaran puncak yang dihasilkan.
2. Penggunaan *part-part* komponen yang digunakan agar lebih baik lagi dari kepresisiannya maupun keandalannya
3. Penggunaan *throttle by controller* berbasis Electronic Controller Unit (ECU) dapat mengurangi faktor *human error* dari *driver* dan meningkatkan efisiensi sistem *throttle*

DAFTAR PUSTAKA

- Baroq Arkham, M., Elektro., Teknik, F., & Jember U. (2022). *Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Motor Brushless DC Dengan Menggunakan Dynamometer Generator*.
- Des Ramadhana, D., Elektro., Teknik, F., & Jember U. (2022). *Rancang Bangun Dynamometer Sebagai Alat Ukur Efisiensi Daya dan Karakteristik Kinerja Pada Motor Brushless DC*.
- EV Team, TITEN. (2022). *Laporan Desain Kendaraan Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2022 TITEN EV 2*
- Farshal, M. F., Nugroho, S., & Umardani, Y. (2022). Analisis kegagalan sprocket pada transmisi mobil Antawirya. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 17(2). <https://doi.org/10.36289/jtmi.v17i2.377>
- Ihsanuddin, M., Mesin, J. T., Teknik, F., & Jember, U. (2022). *Evaluasi Body Urban Concept Titen Ev-2 Dengan Melakukan Pengujian Pada Low Speed Wind*.
- Luthfianto, A. (2017). *Transmisi Rantai Mobil Nogogeni Transmission System. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*.
- PUSPRESNAS. (2022). *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi (Kmhe) 2022*. https://kmhe.kemdikbud.go.id/storage/unduh/pedoman-pelaksanaan-kmhe-2022_paa8gnvywxysxsmj.pdf
- Saputra, L. (2020). Perancangan Konstruksi Sistem Penggerak Mobil Hemat Energi “Haizum” <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Sularso, Ir, MSME dan Suga Kiyokatsu, 1997, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan. Shell-eco-marathon-2023-world-championship-series-rules-chapter-iii.pdf*.

Wahyudi, N., & Puspitasari, I. (2017). Modifikasi Transmisi dan Final Gear pada Mobil Prototype “Ronggo Jumeno.” *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 2(2). <https://doi.org/10.32486/jeecae.v2i2.148>



Lampiran 1. Arus 1 Lap

Tabel Arus Dalam 1 Lap

Result

	Voltage	Current
1	50.61	2.23
2	48.83	7.08
3	49.27	5.63
4	50.77	0.77
5	50.87	0.67
6	49.01	6.05
7	49.22	5.15
8	48.80	6.27
9	48.44	7.24
10	49.67	3.78
11	48.96	5.80
12	48.73	6.46
13	48.61	6.66
14	49.12	4.99
15	50.58	0.72
16	50.64	0.76
17	50.32	1.76
18	48.58	6.52
19	48.43	6.95
20	48.66	6.18
21	50.55	0.58
22	50.59	0.70
23	49.90	2.74
24	48.70	6.09
25	48.29	7.12
26	48.27	7.08
27	47.97	7.92
28	48.39	6.53

29	48.13	6.92
30	48.88	4.56

