

TUGAS AKHIR - TM 141585

**DESAIN DAN ANALISA SISTEM TENAGA DAN
TRANSMISI PADA MOBIL ANGKUTAN MULTIGUNA
PEDESAAN BERTENAGA LISTRIK**

DIKA BAYU PRASETYO
NRP 2113 100 087

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

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TM 141585

**DESAIN DAN ANALISA SISTEM TENAGA DAN
TRANSMISI PADA MOBIL ANGKUTAN MULTIGUNA
PEDESAAN BERTENAGA LISTRIK**

**DIKA BAYU PRASETYO
NRP 2113 100 087**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TM 141585

DESIGN AND ANALYSIS OF MULTIPURPOSE RURAL ELECTRIC CAR TRANSPORT POWER AND TRANSMISSION SYSTEM

**DIKA BAYU PRASETYO
NRP 2113 100 087**

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

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

**DESAIN DAN ANALISA SISTEM TENAGA DAN
TRANSMISI PADA MOBIL ANGKUTAN MULTIGUNA
PEDESAAN BERTENAGA LISTRIK**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

DIKA BAYU PRASETYO

NRP. 2113 100 087

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc PhD (Pembimbing)
NIP. 195106051978031002
2. Dr. Agus Sigit Pramono, DEA (Penguji I)
NIP. 196508101991021001
3. Dr.Eng. Unggul Wasiwitono, ST, M.Eng. (Penguji II)
NIP. 197805102001121001
4. Ir. Julendra B. Ariatedja, MT.. (Penguji III)
NIP. 196807061999031004

SURABAYA

JULI, 2017

DESAIN DAN ANALISA SISTEM TENAGA DAN TRANSMISI PADA MOBIL ANGKUTAN MULTIGUNA PEDESAAN BERTENAGA LISTRIK

Nama Mahasiswa : Dika Bayu Prasetyo
NRP : 2113100087
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D,

ABSTRAK

Mobil multiguna pedesaan merupakan mobil yang ditujukan untuk dapat membantu kegiatan perekonomian di daerah pedesaan, misalnya mengangkut hasil pertanian, perkebunan, mengangkut orang dan masih banyak lagi. Mobil ini dilengkapi dengan box belakang yang dapat diganti-ganti untuk mendukung fungsi dari masing-masing kebutuhan masyarakat pedesaan. Desain awal dari mobil ini adalah menggunakan bahan bakar bensin, tetapi dengan adanya krisis energi pada zaman sekarang maka perlu adanya inovasi terhadap mobil multiguna pedesaan. Salah satu bentuk inovasi yang diberikan adalah dengan adanya mobil multiguna pedesaan bertenaga listrik. Kendaraan listrik mempunyai prospek kedepan yang baik, melihat kondisi bahan bakar fosil yang semakin menipis maka kendaraan listrik dapat menjadi alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Dalam kendaraan listrik konsep awalnya adalah sama seperti kendaraan biasa, hal yang membedakan adalah sumber tenaga dari kendaraan biasa berasal dari mesin sedangkan kendaraan listrik berasal dari motor.

Pada tugas akhir ini terdapat 2 tahapan, yaitu tahap perhitungan dan tahap analisa terhadap sistem transmisi dari mobil multiguna pedesaan bertenaga listrik. Untuk tahap perhitungan yang pertama adalah menghitung besar dari gaya hambat yang terjadi pada kendaraan diantaranya drag force, rolling resistance serta gaya hambat tanjakan, selanjutnya

menghitung spesifikasi dari motor dan baterai yang digunakan kendaraan serta yang terakhir adalah menghitung rasio transmisi yang digunakan. Selanjutnya adalah tahap analisa akan dilakukan analisa terhadap karakteristik traksi serta karakteristik power yang terjadi dari rancangan rasio transmisi tersebut.

Dari penelitian ini diperoleh spesifikasi motor yang sesuai adalah YASA Motor P400series 25kw dan baterai LiFePO4 115Ah. Setelah dilakukan perhitungan maka pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik menggunakan 2 tingkat transmisi dengan rasio tingkat pertama 1,87 dan tingkat kedua 0,84. Dari rasio transmisi tersebut karakteristik traksi yang dihasilkan adalah dengan transmisi pertama kendaraan dapat melaju sampai 11 km/jam pada sudut tanjakan 30 derajat dengan gaya traksi sebesar 9775,97N, serta kecepatan maksimum dari transmisi pertama adalah 60 km/jam pada jalan mendatar dengan gaya traksi 1503,99N. Sedangkan untuk transmisi kedua dapat mencapai 100 km/jam pada jalan mendatar dengan gaya traksi 908,2N. Untuk karakteristik power yang dihasilkan kendaraan adalah berbanding lurus dengan kecepatan yang dihasilkan, apabila kecepatan maksimal maka power yang digunakan adalah power maksimal dari motor listrik.

Kata kunci : gaya hambat, motor listrik, transmisi, traksi

DESIGN AND ANALYSIS OF MULTIPURPOSE RURAL ELECTRIC CAR TRANSPORT POWER AND TRANSMISSION SYSTEM

Student Name : Dika Bayu Prasetyo
NRP : 2113100087
Major : Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc.,
Ph.D

ABSTRACT

The function of rural multipurpose car is to assist economic activities in rural areas, such as transporting agricultural produce, plantations, transporting people etc. This car completed by rear box that can be changed to support the function, so this car will be correct for Indonesia because it have many rural. Already rural multipurpose car designed with gasoline but now is the energy crisis so we need to innovate about it. One of innovations is rural multipurpose electric car. Electric car is the best solution of the energy crisis. The concept of electric car is the same of the ordinary car, the different of it is the source of power.

In this research there are 2 processes, that are calculation processes and analysis proceses of transmission system's rural multipurpose electric car. For the calculation proceses is calculate to drag force such as drag force aerodinamica, rolling resistance, climbing drag and the then author can calculate spesifications of motor and battery, the last author calculate ratio of transmission of rural multipurpose electric car. Fot the next stage is to analysis of traction and power of ratio transmission of this car.

From the research, author can determind the best of motor can use of this car is YASA Motor P400series 25kw and the battery is LiFePO4 115Ah. After calculation process, the rural multipurpose electric car use two stage transmission with the first ratio is 1,87 and the second ratio is 0,84. The traction of first transmission of the car can be move 11 km/hr on 30 degree angle

with traction force 9775,97N and the maximum velocity is 60 km/hr on the flat road with traction force 1503,99N. For the second transmission can be move up to 100 km/hr on flat road with traction force 908,2N. The characteristic power of rural multipurpose electric car is same with velocity that used, if we use maximum velocity so the power that transfered of motor is maximum.

Keywords: drag force, electric motor, transmission, traction

KATA PERNGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan penuh syukur penulis mengucapkan “Alhamdulillah” atas segala kenikmatan yang telah diberikah Allah swt sehingga tugas akhir dengan judul “Desain dan Analisa Sistem Tenaga dan Transmisi pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik” dapat selesai sesuai dengan harapan penulis. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Sulardi dan Ibu Parwanti serta Adik Dian Fitri Nurrohman dan seluruh keluarga besar di rumah yang selalu memberikan dukungan, doa dan segalanya kepada saya.
2. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra MSc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Eng,Sc., Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT. selaku dosen wali saya yang selalu mau mendengarkan curhatan saya dan terimakasih atas saran-saran yang telah diberikan kepada saya.
5. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Mesin yang telah ramah kepada saya selama menempuh pendidikan di kampus yang tercinta.
6. Keluarga besar M56 selaku angkatan saya yang paling saya banggakan.
7. Keluarga BEGALS yang merupakan teman senasib didalam Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin ITS antara lain Devi, Iqbal, Daus, Kabul, Toni, Manda, Wicak, Bobi,

Akbar, Ubed, Anggi, Keputih, Marom, Rujak, Khaqqul, Haqqur, Annas, Tapir, Alham, Angga, Adul, Abner, Brokir, Uwik, Intan, Uyab kalian istimewa.

8. Kakak-kakak dan adik-adik saya dikampus yang saya cintai terimakasih atas segala ilmu dan kenangannya. Khususnya mas Yudha terimakasih pengalaman yang tidak akan pernah saya lupakan, Puja yang baik hati soal uang, Nico yang galak, Buceng yang jenaka.
9. Keluarga kecil lantai 3 Laboratorium Desain Otomotif diantaranya Kimin, Gatel, Bobi, Mul, Abel dan masih banyak lagi.
10. Yang tersayang Yuli Lantini, terimakasih telah menemani saya berkuliah, teman berbagi setiap hari, salah satu orang yang terpenting dalam hidup saya.

Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini dapat berguna untuk semuanya. Saya meminta maaf apabila dalam tugas akhir ini masih ditemui banyak kesalahan. Kritik dan saran yang membangun penulis harapkan agar dapat memperbaiki diri kembali.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	i
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Kendaraan Listrik	6
2.3 Karakteristik Motor Listrik dan Mesin Bensin	7
2.4 Baterai Kendaraan	10
2.5 Dinamika Kendaraan	11
2.5.1 Gaya Hambat Kendaraan	11
2.6 Kebutuhan Tenaga dan Torsi Motor Listrik	14
2.7 Sistem Transmisi Kendaraan	15
2.8 Karakteristik Traksi Kendaraan	17
2.9 Karakteristik Power Kendaraan	19
BAB III	22
METODOLOGI	22
3.1 Flowchart Penelitian	22
3.2 Flowchart Perhitungan	24
3.2.1 Flowchart perhitungan gaya hambat pada kendaraan	24

3.2.2	Flowchart perhitungan motor dan baterai kendaraan	26
3.2.3	Flowchart perhitungan rasio dan tingkat transmisi kendaraan.....	29
3.2.4	Flowchart perhitungan karakteristik power kendaraan	31
BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA.....		35
4.1	Data dan Spesifikasi Kendaraan	35
4.2	Perhitungan Kebutuhan Gaya Dorong Kendaraan	36
4.2.1	Perhitungan Gaya Hambat Udara (R_a)	36
4.2.2	Perhitungan Gaya Hambat <i>Rolling</i> (R_r).....	37
4.1.3	Perhitungan Gaya Hambat Tanjakan ..	38
4.1.4	Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan untuk Jalan	39
4.2	Motor Listrik dan Baterai	40
4.2.1	Pemilihan Motor Listrik	40
4.2.2	Perhitungan Baterai	43
4.3	Perhitungan Rasio Transmisi	44
4.4	Karakteristik Traksi Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik	46
4.5	Karakteristik Power Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik	50
4.6	Perbandingan Hasil Karakteristik Traksi	52
BAB V		57
KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik traksi berdasarkan variasi sudut tanjakan ^[5]	4
Gambar 2. 2 Karakteristik traksi berdasarkan kondisi jalan ^[5]	4
Gambar 2. 3 Kendaraan Listrik Motor Tak Langsung ^[6]	5
Gambar 2. 4 Karakteristik Motor Listrik ^[6]	6
Gambar 2. 5 Karakteristik Kinerja Mesin Bensin ^[7]	6
Gambar 2. 6 Dinamika Kendaraan saat Menanjak	8
Gambar 2. 7 Grafik Pengaruh Tekanan Ban terhadap f_o dan f_s ^[7]	9
Gambar 2. 8 Gaya-Gaya Kendaraan saat Menanjak	10
Gambar 2. 9 Skema Aliran Energi Kendaraan Listrik Motor Tak Langsung ^[6]	12
Gambar 2. 10 Karakteristik Traksi Kendaraan Listrik ^[6]	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	15
Gambar 3. 2 Konsep Rancangan Kendaraan	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Gaya Hambat	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Motor	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Baterai	19
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Rasio Transmisi	21
Gambar 3. 7 Diagram Alir Karakteristik Power Kendaraan	22
Gambar 4. 1 Mobil Multiguna Pedesaan	24
Gambar 4. 2 Gaya Hambat Angin Kendaraan	25
Gambar 4. 3 Grafik gaya hambat rolling	25
Gambar 4. 4 Grafik gaya hambat tanjakan	26
Gambar 4. 5 Grafik gaya hambat total	26
Gambar 4. 6 Daya Jalan Kendaraan	27
Gambar 4. 7 Spesifikasi Motor YASA P400 Series	28
Gambar 4. 8 Grafik Power dan Torsi Motor	28
Gambar 4. 9 Power dan Torsi Motor YASA P400 Series	29
Gambar 4. 10 Baterai LiFePO ₄ 12V 100Ah	30
Gambar 4. 11 Karakteristik Traksi 1 tingkat transmisi	33
Gambar 4. 12 Karakteristik Traksi 2 tingkat transmisi	33

Gambar 4. 13 Karakteristik Power 1 Tingkat Transmisi	34
Gambar 4. 14 Karakteristik Power 2 Tingkat Transmisi	35
Gambar 4. 15 Karakteristik Traksi Kendaraan Bertenaga Bensin.....	36
Gambar 4. 16 Karakteristik Traksi Kendaraan Bertenaga Hybrid.....	36
Gambar 4. 17 Karakteristik Traksi kendaraan Bertenaga Listrik	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai koefisien hambatan rolling pada berbagai jenis kendaraan dan jalan	9
Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Kendaraan	24
Tabel 4. 2 Data Spesifikasi Baterai	30

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan penulis menulis mengenai latar belakang dari penyusunan tugas akhir ini, selanjutnya adalah mengenai rumusan masalah yang akan dicari dalam penelitian ini. Sehingga nantinya akan didapat tujuan serta manfaat dari penelitian ini. Dan yang terakhir adalah mengenai batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir penulis, sehingga diharapkan pembaca dapat dengan mudah memahami isi dari bab pendahuluan ini.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat pada periode 5 tahun kebelakang khususnya dalam sektor mobil. Terbukti dari tahun 2011 sampai dengan 2014 produksi mobil nasional selalu menunjukkan kenaikan, berdasarkan data dari GAIKINDO (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia) tahun 2011 produksi mobil sebanyak 837.948 unit dan selalu mengalami kenaikan pada tahun 2014 sebesar 1.298.523 unit. Walaupun pada tahun 2015 dan 2016 produksi mobil nasional menurun tetapi tetap berada pada *range* 1 juta unit.^[1]

Dengan produksi kendaraan yang tinggi maka konsumsi bahan bakar juga meningkat. Berdasarkan data dari BPH MIGAS menunjukkan konsumsi bahan bakar nasional sebanding jumlah produksi mobil nasional, jadi pada tahun 2011-2014 konsumsi bahan bakar terus meningkat puncaknya tahun 2014 sebesar 46.789.625 kiloliter. Sedangkan pada tahun 2015 dan 2016 konsumsi bahan bakar menurun tetapi tetap dalam jumlah yang besar, yaitu 34.878.775 kiloliter untuk tahun 2015 dan 34.869.378 kiloliter^[2]. Melihat kenyataan diatas maka harus memfikirkan terobosan lain dalam rangka menghemat bahan bakar karena menurut bapak Djoko Sungkono berdasarkan sebuah wawancara mengatakan bahan bakar fosil akan habis dalam 30 tahun lagi.^[3]

Luas negara Indonesia adalah sebesar 1.910.931.32 km², dan dengan luas yang besar tersebut Indonesia terdiri dari banyak pedesaan, data dari Badan Pusat Statistik jumlah pedesaan di Indonesia adalah sebanyak 78.609 desa^[4]. Berdasarkan 2 kenyataan diatas dapat diketahui bahwa industri otomotif Indonesia tinggi serta jumlah pedesaan yang banyak maka sudah sewajarnya perekonomian dipedesaan pasti bergantung kepada kendaraan bermotor, contoh dari kegiatan perekonomian tersebut adalah mengangkut hasil perkebunan, mengangkut hasil peternakan, mengangkut hasil sawah dan bahkan untuk moda transportasi umum.

Dalam tugas akhir ini penulis merancang kendaraan berbasis tenaga listrik. Alasan mengapa mengembangkan kendaraan bertenaga listrik adalah sesuai dengan kondisi saat ini yaitu jumlah bahan bakar fosil yang ada sudah menipis serta alasan lain adalah menjaga kondisi lingkungan, dimana efek dari kendaraan berbahan bakar fosil menghasilkan emisi pembuangan yang mencemari lingkungan sehingga perlu dikurangi. Namun permasalahan dari kendaraan bertenaga listrik adalah menentukan besarnya daya motor yang digunakan agar menghasilkan tenaga yang setara dengan kendaraan bertenaga bahan bakar fosil.

Dalam perancangan kendaraan ini diperlukan perhitungan yang tepat untuk mendapatkan jenis motor yang sesuai dengan daya yang dibutuhkan. Melihat fungsi dari kendaraan ini adalah untuk mengangkut barang maupun penumpang serta jalan di pedesaan yang naik turun, maka daya yang dibutuhkan pada kendaraan ini besar. Daya yang dibutuhkan kendaraan ini dihasilkan oleh motor listrik, kemudian daya tersebut disalurkan melalui transmisi, yaitu sistem yang berfungsi menyalurkan tenaga dari sumber penggerak sampai ke bagian roda, selain itu sistem transmisi juga memiliki fungsi untuk mengkonversi torsi dan putaran dari mesin menjadi gaya dorong dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir.

Jadi pada tugas akhir kali ini akan dilakukan perhitungan untuk menentukan jenis motor yang sesuai, lalu menganalisa transmisi dan traksi dari kendaraan yang dirancang. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat transmisi yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja dari sistem transmisi serta memaksimalkan kinerja kendaraan berdasarkan kecepatan maksimal dari kendaraan yang dipengaruhi oleh kondisi jalan agar mendapat karakteristik dari kendaraan yang paling baik. Yang terakhir adalah menganalisa karakteristik power pada masing-masing tingkat transmisi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana gaya hambat kendaraan yang timbul terhadap kondisi jalan datar dan jalan tanjakan?
2. Bagaimana cara menentukan jenis motor yang tepat untuk Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan ?
3. Bagaimana menentukan rasio dan tingkat transmisi dari kendaraan supaya didapat kinerja yang terbaik?
4. Bagaimana karakteristik traksi dan karakteristik power dari transmisi dan laju kendaraan?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mencari gaya hambat kendaraan terhadap kondisi jalan datar dan jalan tanjakan.
2. Menentukan jenis motor yang tepat untuk Mobil Multiguna Pedesaan.
3. Mencari rasio dan tingkat transmisi dari kendaraan yang tepat.
4. Mengetahui karakteristik traksi dan karakteristik power dari transmisi dan laju kendaraan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak.
2. Dimensi kendaraan yang digunakan menggunakan referensi Mobil Multiguna Pedesaan yang sudah ada.
3. Massa kendaraan yang digunakan adalah massa saat kendaraan kosong dan berisi beban maksimum.
4. Sudut tanjakan maksimum 30 derajat.
5. Ban yang digunakan adalah ban tipe radial dengan ukuran 13 inch.
6. Gaya hambat yang diperhitungkan adalah gaya hambat *aerodinamis* kendaraan, gaya hambat *rolling* kendaraan, gaya hambat tanjakan serta gaya hambat total pada kondisi jalan beton, aspal dan pasir.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun tugas akhir ini memiliki manfaat antara lain:

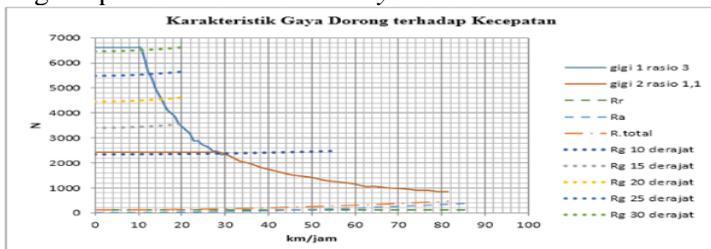
1. Memberi inovasi terhadap Mobil Multiguna Pedesaan yang sudah ada dengan adanya Mobil Multiguna Pedesaan bertenaga listrik yang nantinya mempunyai fungsi sama seperti generasi sebelumnya yaitu untuk mengangkut hasil pertanian, perkebunan maupun peternakan serta untuk pengangkutan massal yang ramah lingkungan.
2. Mengetahui nilai gaya dorong pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan bertenaga listrik.
3. Mengetahui batas sudut tanjakan yang bisa dilalui oleh Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan bertenaga listrik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

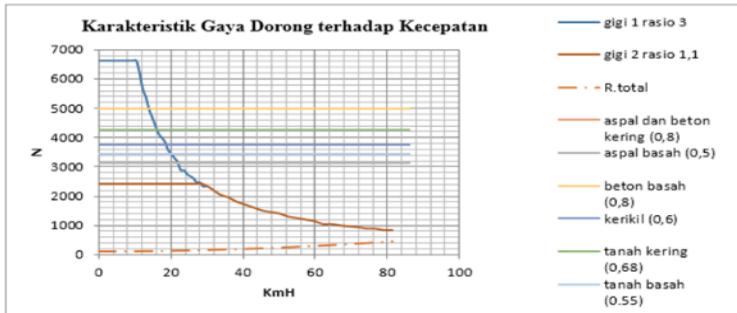
Pada bab 2 ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir. Dimulai dengan penelitian terdahulu yang mendukung dalam tugas akhir ini, selanjutnya adalah mengenai teori-teori yang digunakan dalam perhitungan tugas akhir. Dimulai dari perbandingan karakteristik dari motor listrik dan mesin bensin, lalu mengenai perhitungan gaya hambat terhadap kinerja kendaraan dan berikutnya mengenai perhitungan kebutuhan motor dan baterai dari kendaraan. Dan yang terakhir adalah teori dalam penentuan rasio dan tingkat transmisi dari system transmisi mobil angkutan multiguna pedesaan bertenaga listrik. Dan setelah teori perhitungan adalah mengenai teori dari analisa karakteristik traksi dan karakteristik power dari rancangan rasio transmisi. Berikut adalah penjelasan selengkapnya,

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan untuk mengerjakan Tugas Akhir adalah dari saudara Indira Riska Saraswati dengan judul “Analisa Rancangan Rasio Transmisi dan Kinerja Traksi pada Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan”. Dalam penelitian tersebut penulis merancang rasio transmisi sehingga didapat karakteristik gaya traksi yang tepat pada kendaraan produksi multiguna pedesaan berdasarkan *hybrid* sistem.



Gambar 2. 1 Karakteristik traksi berdasarkan variasi sudut tanjakan^[5]



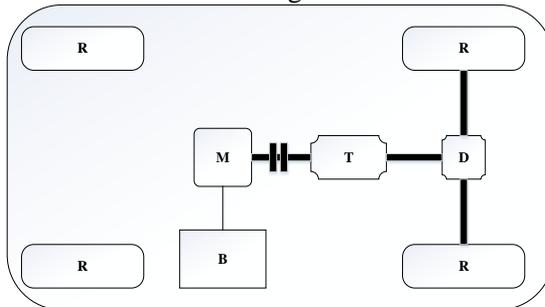
Gambar 2. 2 Karakteristik traksi berdasarkan kondisi jalan^[5]

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penulis merancang 2 tingkat transmisi pada kendaraan produksi multiguna pedesaan. Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa nilai kecepatan pada tingkat transmisi satu adalah 0 km/jam sampai 31,59 km/jam, sedangkan untuk transmisi kedua menghasilkan kecepatan 0 km/jam sampai dengan 86 km/jam. Pada kedua gambar dijelaskan karakteristik traksi berdasarkan sudut tanjakan jalan, kondisi jalan.

2.2 Kendaraan Listrik

Kendaraan listrik dibagi menjadi 2 model yaitu kendaraan listrik menggunakan motor tak langsung yaitu hanya memakai satu motor dan yang kedua adalah kendaraan listrik dengan motor langsung yaitu menggunakan 2 atau 4 motor listrik yang langsung ditempelkan pada roda penggerak.^[6] Kendaraan listrik dengan motor tak langsung konsepnya sama dengan kendaraan menggunakan mesin biasa, jadi transmisi yang digunakan sama dengan kendaraan biasa. Motor listrik pada kendaraan ini menggantikan fungsi dari mesin pada kendaraan biasa, jadi energi kinetik dari motor listrik ditransmisikan oleh sistem penyalur daya menjadi gaya dorong pada roda penggerak. Secara keseluruhan efisiensi kendaraan listrik lebih besar dari kendaraan mesin biasa, hal ini terjadi karena efisiensi dari motor listrik cukup besar yaitu

dapat mencapai 98%,^[6] meskipun efisiensi dari system transmisi kendaraan listrik adalah sama dengan kendaraan mesin biasa.

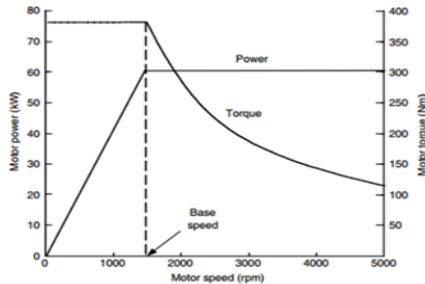


Gambar 2. 3 Kendaraan Listrik Motor Tak Langsung^[6]

Desain dari kendaraan listrik dengan baterai dan dengan motor tidak langsung terlihat seperti pada gambar 2.3. Dimana keterangan dari gambar adalah, R= roda, M= motor listrik, T= transmisi, B= battery. Kendaraan seperti diatas menggunakan satu motor listrik, dimana motor mendapat energi listrik dari accu atau baterai, lalu motor listrik menghasilkan energi kinetik yang kemudian ditransmisikan oleh sistem transmisi dan sampai ke roda belakang. Karakteristik traksi dari kendaraan listrik dengan motor tak langsung adalah sama dengan pada kendaraan dengan menggunakan mesin. Tenaga dari baterai atau accu disalurkan melalui pengendali daya ke motor listrik sesuai dengan kebutuhan. Torsi dari motor listrik dirubah menjadi gaya dorong kendaraan oleh penyalur daya melalui kopling, transmisi dan gardan. Karena sistem dari penyalur dayanya sama dengan kendaraan menggunakan mesin, maka proses transmisi dan transformasi daya dan torsi sama dengan kendaraan dengan mesin.

2.3 Karakteristik Motor Listrik dan Mesin Bensin

Motor listrik merupakan sumber tenaga dari kendaraan listrik dan memiliki karakteristik seperti pada gambar 2.4.

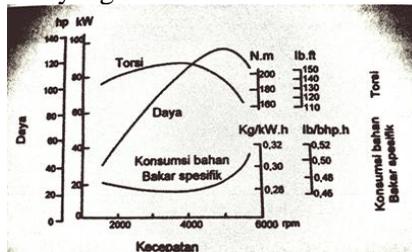


Gambar 2. 4 Karakteristik Motor Listrik^[6]

Berdasarkan karakteristik diatas dapat diketahui bahwa *power* atau tenaga dari motor listrik dibawah kecepatan dasar (base speed) akan terus bertambah secara linier sampai mencapai tenaga maksimum yang tepat berada saat berada pada kecepatan base. Dan dari kecepatan dasar sampai dengan kecepatan maksimum, tenaga yang dihasilkan motor listrik konstan sebesar tenaga maksimum yang dapat dihasilkan motor listrik. Sedangkan dari segi torsi yang dihasilkan oleh motor listrik berdasarkan karakteristik diatas dapat dijelaskan bahwa torsi akan tetap pada kecepatan dibawah kecepatan dasar, yaitu sebesar torsi maksimum yang dapat dihasilkan motor listrik. Lalu setelah melewati kecepatan dasar torsi dari motor listrik akan menurun secara hiperbolik, hal ini karena pada kecepatan rendah dibawah kecepatan dasar, tegangan listrik masuk ke motor meningkat dengan meningkatnya putaran yang diatur melalui converter elektronik, sedangkan flux dijaga konstan. Pada saat motor sudah mencapai kecepatan dasar, tegangan pada motor mencapai tegangan dari sumber pemasuk energi. Setelah melewati kecepatan dasar, tegangan pada motor dijaga tetap sedangkan kekuatan flux melemah secara hiperbolik dengan bertambahnya kecepatan.

Kurva karakteristik dari motor listrik seperti diatas ditentukan oleh besarnya kecepatan dasar (V_b) dan besarnya rasio kecepatan (x). Rasio kecepatan merupakan perbandingan antara kecepatan maksimum dan kecepatan dasar. Torsi yang dihasilkan

oleh motor listrik pada kondisi dibawah kecepatan dasar merupakan tenaga dibagi dengan kecepatan. Jadi torsi maksimum adalah tenaga maksimum yang dihasilkan dibagi dengan kecepatan dasar. Perbandingan kecepatan maksimum yang dihasilkan motor listrik dengan kecepatan dasar disebut rasio kecepatan (x). Torsi maksimum yang dihasilkan oleh motor listrik akan lebih besar dengan rasio kecepatan yang lebih besar.



Gambar 2. 5 Karakteristik Kinerja Mesin Bensin^[7]

Untuk kinerja mesin bensin didapatkan grafik karakteristik seperti pada gambar 2.5, dimana torsi yang dihasilkan oleh mesin bensin tidak seperti pada motor listrik. Yaitu torsi akan bertambah sesuai dengan penambahan kecepatan mesin sampai pada torsi maksimum, selanjutnya setelah mencapai torsi maksimum dari mesin maka grafik torsi akan turun sampai dengan putaran maksimum mesin. Sedangkan untuk power atau tenaga yang dihasilkan mesin bensin hampir sama seperti power yang dihasilkan oleh motor listrik. Dimana dari kecepatan awal daya yang dihasilkan akan linier bertambah sesuai dengan penambahan putaran mesin, akan tetapi yang membedakan dengan motor listrik adalah grafik power yang dihasilkan mesin bensin akan mencapai power maksimum pada putaran tertentu dan apabila telah melewati putaran tersebut maka power yang dihasilkan akan turun berbeda dengan motor listrik yang relative konstan.

Jadi untuk kebutuhan mobil multiguna pedesaan akan tepat menggunakan motor listrik karena jenis kendaraan ini membutuhkan torsi yang besar untuk melalui medan jalan yang

naik turun. Sedangkan untuk kecepatan yang diinginkan tidaklah terlalu besar mengingat kondisi di pedesaan yang tidak tepat untuk kendaraan dengan kecepatan tinggi.

2.4 Baterai Kendaraan

Battery dalam kendaraan listrik berfungsi sebagai penyimpan energi dan sebagai sumber energi listrik. Ada dua jenis battery yang biasa digunakan dalam kendaraan listrik yaitu battery Nickel Metal Hydride (HiMH) dan Litium-Ion (Li-ion)^[6]. Untuk pemilihan jenis baterai yang digunakan oleh kendaraan multiguna pedesaan dapat menggunakan langkah-langkah sebagai berikut,

1. Langkah pertama adalah menentukan durasi tempuh dari kendaraan, dimana durasi tempuh ini merupakan berapa besar jarak yang dapat ditempuh kendaraan tiap kwh. Dalam penelitian ini digunakan patokan durasi tempuh dari Mobil Ezzy ITS yaitu 6.3 km/kwh.
2. Langkah kedua adalah menentukan besar kwh yang diperlukan baterai untuk memenuhi kebutuhan kendaraan. Menurut riset yang telah dilakukan power minimum yang diperlukan baterai adalah setengah dari power motor listrik.
3. Langkah ketiga adalah menentukan besar voltase pada baterai. Terlebih dahulu telah diketahui besar dari voltase motor, jadi besar voltase motor dan baterai adalah sama.
4. Langkah keempat adalah menghitung jelajah yang dapat ditempuh oleh kendaraan berdasarkan langkah pertama dan kedua, apabila s =jelajah kendaraan (km), t = durasi tempuh kendaraan (km/kwh), p = power baterai (kwh) maka

$$s = t \times p \quad (2.1)$$
5. Langkah kelima adalah menghitung besar dari ampere baterai yang dibutuhkan. Berdasarkan langkah diatas maka telah mendapatkan power serta voltase dari

baterai yang diinginkan, maka selanjutnya ampere baterai yang tepat adalah sebagai berikut

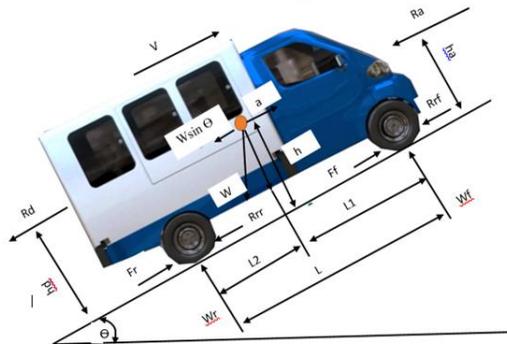
$$Ah = \frac{P}{v} \quad (2.2)$$

6. Langkah keenam adalah menghitung jumlah baterai yang diperlukan berdasarkan ketersediaan baterai dipasaran.
7. Langkah ketujuh adalah mendapatkan spesifikasi dari baterai yang diperlukan kendaraan.

2.5 Dinamika Kendaraan

2.5.1 Gaya Hambat Kendaraan

Dibawah ini merupakan gaya-gaya yang terjadi apabila sebuah kendaraan melaju pada suatu jalan yang memiliki sudut tanjakan tertentu,



Gambar 2. 6 Dinamika Kendaraan saat Menanjak

Dari gambar diatas didapatkan untuk melawan gaya-gaya yang terjadi dibutuhkan yang namanya gaya dorong atau F_t . Dimana gaya dorong kendaraan berasal dari tenaga mesin. Gaya dorong sendiri memiliki tujuan untuk dapat memenuhi *driver demand*, pada gambar diatas F_t (gaya dorong) dibagi menjadi dua yaitu F_f (gaya dorong pada roda depan) dan F_r (gaya dorong pada roda belakang). Sedangkan gaya dorong pada kendaraan yang sedang berjalan akan menerima beberapa hambatan, diantaranya

drag force, *rolling resistance* serta gaya hambat kendaraan akibat sudut menanjak.

2.5.1.1 Gaya Hambat Aerodinamika (*Drag Force*)

Jenis gaya hambat yang pertama adalah gaya hambat yang terjadi karena hambatan udara atau disebut *drag force*. *Drag force* merupakan gaya yang menghambat gaya dorong kendaraan karena arah dari *drag force* berlawanan dengan arah laju kendaraan. Terdapat beberapa jenis dari gaya hambat angin (*drag force*) yaitu hambatan bentuk, hambatan pusaran/turbulensi, hambatan tonjolan dan hambatan aliran dalam. Tetapi pada kenyataannya hanya hambatan bentuk dan hambatan pusaran saja yang paling besar pengaruhnya terhadap gaya hambat angin secara keseluruhan. Gaya hambat angin (*drag force*) dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2 \quad (2.3)$$

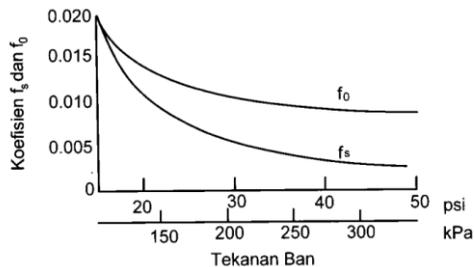
dimana, R_a = hambatan aerodinamika dalam N, ρ = massa jenis udara dalam kg.m^3 , C_d = koefisien drag, A_f = luas frontal kendaraan dalam m^2 , V_a = kecepatan relative angin terhadap kendaraan dalam m/s

2.5.1.2 Gaya Hambat Rolling (*Rolling Resistance*)

Gaya hambat yang selanjutnya adalah *rolling resistance*, *rolling resistance* merupakan gaya hambat yang terjadi karena adanya gesekan antara ban dengan jalan. Untuk mencari besarnya gaya hambat rolling yang timbul sebelumnya kita harus menentukan besarnya koefisien hambatan *rolling* (f_r) terlebih dahulu. Besarnya f_r dapat dicari menggunakan persamaan hasil eksperimen J.J Taborek berikut^[8],

$$f_r = f_o + f_s \left(\frac{V}{100} \right)^{2,5} \quad (2.4)$$

dimana, f_r = koefisien hambatan *rolling*, f_o dan f_s = koefisien yang tergantung pada tekanan ban didapat dari gambar 2.7, V = kecepatan kendaraan dalam km/jam



Gambar 2. 7 Grafik Pengaruh Tekanan Ban terhadap f_0 dan f_s ^[7]

Tabel 2. 1 Nilai koefisien hambatan rolling pada berbagai jenis kendaraan dan jalan

Jenis Kendaraan	Permukaan Jalan		
	Beton	Aspal	Pasir
Kendaraan Penumpang	0.015	0.08	0.3
Truk	0.012	0.06	0.25
Traktor	0.02	0.04	0.2

Dan setelah mendapatkan nilai koefisien hambatan rolling (f_r), sehingga dengan menggunakan rumus dibawah ini maka didapat nilai dari gaya hambatan *rolling*,

$$R_r = f_r \times W \quad (2.5)$$

dimana, R_r = gaya hambatan *rolling* dalam N, f_r = koefisien hambatan *rolling*, W = berat kendaraan dalam N

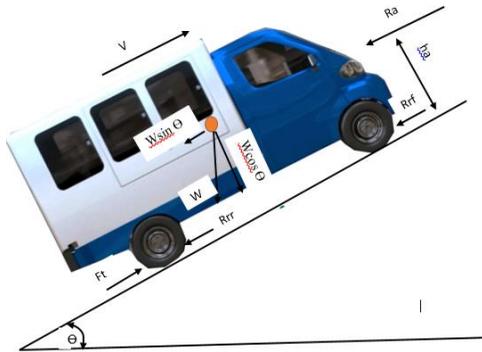
2.5.1.3 Gaya Hambat Tanjakan

Gaya hambatan yang terakhir adalah gaya hambatan yang terjadi karena adanya sudut tanjakan pada jalan. Dengan adanya gaya hambatan tanjakan maka beban kendaraan akan bertambah akibat pengaruh gaya gravitasi bumi. Besar gaya hambatan akibat sudut tanjakan dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$R_g = W \sin \theta \quad (2.6)$$

dimana, R_g = gaya hambatan tanjakan dalam N, W = berat kendaraan dalam N, θ = sudut tanjakan

Setelah mengetahui penjelasan dari masing-masing gaya hambat yang mempengaruhi kendaraan, maka dapat dirumuskan gaya hambat total yang terjadi pada kendaraan sebagai berikut,

$$F_r = F_d + R_r + R_g \quad (2.7)$$


Gambar 2. 8 Gaya-Gaya Kendaraan saat Menanjak

Berdasarkan gambar diatas, besarnya gaya *rolling resistance* juga akan terpengaruhi oleh besarnya sudut tanjakan. Hal ini terjadi karena perbedaan gaya normal pada kendaraan yang besarnya lebih kecil dibandingkan saat berjalan mendatar. Besarnya gaya normal kendaraan sama dengan berat kendaraan dikalikan \cos sudut tanjakan. Sehingga gaya hambat total kendaraan saat kondisi jalan menanjak berubah menjadi,

$$F_r = F_d + R_r + R_g \quad (2.8)$$

$$F_r = \left(\frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2 \right) + (f_r \times W \cos \theta) + W \sin \theta \quad (2.9)$$

2.6 Kebutuhan Tenaga dan Torsi Motor Listrik

Kebutuhan tenaga dalam kendaraan listrik dipenuhi oleh beberapa komponen diantara lain baterai atau accu, motor listrik dan *drive train*. Dimana masing-masing komponen mempunyai fungsi sebagai berikut, baterai bertujuan untuk menyimpan tenaga, motor listrik merupakan tenaga penggerak sedangkan *drive train* adalah sistem yang mentransformasi dan mentransmisikan tenaga kinetik dari motor listrik menjadi gaya dorong pada roda

penggerak. Dalam menentukan kebutuhan tenaga atau daya dari motor yang digunakan untuk kendaraan ini maka terlebih dahulu harus ditentukan besar sudut tanjakan maksimum dan kecepatan yang diinginkan saat kendaraan melalui jalan dengan sudut tanjakan maksimum, sehingga didapat gaya hambat kendaraan sesuai dengan persamaan 2.9 sebagai berikut,

$$Fr = \left(\frac{1}{2} \times \rho \times Cd \times Af \times Va^2 \right) + (fr \times W \cos \theta) + W \sin \theta$$

Setelah mengetahui gaya hambat pada kendaraan maka selanjutnya adalah menghitung besar torsi yang dibutuhkan oleh kendaraan berdasarkan variasi kecepatan dan sudut tanjakan maksimum kendaraan dengan rumus sebagai berikut,

$$Tp = Fr \times R \quad (2.10)$$

dimana R merupakan jari-jari roda penggerak pada kendaraan.

Setelah mengetahui torsi yang dibutuhkan kendaraan maka selanjutnya adalah mencari besar daya yang dibutuhkan kendaraan berdasarkan kecepatan yang diinginkan saat melalui jalan dengan sudut tanjakan maksimum, seperti pada persamaan dibawah ini

$$P = Fr \times V_k \quad (2.11)$$

Jadi daya untuk kendaraan (P) dan torsi pada roda penggerak (Tp) adalah tenaga dan torsi yang berasal dari motor lalu ditransmisikan oleh *drive train*, maka untuk menentukan besarnya tenaga (Pm) dan torsi (Tm) dari motor listrik yang dibutuhkan dapat dihitung apabila diketahui efisiensi *drive train* adalah (Edt), rasio transmisi (It), rasio garden (Ig) maka,

$$P_m = \frac{P}{Edt} \quad (2.12)$$

2.7 Sistem Transmisi Kendaraan

Sistem transmisi adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengkonversikan torsi dan kecepatan dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda dan selanjutnya diteruskan ke penggerak akhir. Dalam suatu kendaraan sistem transmisi adalah bagian dari sistem pemindah tenaga.

Sedangkan sistem pemindah tenaga dalam suatu kendaraan terdiri dari kopling, transmisi dan penggerak akhir. Dengan adanya sistem transmisi maka putaran mesin dengan putaran poros yang dihubungkan dengan penggerak akhir dapat dikontrol. Fungsi dari kontrol sendiri supaya tenaga yang dihasilkan oleh mesin sesuai dengan kebutuhan kendaraan. Sedangkan penggerak akhir atau final drive mempunyai fungsi untuk meneruskan tenaga yang dihasilkan mesin ke roda penggerak.

Dalam sistem transmisi menentukan besar dari rasio transmisi perlu diperhatikan beberapa hal antara lain kemampuan output gaya traksi kendaraan dan yang kedua adalah menentukan ukuran dari komponen transmisi supaya dimensi dari transmisi terlihat ideal dengan kendaraan. Maka yang pertama harus diperhitungkan adalah rasio transmisi pada tingkat gigi pertama. Hal ini karena pada tingkat pertama dibutuhkan torsi maksimum supaya kendaraan bergerak, serta dengan diperhitungkannya torsi maksimum dapat diketahui seberapa besar sudut tanjakan jalan yang dapat dicapai dengan menggunakan rasio transmisi pertama. Dibawah ini merupakan rumus untuk menentukan besar rasio transmisi pertama,

$$i_1 = \frac{F_{txr}}{T_m \times i_d \times \eta_t} = \frac{(W \sin \theta_{max} + f_r \cdot W + R_a)r}{T_m \times i_d \times \eta_t} \quad (2.14)$$

dimana, F_t = gaya torsi kendaraan, W = berat kendaraan, T_m = torsi mesin, η_t = efisiensi dari transmisi, r = jari-jari roda, f_r = koefisien rolling ban, I_d = perbandingan gigi diferensial, R_a = hambatan angin. Pada perumusan di atas gaya hambat drag dapat diabaikan ketika kendaraan menanjak pada sudut tersebut, karena kecepatan kendaraan saat menanjak umumnya terjadi pada kecepatan rendah.

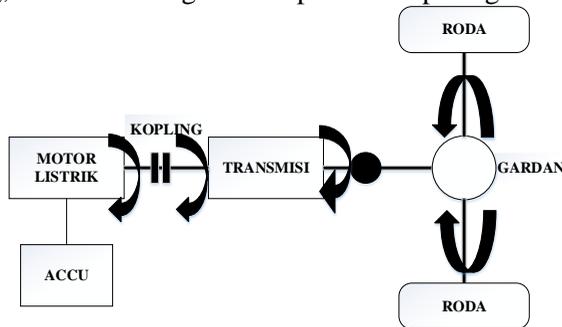
Setelah menentukan rasio transmisi tingkat pertama, selanjutnya menentukan besar dari rasio transmisi terakhir pada kendaraan berdasarkan kecepatan maksimum yang ditentukan. Saat ingin mencapai kecepatan maksimum yang ditentukan maka

motor harus dapat mencukupi daya untuk mengatasi gaya hambat yang ada seperti *rolling resistance* dan gaya hambat *aerodinamis* yang terjadi pada kendaraan. Berdasarkan hal tersebut perumusan rasio transmisi pada tingkat gigi akhir adalah seperti dibawah ini,

$$i_m = \frac{F_t \times r}{T \times i_d \times \eta_t} = \frac{(f_r \cdot W + \frac{1}{2} \rho \cdot C_d A_f v_m) r}{T \times i_d \times \eta_t} \quad (2.15)$$

2.8 Karakteristik Traksi Kendaraan

Skema aliran energi dari kendaraan listrik dengan motor tak langsung, transmisi dan gardan dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Skema Aliran Energi Kendaraan Listrik Motor Tak Langsung^[6]

Berdasar gambar diatas, dapat diketahui bahwa motor listrik adalah pengganti mesin pada kendaraan biasa yang berfungsi sebagai sumber tenaga, battery adalah sebagai tangki bahan bakar yang berfungsi sebagai penyiman energi. *Drive train* pada kendaraan listrik indentik dengan kendaraan dengan mesin, yaitu terdiri dari transmisi dan gardan. Maka berdasar persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa karakteristik *drive train* kendaraan listrik sama dengan kendaraan mesin biasa. Lalu apabila notasi dari komponen diatas adalah sebagai berikut, rasio transmisi (I_t), rasio gardan (I_g), dan putaran motor (N_m) maka torsi poros (T_p) dan putaran poros (N_p) dapat dihitung sebagai berikut,

$$T_p = I_t \times I_g \times T_m \times Edt \quad (2.16)$$

Dimana, Edt = efisiensi dari kendaraan listrik

$$N_p = \frac{N_m}{I_t \times I_g} \quad (2.17)$$

Gaya dorong atau gaya traksi yang terjadi pada roda (F_t) dengan efisiensi transmisi (Edt) dapat dihitung dengan perumusan seperti dibawah ini,

$$F_t = \frac{I_t \times I_g \times T_m}{R} Edt \quad (2.18)$$

dengan ketentuan $I_t = \frac{N_e}{N_t}$, $I_g = \frac{N_t}{N_p}$.

Dalam menentukan karakteristik traksi kendaraan terlebih dahulu harus mencari kecepatan dasar untuk setiap tingkat transmisi (V_{bn}), gaya traksi untuk setiap tingkat transmisi (F_{tn}), hambatan rolling kendaraan (R_r), hambatan angin yang terjadi (R_a) dan hambatan tanjakan yang dilalui kendaraan (R_g). Setelah mengetahui data-data diatas maka karakteristik traksi kendaraan dapat diketahui dan fungsi dari karakteristik traksi kendaraan adalah sebagai penggambaran besar gaya traksi yang dapat dihasilkan kendaraan pada setiap kecepatan, serta dapat mengetahui kecepatan, percepatan dan sudut tanjakan maksimum yang dapat dilalui kendaraan.

Untuk mengetahui besar dari kecepatan dasar (V_{bn}) dan kecepatan maksimum (V_{nmax}) kendaraan dengan tingkat transmisi n (V_{bn}) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut,

$$V_{bn} = \frac{\pi \times R \times N_b}{30 \times I_{tn} \times I_g} \quad (2.19)$$

$$V_{nmax} = \frac{\pi \times R \times N_{mmax}}{30 \times I_{tn} \times I_g} \quad (2.20)$$

dimana, N_b = putaran dasar motor listrik, N_{mmax} = putaran maksimum motor listrik, I_{tn} = rasio transmisi ke "n".

Setelah mengetahui kecepatan dasar dan kecepatan maksimum pada tiap tingkat transmisi selanjutnya adalah menentukan gaya traksi maksimum dan minimum yang dapat dihasilkan pada tingkat transmisi. Gaya traksi maksimum yang dihasilkan motor terjadi ketika putaran 0 sampai pada putaran

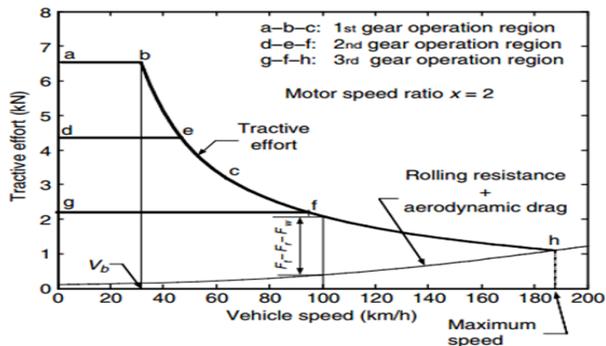
dasar, hal ini karena torsi yang terjadi adalah konstan sesuai dengan grafik sedangkan setelah kecepatan konstan maka torsi motor akan turun begitu juga dengan gaya traksi kendaraan. Konsep ini sangat sesuai dengan kebutuhan kendaraan, dimana kebutuhan traksi sangat diperlukan saat kecepatan awal, sedangkan untuk kecepatan yang terus bertambah kebutuhan traksi kendaraan akan berkurang. Dibawah ini merupakan perumusan untuk mencari besar gaya traksi maksimum dan minimum yang dapat dihasilkan pada tingkat transmisi “n”,

$$F_{t_{\max}} = \frac{I_{tn} \times I_g \times T_{m_{\max}}}{R} \text{Edt} \quad (2.21)$$

$$F_{t_{\min}} = \frac{I_{tn} \times I_g \times T_{m_{\min}}}{R} \text{Edt} \quad (2.22)$$

dimana, T_{\max} = torsi motor listrik maksimum, T_{\min} = torsi motor listrik minimum

Untuk lebih jelasnya dibawah ini merupakan gambar karakteristik traksi kendaraan listrik dengan 3 tingkat kecepatan dan dengan rasio kecepatan ($x=2$),



Gambar 2.10 Karakteristik Traksi Kendaraan Listrik^[6]

Berdasar gambar diatas, dapat diketahui bahwa kendaraan menggunakan 3 tingkat transmisi. Kecepatan maksimum yang dapat dicapai pada tingkat transmisi 1 adalah 70 km/jam, sedangkan kecepatan maksimum yang dapat dicapai pada tingkat

transmisi 2 adalah 98 km/jam. Lalu dengan transmisi ketiga kendaraan dapat mencapai 185 km/jam.

2.9 Karakteristik Power Kendaraan

Karakteristik power suatu kendaraan menunjukkan seberapa besar power yang dapat diberikan sistem transmisi untuk memenuhi kebutuhan power yang dibutuhkan akibat adanya gaya hambat. Gambar 2.5 merupakan karakteristik dari mesin bensin, jadi nanti karakteristik power yang dihasilkan oleh mesin bensin adalah beberapa grafik daya yang diterjadi oleh masing-masing tingkat transmisi sehingga dapat memenuhi grafik yang didiberikan dari daya akibat gaya hambat kendaraan. Selanjutnya berdasarkan gambar 2.4 diatas menunjukkan karakteristik kinerja dari motor listrik, dimana untuk karakteristik power yang dihasilkan oleh kendaraan listrik adalah terdiri dari grafik power atau daya dari masing-masing tingkat transmisi yang nantinya akan diplotkan dengan grafik daya yang dibutuhkan akibat terjadinya gaya hambat. Sehingga karakteristik power yang terjadi untuk mesin bensin maupun kendaraan listrik adalah hampir sama, terkecuali setelah mencapai power maksimum dari masing-masing kendaraan maka power untuk mesin bensin akan berkurang sampai kekecepatan maksimum dan untuk kendaraan listrik adalah power yang dihasilkan cenderung konstan sampai dengan kecepatan maksimum kendaraan.

Untuk menghitung power yang didapat dari masing-masing tingkat transmisi adalah dengan rumus sebagai berikut,

$$P_t = F_t \times V \quad (2.23)$$

dimana P_t : power yang diberikan oleh transmisi (KW), F_t : gaya dorong tiap transmisi (N), V : kecepatan kendaraan (m/s).

Sedangkan untuk menentukan besarnya power yang dibutuhkan oleh adanya gaya hambat dapat dilihat berdasarkan rumus,

$$P_r = F_r \times V \quad (2.24)$$

dimana P_r : power yang dibutuhkan oleh gaya hambat (KW), F_r : gaya hambat (N), V : kecepatan kendaraan (m/s).

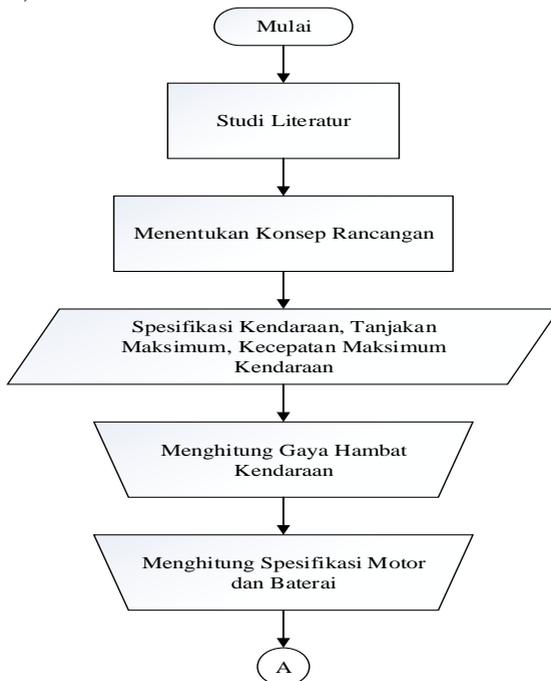
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

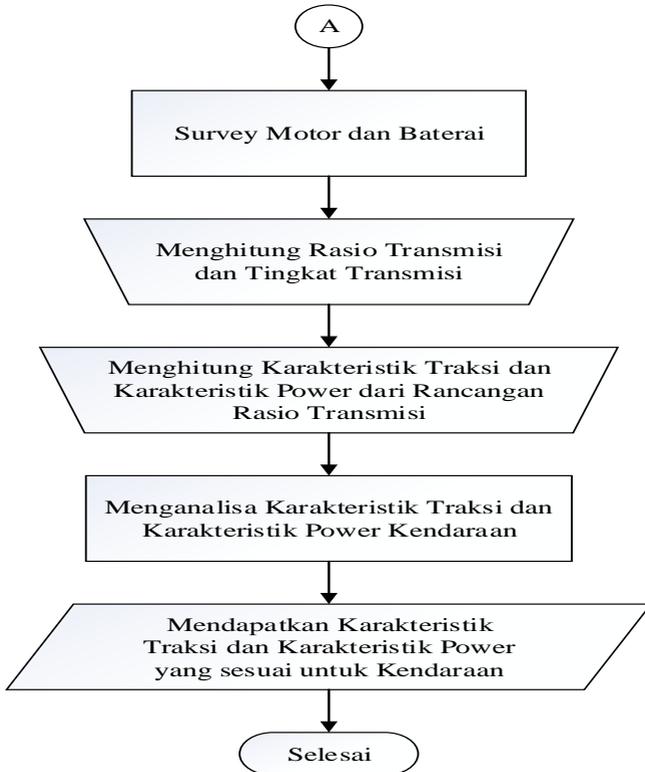
BAB III METODOLOGI

Pada bab metodologi akan dijelaskan mengenai flowchart dari penelitian yang dilakukan, dimulai dari studi literatur sampai dengan hasil yang diinginkan yaitu karakteristik traksi serta karakteristik power yang tepat untuk mobil angkutan multiguna pedesaan bertenaga listrik. Selanjutnya akan dijelaskan tahapan dari perhitungan yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini, dan yang terakhir adalah flowchart dari analisa perhitungan yang telah dilakukan.

3.1 Flowchart Penelitian

Dibawah ini merupakan langkah-langkah penelitian berdasarkan metode analitik yang disajikan dalam bentuk flowchart,





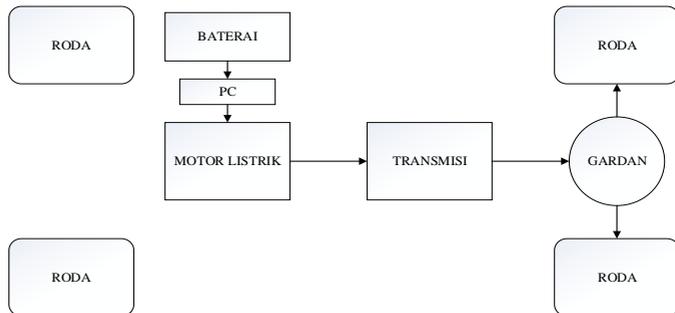
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Berdasarkan flowchart diatas maka dalam penyusunan tugas akhir ini melalui beberapa tahapan, diantaranya:

- Tahap pertama, penelitian dilakukan menggunakan metode analitik dimana langkah awal adalah melakukan studi literatur dari beberapa jurnal serta tugas akhir terdahulu sehingga didapat konsep dari mobil angkutan multiguna pedesaan bertenaga listrik.
- Tahap kedua, setelah mendapat konsep dari kendaraan maka selanjutnya melakukan perhitungan untuk kebutuhan sistem transmisi dari kendaraan. Dimulai dari perhitungan

terhadap gaya hambat, spesifikasi motor dan baterai serta rasio dan tingkat transmisi yang digunakan.

- Tahap ketiga, dalam dalam tahap ketiga dilakukan analisa terhadap hasil dari perhitungan berupa analisa terhadap rancangan rasio dan tingkat transmisi sehingga didapat karakteristik traksi dan karakteristik power yang sesuai untuk mobil angkutan multiguna pedesaan bertenaga listrik.

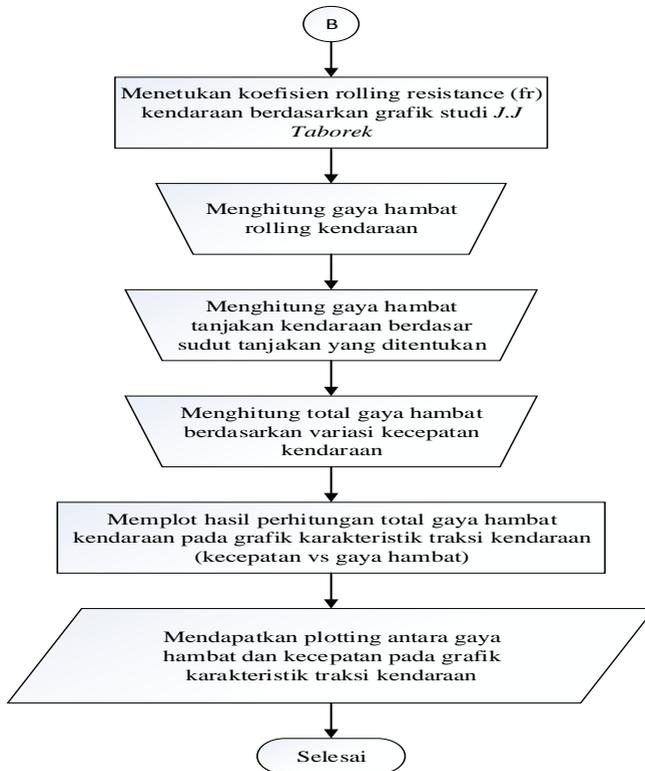


Gambar 3. 2 Konsep Rancangan Kendaraan

3.2 Flowchart Perhitungan

3.2.1 Flowchart perhitungan gaya hambat pada kendaraan





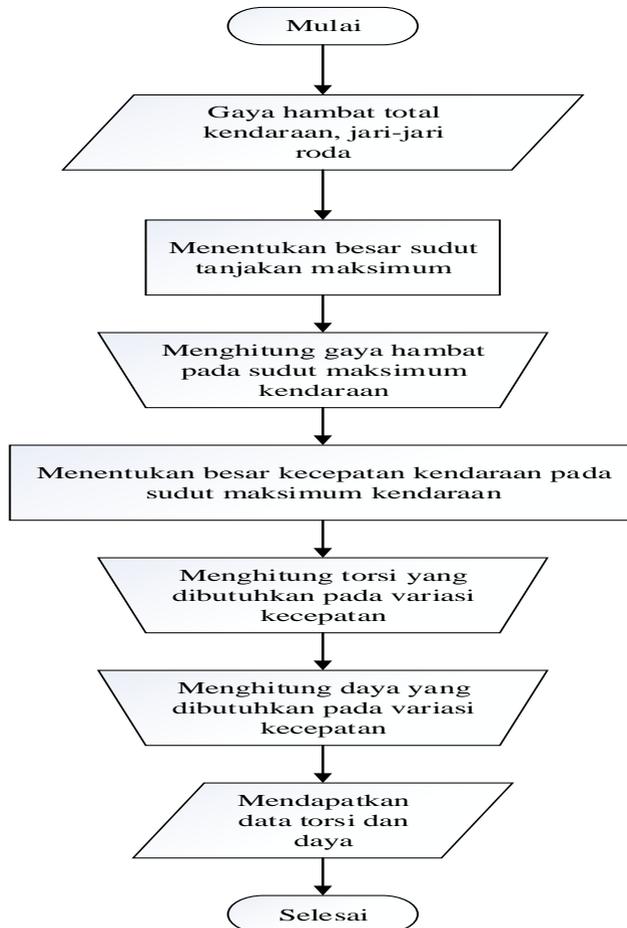
Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan Gaya Hambat

Langkah-langkah perhitungan gaya hambat kendaraan,

1. Menentukan variasi kecepatan kendaraan dan menghitung luas frontal kendaraan.
2. Menentukan koefisien drag yang sesuai berdasarkan literature.
3. Menghitung gaya hambat *aerodinamis* kendaraan berdasarkan rumus 2.3
4. Menentukan koefisien *rolling resistance* ban berdasarkan tekanan ban kendaraan berdasarkan persamaan 2.4 dan gambar no. 2.8

5. Menghitung gaya hambat rolling kendaraan berdasarkan variasi sudut yang ditentukan berdasarkan rumus 2.5
6. Menghitung gaya hambat total yang terjadi pada kendaraan berdasarkan rumus 2.6

3.2.2 Flowchart perhitungan motor dan baterai kendaraan



Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Motor

Langkah-langkah menentukan jenis motor yang dibutuhkan,

1. Mendapatkan data perhitungan gaya hambat kendaraan berdasarkan flowchart perhitungan 3.2.1 dan mengetahui jari-jari roda penggerak.
2. Menentukan besar sudut tanjakan maksimum yang mampu dilalui kendaraan.
3. Menghitung gaya hambat yang terjadi pada sudut tanjakan maksimum kendaraan.
4. Menentukan besar kecepatan kendaraan yang diharapkan pada sudut maksimum kendaraan.
5. Menghitung besar torsi yang dibutuhkan berdasarkan persamaan 2.10
6. Menghitung besar daya yang dibutuhkan berdasarkan persamaan 2.11
7. Mendapatkan data-data torsi dan daya pada tiap kecepatan.
8. Menentukan jenis motor yang digunakan berdasarkan data yang didapat.

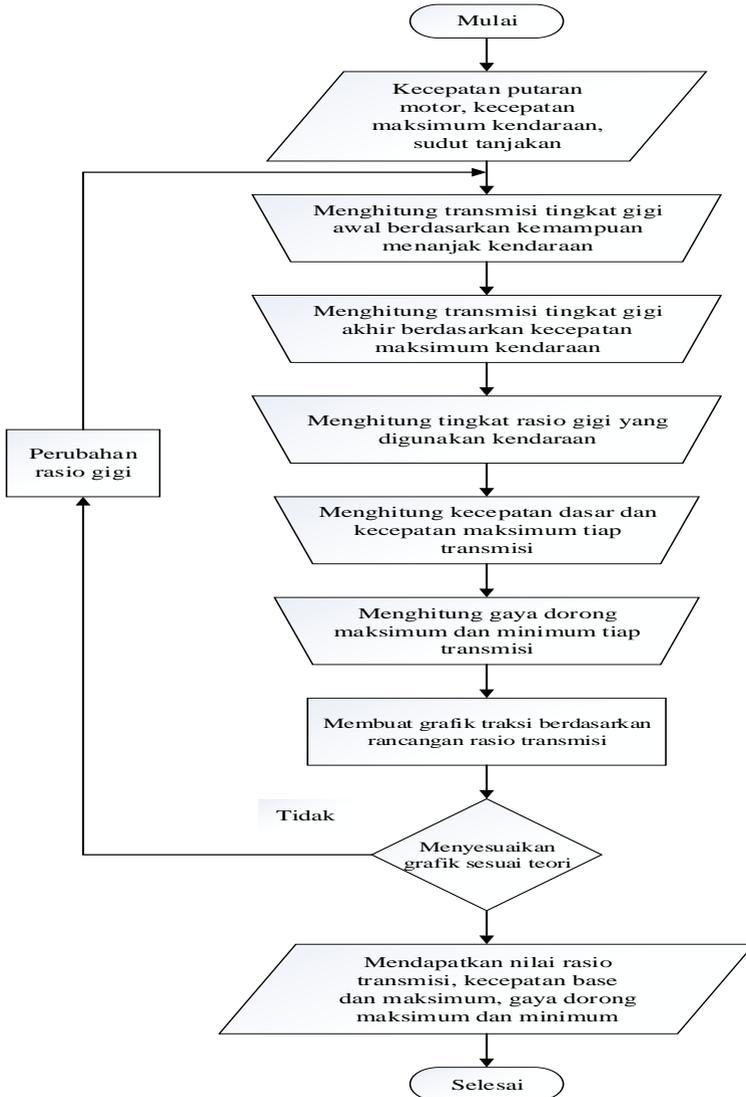


Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Baterai

Langkah-langkah dalam menentukan baterai adalah sebagai berikut,

1. Langkah pertama adalah menentukan durasi tembus dari kendaraan, dimana durasi tempuh ini merupakan berapa besar jarak yang dapat ditempuh kendaraan tiap kwh.
2. Langkah kedua adalah menentukan besar kwh yang diperlukan baterai untuk memenuhi kebutuhan kendaraan.
3. Langkah ketiga adalah menentukan besar voltase pada baterai. Terlebih dahulu telah diketahui besar dari voltase motor, jadi besar voltase motor dan baterai adalah sama.
4. Langkah keempat adalah menghitung jelajah yang dapat ditempuh oleh kendaraan berdasarkan rumus 2.1
5. Langkah kelima adalah menghitung besar dari ampere baterai yang dibutuhkan. Berdasarkan rumus 2.2
6. Langkah keenam adalah menghitung jumlah baterai yang diperlukan berdasarkan ketersediaan baterai dipasaran.
7. Langkah ketujuh adalah mendapatkan spesifikasi dari baterai yang diperlukan kendaraan.

3.2.3 Flowchart perhitungan rasio dan tingkat transmisi kendaraan

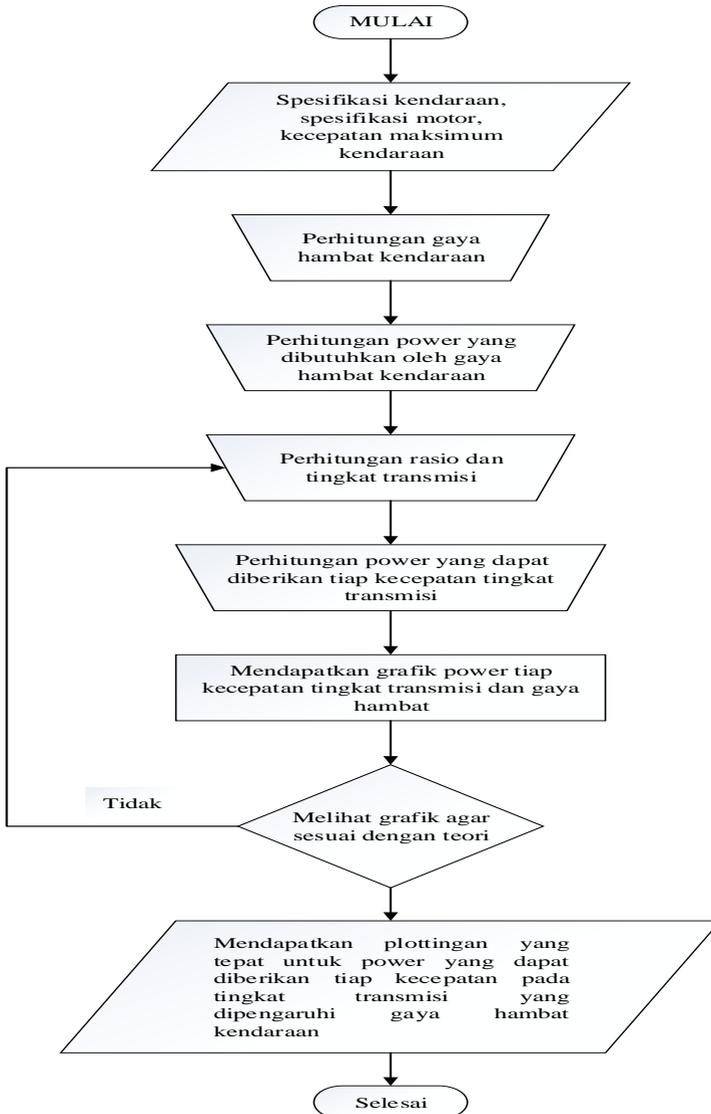


Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Rasio Transmisi

Langkah-langkah menentukan rasio transmisi kendaraan adalah sebagai berikut,

1. Langkah pertama adalah mendapatkan data kecepatan putaran motor, kecepatan maksimum dari kendaraan dan sudut tanjakan maksimum yang dapat dilalui kendaraan.
2. Langkah kedua adalah menghitung rasio transmisi awal, dimana perhitungan harus dapat melalui sudut tanjakan maksimum dari kendaraan sehingga persamaan yang dipakai adalah 2.14
3. Langkah ketiga adalah menghitung rasio transmisi akhir, dimana perhitungan harus dapat melalui kecepatan maksimum yang ditentukan sehingga persamaan yang dipakai adalah 2.15
4. Langkah keempat adalah menghitung kecepatan base dan maksimum yang dihasilkan tiap transmisi.
5. Langkah kelima adalah menghitung gaya dorong maksimum dan minimum yang dihasilkan oleh transmisi.
6. Langkah keenam adalah membuat grafik traksi dari perhitungan gaya dorong diatas.
7. Langkah ketujuh adalah menganalisa kesesuaian grafik traksi dengan teori yang ada.
8. Langkah kedelapan adalah mendapatkan nilai rasio transmisi, kecepatan base dan maksimum tiap transmisi, gaya dorong maksimum dan minimum tiap transmisi.

3.2.4 Flowchart perhitungan karakteristik power kendaraan



Gambar 3. 7 Diagram Alir Karakteristik Power Kendaraan

Langkah-langkah untuk menganalisa power pada tiap kecepatan tingkat transmisi adalah:

1. Langkah pertama adalah mendapatkan spesifikasi kendaraan, spesifikasi motor dan kecepatan maksimum dari kendaraan.
2. Langkah kedua adalah mendapatkan perhitungan gaya hambat kendaraan.
3. Langkah ketiga adalah menghitung kebutuhan power untuk gaya hambat.
4. Langkah keempat adalah merancang rasio transmisi untuk kendaraan dan mendapatkan kecepatan maksimum tiap tingkat transmisi.
5. Langkah kelima adalah menghitung kebutuhan power tiap tingkat transmisi berdasarkan kecepatan maksimum tiap tingkat transmisi.
6. Langkah keenam adalah membuat grafik karakteristik powertrain kendaraan berdasar langkah ketiga dan keempat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Dalam bab iv ini akan dijelaskan mengenai spesifikasi dari kendaraan angkutan multiguna pedesaan yang telah ada, selanjutnya akan dianalisa apabila kendaraan tersebut diganti menjadi bertenaga listrik. Analisa dimulai dari gaya hambat yang terjadi selanjutnya adalah mengenai spesifikasi dari motor dan baterai yang sesuai untuk kendaraan, dan yang terakhir adalah mengenai analisa dari system transmisi dari kendaraan angkutan multiguna pedesaan bertenaga listrik.

4.1 Data dan Spesifikasi Kendaraan

Kendaraan Multiguna Pedesaan berdasarkan gambar dibawah merupakan mobil yang digunakan sebagai acuan referensi dalam perancangan system transmisi pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik. Jadi untuk spesifikasi yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan spesifikasi dari kendaraan yang telah ada, seperti sebagai berikut



Gambar 4. 1 Mobil Multiguna Pedesaan

Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Kendaraan

Dimensi	
Jarak sumbu roda	2590 mm
Lebar	1440 mm (depan)

	1480 mm (belakang)
Tinggi	2260 mm
Ground clearance	240 mm
Berat	
Berat rolling chassis, motor dan baterai	910 kg
Berat box penumpang	500 kg
Berat beban maksimum	500 kg
Ban	
4 roda tunggal	Radial (P 165/80 R13)

4.2 Perhitungan Kebutuhan Gaya Dorong Kendaraan

Dalam menentukan gaya dorong yang diperlukan oleh kendaraan, terlebih dahulu dianalisa besar dari gaya hambat yang terjadi pada kendaraan. Gaya hambat yang dimaksud meliputi gaya hambat angin, gaya hambat rolling serta gaya hambat akibat tanjakan. Sehingga setelah mengetahui gaya hambat yang terjadi maka dapat ditentukan gaya dorong yang dibutuhkan oleh kendaraan berdasarkan sumber tenaga yang digunakan.

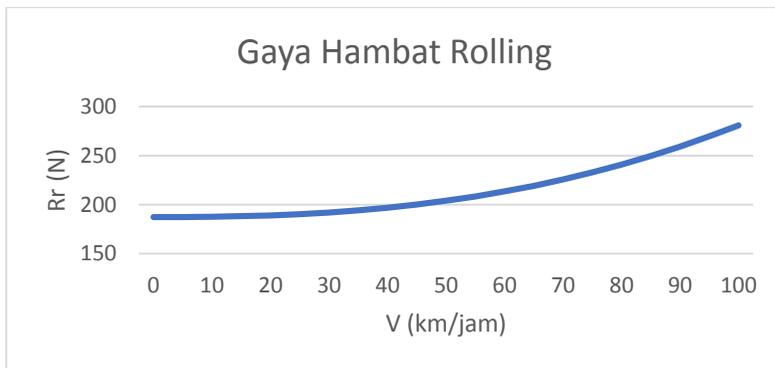
4.2.1 Perhitungan Gaya Hambat Udara (R_a)



Gambar 4. 2 Gaya Hambat Angin Kendaraan

Berdasarkan grafik pada gambar diatas dapat diketahui besar dari gaya hambat yang terjadi pada kendaraan. Dari spesifikasi kendaraan yang telah disebutkan didepan dan dengan ρ (massa jenis udara) 1.2 kg/m^3 , c_d (koefisien drag kendaraan) 0.4 , a_f (luas frontal kendaraan) 2.9088 m^2 , serta v (kecepatan) dari 0 - 100 km/jam dapat dihasilkan gaya hambat angina yang semakin besar apabila kecepatan kendaraan diperbesar. Gaya hambat angin paling kecil terjadi pada kecepatan 0 km/jam yaitu 0 N , sedangkan untuk kecepatan 10 km/jam adalah sebesar $5,38 \text{ N}$ dan yang paling besar adalah $538,6 \text{ N}$ pada kecepatan 100 km/jam .

4.2.2 Perhitungan Gaya Hambat *Rolling* (R_r)

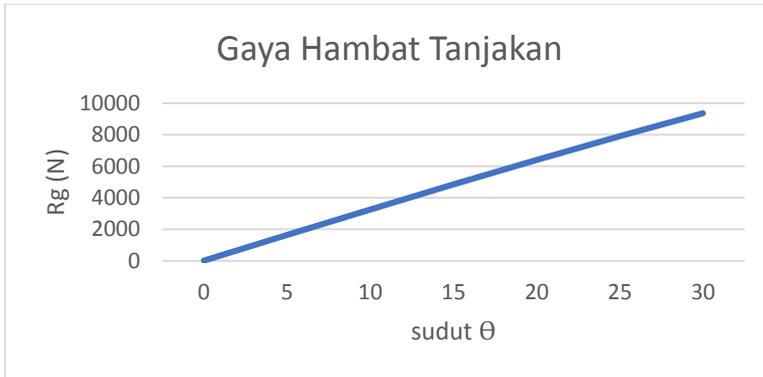


Gambar 4. 3 Grafik gaya hambat rolling

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan hasil perhitungan dari gaya hambat *rolling*. Langkah awal yang perlu dilakukan dalam menghitung gaya hambat *rolling* adalah menentukan besar koefisien *rolling*, apabila tekanan ban yang digunakan adalah 30 psi maka penulis telah menghitung besar dari koefisien *rolling* berdasarkan persamaan 2.4 dan didapatkan koefisien *rolling* akan semakin besar apabila kecepatan kendaraan diperbesar. Untuk kecepatan 0 km/jam koefisien *rolling* yang timbul adalah $0,01$ sedangkan yang terbesar adalah $0,015$ pada kecepatan 100 km/jam . Maka selanjutnya penulis dapat mengetahui besar gaya hambat *rolling* yang terjadi pada kendaraan berdasar variasi kecepatan

sesuai dengan persamaan 2.5, didapatkan hasil hambatan rolling sesuai gambar diatas yaitu 187,371N pada kecepatan 0 km/jam dan yang paling besar adalah 281,057N pada kecepatan 100 km/jam.

4.1.3 Perhitungan Gaya Hambat Tanjakan

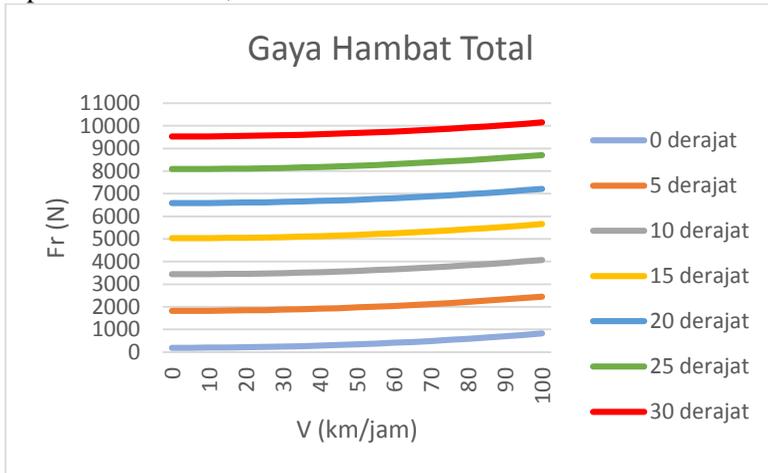


Gambar 4. 4 Grafik gaya hambat tanjakan

Gaya hambat tanjakan merupakan gaya hambat yang terjadi karena kendaraan melewati medan jalan yang memiliki sudut tanjakan tertentu, sehingga berat dari kendaraan akan bertambah karena adanya pengaruh dari gravitasi bumi. Berdasar perumusan 2.6 dapat diketahui besar dari gaya hambat tanjakan dan gambar 4.4 menunjukkan besar gaya hambat akan semakin besar dengan besar sudut tanjakan yang dilalui kendaraan, penulis memvariasikan sudut tanjakan dari 0 derajat- 30 derajat dan yang terbesar adalah 9368,55N pada sudut 30 derajat, untuk 0 derajat besar gaya hambat tanjakan adalah 0N karena kendaraan tidak mengalami pertambahan berat akibat sudut tanjakan.

Berdasarkan perumusan 2.7 didapatkan bahwa gaya hambat total kendaraan merupakan penjumlahan dari 3 gaya hambat diatas, akan tetapi pada perumusan 2.9 gaya hambat total pada kendaraan lebih dispesifikan apabila kendaraan melalui jalan yang mempunyai sudut kemiringan maka gaya hambat *rolling* akan mengalami pengaruh dari gravitasi bumi, sehingga setelah penulis

menghitung gaya hambat total pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik berdasar rumus 2.9 didapat grafik seperti dibawah ini,



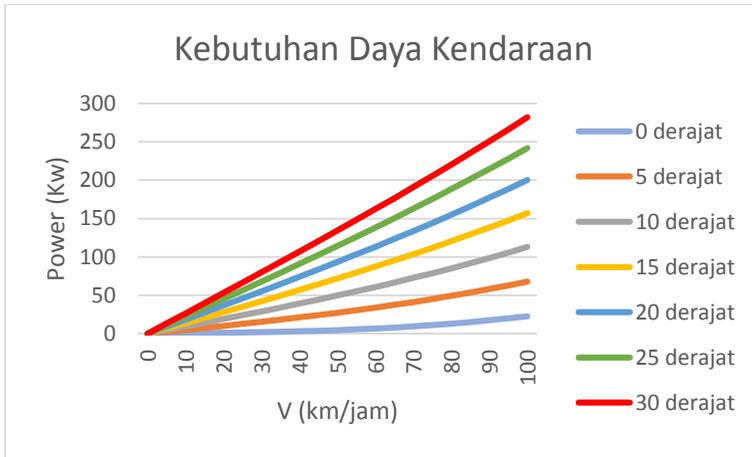
Gambar 4. 5 Grafik gaya hambat total

Terlihat berdasarkan grafik diatas bahwa semakin besar sudut tanjakan yang dilalui oleh kendaraan maka gaya hambat yang terjadi juga akan semakin besar. Begitu juga dengan kebalikannya apabila kendaraan melalui jalan mendatar maka akan mengalami gaya hambat yang paling kecil.

4.1.4 Perhitungan Kebutuhan Daya Kendaraan untuk Jalan

Suatu kendaraan untuk dapat berjalan memerlukan sumber tenaga penggerak, dimana sumber tenaga tersebut harus dapat melawan gaya hambat yang terjadi pada kendaraan. Pada perhitungan sebelumnya telah didapat besar dari gaya hambat kendaraan, baik itu gaya hambat angin, gaya hambat *rolling* atau gaya hambat karena tanjakan. Jadi langkah selanjutnya adalah menentukan besar power atau daya dari sumber penggerak yang diperlukan. Berdasarkan rumus 2.11 dapat diketahui besar daya yang diperlukan oleh kendaraan.

Berikut ini merupakan perhitungan kebutuhan daya kendaraan untuk dapat berjalan melewati gaya hambat yang terjadi,



Gambar 4. 6 Daya Jalan Kendaraan

Berdasarkan grafik pada gambar diatas, dapat dijelaskan bahwa dengan power atau daya sebesar 50 kw, kendaraan dapat melaju pada tanjakan 30 derajat dengan kecepatan kurang lebih 20 km/jam. Jadi dengan power sebesar 50 kw kendaraan dapat mencapai kecepatan lebih dari 100 km/jam pada jalan mendatar. Akan tetapi perlu diingat daya diatas merupakan daya pada roda penggerak, bukan daya yang dihasilkan pada sumber tenaga atau motor listrik. Jadi dalam menentukan spesifikasi motor yang digunakan pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik harus menggunakan power yang melebihi dari grafik diatas, karena power yang dihasilkan oleh sumber tenaga atau motor merupakan power pada grafik diatas dibagi dengan efisiensi kendaraan seperti pada rumus 2.12.

4.2 Motor Listrik dan Baterai

4.2.1 Pemilihan Motor Listrik

Setelah mengetahui gaya hambat yang terjadi serta kebutuhan daya untuk jalan kendaraan, penulis melakukan survey mengenai motor listrik yang sesuai untuk Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik. Berdasarkan beberapa jenis

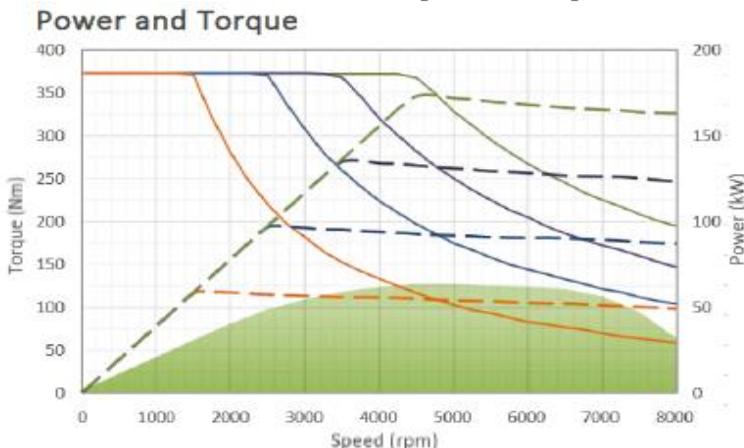
motor yang tersedia maka penulis memilih menggunakan motor Yasa P400 Series



Peak torque @450 A _{RMS} ²	390 Nm
Continuous Torque ¹	Up to 300 Nm
Peak Power @700 V _{DC} ²	160 kW
Continuous Power ¹	20 kW to 100 kW
Speed	0 – 8000 rpm
Peak Efficiency ³	96%
Dry Mass ⁴	from 24 kg

Gambar 4. 7 Spesifikasi Motor YASA P400 Series

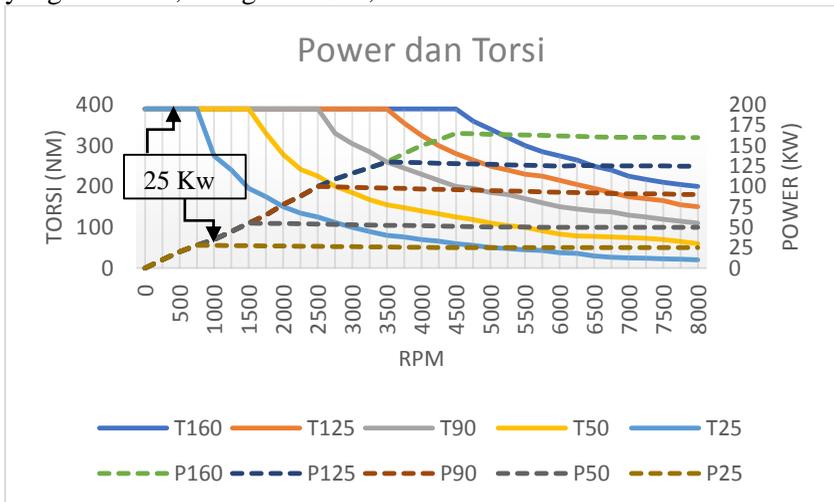
Gambar 4.7 diatas merupakan penampakan dari motor serta spesifikasi dari motor Yasa P400 Series. Berdasarkan spesifikasi diketahui motor dapat menghasilkan power sebesar 20-160 kw. Jadi setelah penulis mendapatkan spesifikasi motor yang sesuai maka penulis mencari grafik dari power beserta torsi yang dihasilkan oleh motor Yasa P400 Series. Untuk grafik power dan torsi dari motor Yasa P400 Series dapat dilihat seperti dibawah,



Gambar 4. 8 Grafik Power dan Torsi Motor

Terlihat dari gambar grafik diatas menunjukkan kemampuan dari motor listrik untuk menghasilkan power maupun torsi. Torsi maksimal yang dapat dihasilkan motor Yasa P400 Series adalah 390 Nm, sesuai dengan teori pada bab 2 menyatakan bahwa torsi pada motor listrik adalah maksimum dari putaran awal sampai putaran base lalu akan turun secara hyperbolic sampai putaran maksimal. Jadi torsi yang dihasilkan motor Yasa P400 series adalah bervariasi tergantung power dari motor, semakin lama putaran motor untuk menghasilkan torsi maksimum maka semakin besar pula power yang digunakan oleh motor. Dan untuk karakteristik power pada motor Yasa P400 series adalah terus naik seiring bertambahnya kecepatan dari motor dan akan konstan apabila mencapai kecepatan base. Semakin besar power dari motor Yasa P400 series maka kecepatan base juga semakin besar, sehingga torsi yang dihasilkan juga semakin besar.

Penulis menggunakan motor Yasa P400 series dengan power sebesar 25 kw, maka dari itu penulis memplotkan grafik dari power dan torsi motor Yasa P400 series berdasarkan contoh grafik yang telah ada, sebagai berikut,



Gambar 4. 9 Power dan Torsi Motor YASA P400 Series

Berdasarkan grafik dari gambar diatas, maka spesifikasi dari motor Yasa P400 series dengan 25 kw adalah kecepatan base 750 rpm, jadi pada 750 rpm torsi maksimum akan mengalami penurunan dan power akan konstan pada 25 kw dengan voltase sebesar 125 volt serta massa dari motor adalah 24 kg.

4.2.2 Perhitungan Baterai

Dalam menentukan kebutuhan baterai pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik, terlebih dahulu harus diketahui spesifikasi dari kendaraan serta jenis motor yang akan dipakai. Berdasarkan pembahasan sebelumnya telah didapat spesifikasi dari kendaraan serta motor yang digunakan. Maka dalam perhitungan selanjutnya adalah mengenai baterai yang tepat untuk kendaraan, baterai merupakan penyedia energi yang dibutuhkan oleh motor untuk menghasilkan tenaga. Jadi peran baterai dalam kendaraan listrik adalah menggantikan dari bensin, sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut

1. Langkah pertama penulis menentukan durasi tempuh kendaraan adalah sebesar 6,3 km/kwh. Hal tersebut karena berdasarkan mobil listrik yang telah ada khususnya Ezzy ITS mempunyai durasi tempuh demikian.
2. Langkah kedua penulis menentukan besar power dari baterai untuk dapat memenuhi kebutuhan dari motor. Berdasarkan literature kebutuhan power dari baterai dapat ditentukan dari setengah power motor, maka dari itu power baterai yang penulis gunakan adalah 12,5 kw. Jadi dengan baterai sebesar 12,5 kw dapat memenuhi motor Yasa P400 series 25 kw.
3. Langkah ketiga adalah penulis menentukan voltase dari baterai yang dibutuhkan oleh kendaraan. Voltase dari baterai harus sama dengan voltase dari motor yang digunakan, maka voltase baterai yang diperlukan adalah sebesar 125 volt.
4. Langkah keempat penulis menghitung kemampuan jelajah dari kendaraan berdasarkan rumus 2.1

$$s = 6,3 \left(\frac{\text{km}}{\text{kwh}} \right) \times 12,5(\text{kwh})$$

$$s = 78,75 \text{ km}$$

5. Langkah kelima adalah penulis menghitung ampere dari baterai yang diperlukan berdasarkan rumus 2.2

$$\text{Ah} = \frac{12,5(\text{kwh})}{125 (\text{volt})}$$

$$\text{Ah} = 100 \text{ Ah}$$

6. Langkah keenam penulis jumlah baterai yang diperlukan untuk memenuhi besar dari voltase yang dibutuhkan. Berdasarkan ketersediaan baterai dipasaran maka penulis memilih baterai dengan spesifikasi LiFePO4 12V 100 Ah, maka dari itu jumlah baterai yang dibutuhkan adalah $\frac{125 \text{ v}}{12\text{v}} = 11 \text{ pack}$.



Gambar 4. 10 Baterai LiFePO4 12V 100Ah

Gambar diatas merupakan baterai yang digunakan oleh penulis, dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 4. 2 Data Spesifikasi Baterai

Jenis	LiFePO4
Power	12,5 kw
Voltase	125 volt
Ampere	100 Ah
Jumlah	11 pack
Massa	60 kg

4.3 Perhitungan Rasio Transmisi

Transmisi merupakan komponen penggerak dalam kendaraan yang berfungsi untuk menghasilkan torsi dan kecepatan yang berbeda-beda. Rasio transmisi dibedakan berdasarkan kebutuhan kendaraan, akan tetapi pada umumnya rasio transmisi yang perlu diperhitungkan adalah mengenai rasio pada tingkat pertama yang berfungsi mengenai kemampuan kendaraan dalam menanjak, dan yang kedua adalah rasio pada tingkat akhir yang berfungsi mengenai kemampuan kendaraan untuk melaju maksimum.

Pada perhitungan rasio transmisi Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik penulis menghitung terlebih dahulu pada tingkat rasio pertama, dengan alasan bahwa kendaraan akan beroperasi pada jalan yang naik-turun. Sehingga berdasarkan rumus 2.14 dapat diketahui hasilnya sebagai berikut,

$$i_1 = \frac{F_t \times r}{T_m \times I_d \times \eta_t} = \frac{(W \sin \theta_{\max} + f_r \cdot W + R_a)r}{T_m \times I_d \times \eta_t}$$

$$i_1 = \frac{(18.737,1 \text{ N} \times \sin 30 + 0.01139 \times 18.737,1 \text{ N} + 193,92 \text{ N})0.33}{390 \text{ Nm} \times 4.9 \times 0.9}$$

$$i_1 = 1,87$$

Selanjutnya penulis menghitung rasio transmisi untuk kecepatan akhir, yaitu 100 km/jam. Rasio transmisi akhir merupakan tingkat transmisi yang digunakan kendaraan untuk dapat menghasilkan kecepatan maksimal yang diinginkan, disini penulis menetapkan Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik dapat digunakan sampai dengan kecepatan 100 km/jam. Berdasarkan rumus 2.15 pada bab 2 menjelaskan cara untuk menghitung rasio transmisi akhir, penulis telah menghitung dan hasilnya adalah sebagai berikut

$$i_2 = \frac{F_t \times r}{T \times I_d \times \eta_t} = \frac{(f_r \cdot W + \frac{1}{2} \rho \cdot C_d A_f v_m) r}{T \times i_d \times \eta_t}$$

$$i_2 = \frac{(18.737,1 \text{ N} \times 0,01139 + 0,5 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,4 \times 2,908 \text{ m}^2 \times 27,78 \text{ m/s}) 0,33}{50 \text{ Nm} \times 4,9 \times 0,9}$$

$$i_2 = 0,348$$

Dari perhitungan diatas penulis hanya menggunakan 2 tingkat transmisi dikarenakan kecepatan yang diharapkan dari kendaraan tidak terlalu tinggi maka menggunakan 2 tingkat transmisi sudah mencukupi.

4.4 Karakteristik Traksi Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik

Dalam menentukan karakteristik traksi suatu kendaraan, terlebih dahulu penulis menghitung besar dari kecepatan serta gaya dorong yang dapat dihasilkan dari rasio transmisi yang telah dihitung sebelumnya.

Untuk kecepatan yang dapat dihasilkan dari rasio transmisi dapat dihitung berdasarkan rumus 2.19 dan 2.20. Maka hasil dari perhitungan kecepatan maksimum dan minimum rasio transmisi pertama adalah

$$V_{1b} = \frac{\pi \times R \times N_b}{30 \times I_{tn} \times I_g} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{\text{km}}{\text{jam}} \right)$$

$$V_{1b} = \frac{3,14 \times 0,33 \text{ m} \times 750 \text{ rpm}}{30 \times 1,87 \times 4,9} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{\text{km}}{\text{jam}} \right)$$

$$V_{1b} = 10,14 \text{ km/jam}$$

$$V_{1\max} = \frac{\pi \times R \times N_{m\max}}{30 \times I_{tn} \times I_g} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{\text{km}}{\text{jam}} \right)$$

$$V_{1\max} = \frac{3,14 \times 0,33 \text{ m} \times 5000 \text{ rpm}}{30 \times 1,87 \times 4,9} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{\text{km}}{\text{jam}} \right)$$

$$V_{1\max} = 67,6 \text{ km/jam}$$

Lalu untuk kecepatan maksimum dan minimum rasio transmisi akhir adalah sebagai berikut,

$$V_{2b} = \frac{\pi \times R \times N_b}{30 \times I_{tn} \times I_g} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{km}{jam} \right)$$

$$V_{2b} = \frac{3,14 \times 0,33 \text{ m} \times 750 \text{ rpm}}{30 \times 0,348 \times 4,9} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{km}{jam} \right)$$

$$V_{2b} = 54,6 \text{ km/jam}$$

$$V_{2max} = \frac{\pi \times R \times N_{max}}{30 \times I_{tn} \times I_g} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{km}{jam} \right)$$

$$V_{2max} = \frac{3,14 \times 0,33 \text{ m} \times 1500 \text{ rpm}}{30 \times 0,348 \times 4,9} \times \frac{3600s}{1000m} \left(\frac{km}{jam} \right)$$

$$V_{2max} = 109,2 \text{ km/jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kecepatan dasar (V_{1b}) dari rasio transmisi pertama adalah 10,14 km/jam dan kecepatan maksimum (V_{1max}) adalah 67,6 km/jam, sedangkan untuk kecepatan dasar (V_{2b}) dari rasio transmisi akhir adalah 54,6 km/jam dan kecepatan maksimum (V_{2max}) adalah 109,2 km/jam. Dalam menghitung kecepatan tersebut penulis menggunakan spesifikasi motor dengan range putaran 0-5000 rpm. Setelah mendapat kecepatan yang dihasilkan rasio transmisi, selanjutnya penulis menghitung gaya dorong minimal serta maksimal yang dihasilkan rasio transmisi. Berdasarkan rumus 2.21 dan 2.22 maka besar gaya dorong yang dapat dihasilkan oleh rasio transmisi pertama adalah sebagai berikut,

$$F_{t1max} = \frac{I_{tn} \times I_g \times T_{mmax}}{R} Edt$$

$$F_{t1max} = \frac{1,87 \times 4,9 \times 390 \text{ Nm}}{0,33 \text{ m}} 0,9$$

$$F_{t1max} = 9775,97 \text{ N}$$

$$F_{t1min} = \frac{I_{tn} \times I_g \times T_{min}}{R} Edt$$

$$Ft_{1\min} = \frac{1,87 \times 4,9 \times 50\text{Nm}}{0,33 \text{ m}} 0,9$$

$$Ft_{1\min} = 1253,33 \text{ N}$$

Dan untuk gaya dorong yang dihasilkan oleh rasio transmisi akhir berdasarkan perhitungan adalah sebagai berikut,

$$Ft_{2\max} = \frac{I_{tn} \times I_g \times T_{m\max}}{R} \text{Edt}$$

$$Ft_{2\max} = \frac{0,348 \times 4,9 \times 390 \text{ Nm}}{0,33 \text{ m}} 0,9$$

$$Ft_{2\max} = 1816,52 \text{ N}$$

$$Ft_{2\min} = \frac{I_{tn} \times I_g \times T_{m\min}}{R} \text{Edt}$$

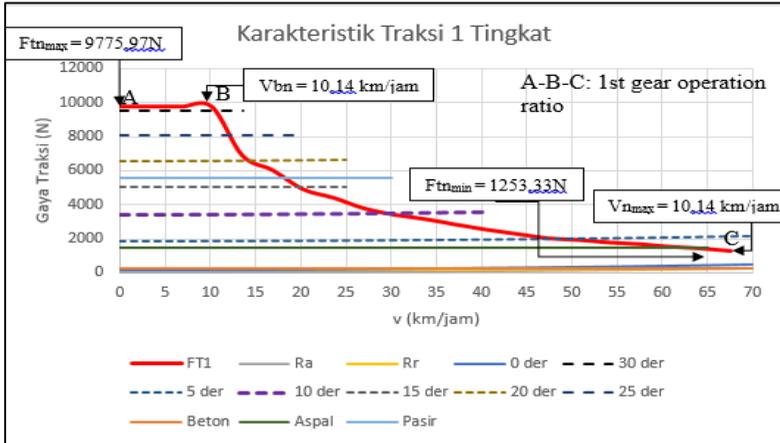
$$Ft_{2\min} = \frac{0,348 \times 4,9 \times 195 \text{ Nm}}{0,33 \text{ m}} 0,9$$

$$Ft_{2\min} = 908,26 \text{ N}$$

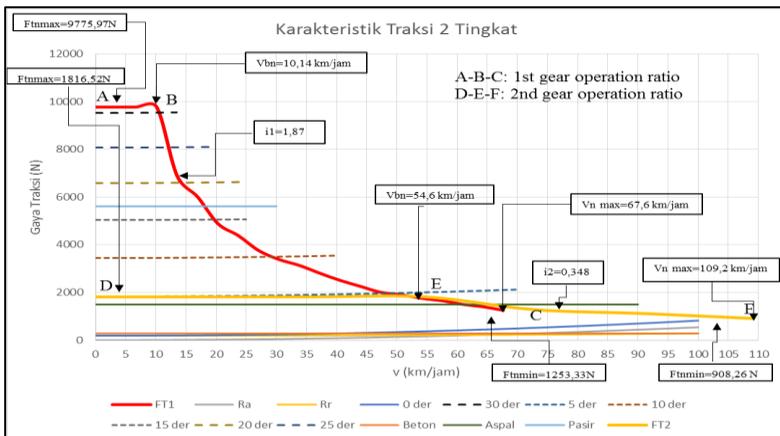
Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui pada rasio transmisi pertama besar dari gaya dorong maksimal adalah 9746,1 N dan gaya dorong minimal adalah 1499,4 N, sedangkan pada rasio tranmisi akhir besar gaya dorong maksimal adalah 1816,52 N dan gaya dorong minimal adalah 908,53 N. Terlihat berdasarkan perhitungan pada rasio transmisi pertama memiliki nilai gaya dorong yang lebih besar dari rasio transmisi terakhir, hal ini karena pada rasio transmisi pertama berfungsi untuk kendaraan pada konsisi jalan mendatar atau saat kendaraan sedang awal akan bergerak, sedangkan pada rasio akhir berfungsi saat kendaraan dipacu pada jalan yang datar untuk mendapat kecepatan maksimum.

Torsi maksimal dan torsi minimal dari motor listrik didapat sesuai dengan range putaran yang digunakan pada perhitungan sebelumnya yaitu 390 Nm pada torsi maksimal dan 60 Nm pada torsi minimal. Setelah didapat kecepatan dasar, kecepatan

maksimal, gaya dorong minimal dan gaya dorong maksimal maka grafik dari traksi Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik adalah sebagai berikut,



Gambar 4. 11 Karakteristik Traksi 1 tingkat transmisi



Gambar 4. 12 Karakteristik Traksi 2 tingkat transmisi

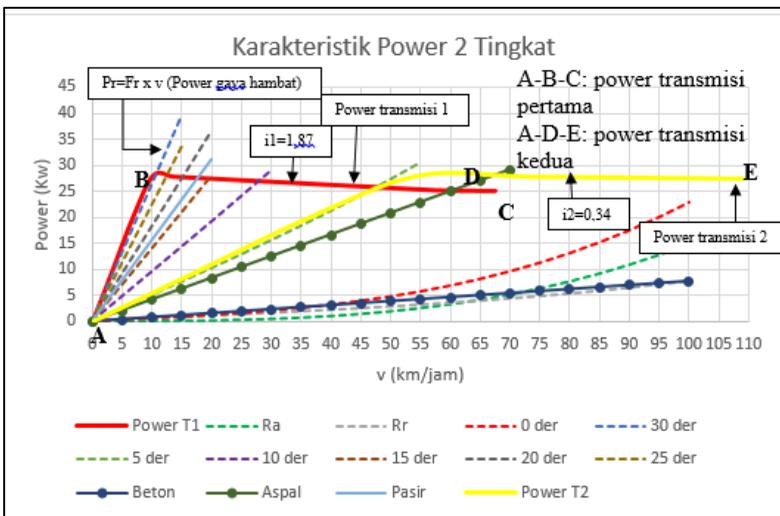
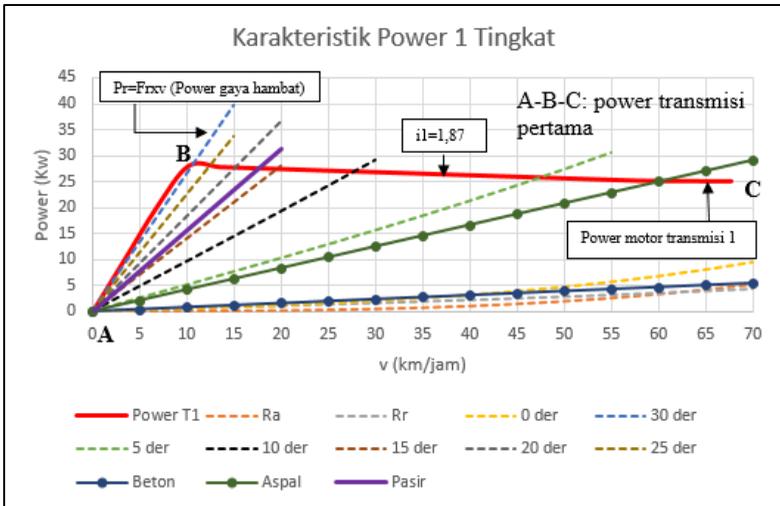
Gambar 4.11 merupakan karakteristik traksi pada 1 tingkat transmisi, dari grafik tersebut penulis mendapati bahwa kemampuan kendaraan untuk melalui medan dengan sudut

tanjakan maksimum adalah sebesar 11 km/jam, sedangkan kecepatan maksimum kendaraan pada transmisi pertama adalah sebesar 60 km/jam pada kondisi jalan mendatar dan permukaan jalan aspal. Kemampuan kendaraan berdasarkan transmisi pertama dalam melalui jalan pasir adalah sebesar 18 km/jam.

Sedangkan pada gambar 4.12 di atas merupakan karakteristik traksi kendaraan dengan menggunakan 2 tingkat transmisi, dimana pada transmisi kedua dapat melewati medan jalan dengan sudut tanjakan 5 derajat sebesar 45 km/jam, sedangkan untuk jalan aspal dengan menggunakan transmisi kedua dapat menghasilkan kecepatan maksimal sebesar 68 km/jam. Untuk kecepatan akhir yang dapat dihasilkan adalah lebih dari 100 km/jam pada kondisi jalan mendatar.

4.5 Karakteristik Power Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik

Dalam menghitung karakteristik power kendaraan, terlebih dahulu harus diketahui spesifikasi dari motor yang digunakan. Berdasarkan subbab sebelumnya telah diketahui grafik karakteristik dari motor listrik yang digunakan. Selanjutnya setelah diketahui spesifikasi motor maka menghitung kebutuhan power pada rasio transmisi yang digunakan. Berdasarkan rumus 2.23 dan 2.24 menjelaskan kebutuhan power berdasarkan gaya dorong serta gaya hambat yang terjadi pada kendaraan, setelah penulis melakukan perhitungan maka karakteristik power dari masing-masing tingkat transmisi adalah sebagai berikut,



Gambar 4.13 menunjukkan karakteristik power pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik, dimana pada

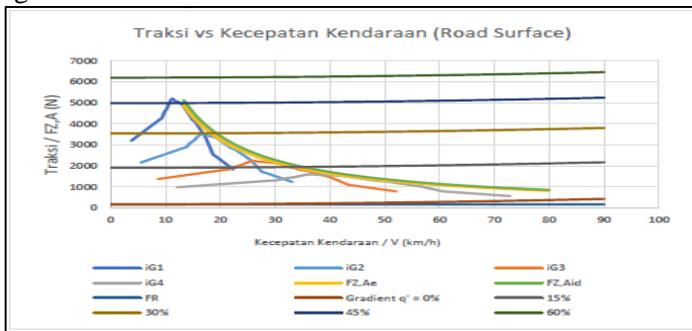
grafik tersebut terlihat konsumsi energy yang dibutuhkan oleh kendaraan akibat adanya gaya hambat dibandingkan dengan power yang dapat dihasilkan oleh motor sebagai sumber tenaga dari kendaraan. Terlihat pada grafik power maksimu dari motor digunakan seluruhnya pada sudut 30 derajat dan menghasilkan kecepatan maksimum sebesar 11 km/jam. Untuk jalanan pasir yang dilalui kendaraan kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan adalah 18 km/jam dengan power dari motor digunakan seluruhnya untuk memenuhi kebutuhan power dari gaya hambat. Kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan adalah 60 km/jam, hal ini karena pada jalan aspal power keseluruhan dari motor sama dengan power yang dibutuhkan pada gaya hambat. Power total yang digunakan pada motor adalah 25 kw.

Sedangkan pada gamabr 4.13 diatas merupakan grafik karakteristik power Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik menggunakan 2 tingkat transmisi. Terlihat berdasarkan grafik bahwa karakteristik pada transmisi pertama sama dengan gambar 4.12 sedangkan pada transmisi kedua power yang dihasilkan oleh motor dapat melalui medan jalan yang mempunyai sudut tanjakan 5 derajat, kecepatan yang dihasilkan pada kondisi tersebut adalah 45 km/jam dengan kosumsi power sebesar 23 kw. Pada jalan aspal transmisi kedua mampu menghasilkan kecepatan yang lebih besar dari transmisi pertama yaitu sebesar 68 km/jam, hal ini karena power yang dihasilkan motor sama besarnya dengan power yang dibutuhkan akibat gaya hambat. Untuk kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan oleh transmisi kedua adalah lebih dari 100 km/jam pada jalan mendatar. transmisi kedua adalah lebih dari 100 km/jam pada jalan mendatar.

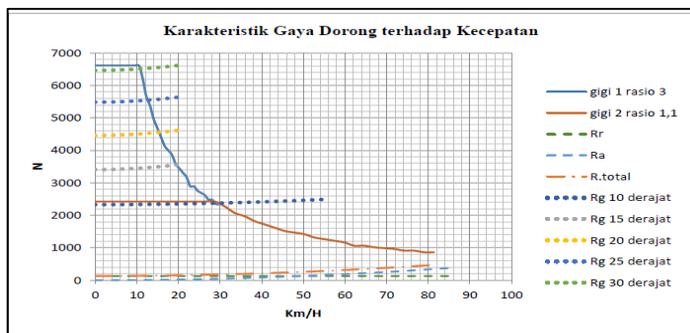
4.6 Perbandingan Hasil Karakteristik Traksi

Setelah mendapatkan hasil analisa rasio transmisi dari karakteristik traksi yang ditimbulkan, maka selanjutnya adalah membandingkan karakteristik traksi yang terjadi pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik dengan hasil

karakteristik traksi yang ditimbulkan oleh Kendaraan Hybrid dan Kendaraan Mesin Bensin. Sehingga nanti didapatkan kelebihan dan kekurangan yang tepat berdasarkan perbandingan yang diberikan. Selanjutnya didapat informasi kemampuan dari masing-masing tenaga penggerak terhadap kondisi jalan yang dilalui, jadi akan diperoleh range kecepatan yang optimal dari masing-masing tenaga penggerak berdasarkan masing-masing kondisi jalan. Untuk pembahasan yang pertama adalah mengenai tenaga penggerak bensin yang ditunjukkan gambar di bawah ini. Selanjutnya akan dibahas mengenai karakteristik traksi dari tenaga *hybrid* dan yang terakhir adalah analisa dari karakteristik traksi yang dihasilkan oleh tenaga listrik.

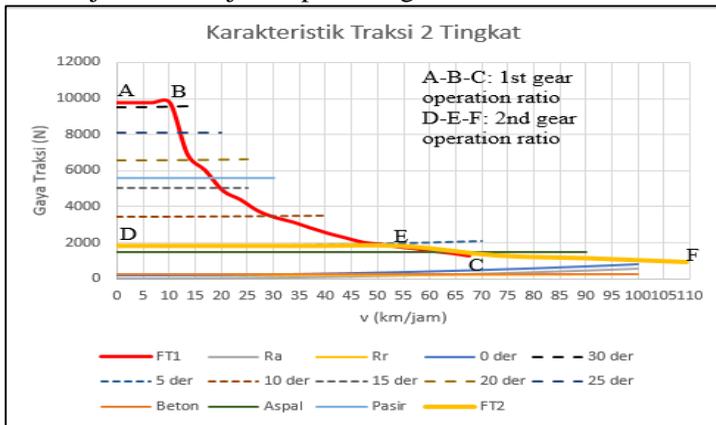


Gambar 4. 15 Karakteristik Traksi Kendaraan Bertenaga Bensin



Gambar 4. 16 Karakteristik Traksi Kendaraan Bertenaga Hybrid

Berdasarkan gambar 4.15 diatas menjelaskan kemampuan dari kendaraan multiguna bertenaga bensin, kendaraan didesain menggunakan 4 tingkat transmisi. Dimana pada tingkat pertama kendaraan dapat melalui tanjakan dengan *gradeability* 45% atau 25 derajat dengan kecepatan 13 km/jam, sedangkan untuk *gradeability* 30% atau 17 derajat dapat dilalui dengan transmisi pertama sebesar 17 km/jam, lalu untuk *gradeability* 15% atau 9 derajat dapat dilalui dengan tingkat transmisi kedua sebesar 27 km/jam atau dengan transmisi ketiga sebesar 33 km/jam. Sedangkan pada tingkat transmisi terakhir kendaraan dapat menghasilkan kecepatan 70 km/jam pada jalan mendatar. Sedangkan berdasarkan gambar 4.16 yang menunjukkan kemampuan kendaraan multiguna bertenaga *hybrid* dapat dijelaskan sebagai berikut, rancangan kendaraan diatas menggunakan 2 tingkat transmisi dimana dengan menggunakan rasio transmisi pertama kendaraan dapat melalui jalan dengan sudut tanjakan 30 derajat sebesar 10 km/jam, serta untuk transmisi pertama dapat menghasilkan kecepatan maksimum sebesar 30 km/jam yang dapat melalui jalan dengan sudut tanjakan 10 derajat. Sedangkan untuk transmisi kedua yang dirancang dapat menghasilkan kecepatan maksimum 80 km/jam yang dapat melewati jalan 0 derajat tanpa halangan.



Gambar 4. 17 Karakteristik Traksi kendaraan Bertenaga Listrik

Sedangkan untuk pemahasan yang terakhir adalah karakteristik yang ditimbulkan kendaraan multiguna bertenaga listrik seperti pada gambar 4.17, terlihat kendaraan menggunakan 2 tingkat transmisi. Untuk transmisi tingkat pertama kendaraan dapat melaju sampai dengan 11 km/jam pada jalan dengan sudut tanjakan 30 derajat, untuk sudut tanjakan 25 derajat kendaraan dapat melaju sampai dengan 13 km/jam, untuk 20 derajat kendaraan dapat melaju sampai 15 km/jam, dan pada 15 derajat kecepatan yang dapat dihasilkan kendaraan adalah sampai dengan 18 km/jam, sedangkan pada sudut tanjakan 10 derajat kendaraan dapat melaju sampai dengan 29 km/jam dan yang terakhir pada sudut tanjakan 5 derajat kendaraan dapat melaju dengan kecepatan sebesar 50 km/jam, kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan pada transmisi pertama adalah 67 km/jam. Pada transmisi kedua kendaraan listrik dapat menghasilkan kecepatan sampai dengan 109 km/jam dengan kondisi jalan mendatar.

Jadi berdasarkan perbandingan antara kendaraan multiguna bertenaga bensin, *hybrid* dan listrik didapat kesimpulan bahwa kendaraan listrik lebih handal untuk sudut tanjakan besar misalnya 30, 25, 20, 15 derajat, karena menghasilkan tenaga dan kecepatan yang besarnya sama seperti mesin tenaga bensin maupun *hybrid* tetapi hanya memerlukan transmisi tingkat pertama, berbeda seperti mesin bensin yang memerlukan beberapa tingkat transmisi untuk melalui berbagai sudut tanjakan tersebut. Sedangkan kelemahan dari kendaraan bertenaga listrik diatas adalah pada sudut yang rendah seperti pada 10 derajat kendaraan mesin bensin lebih unggul karena torsi yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan torsi pada kendaraan listrik. Jadi untuk kondisi jalan menanjak secara perhitungan kendaraan listrik lebih unggul akan tetapi untuk jalan yang mempunyai sudut tanjakan kecil atau kurang dari 10 derajat kendaraan bertenaga bensin akan lebih handal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa perhitungan dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut,

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka besar gaya hambat yang terjadi adalah 538,67 N untuk gaya hambat angin pada kecepatan 100 km/jam, 281,06 N untuk gaya hambat rolling pada jalan mendatar dengan kecepatan 100 km/jam dan 9368,6 N untuk gaya hambat pada tanjakan 30 derajat.
2. 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.
3. Baterai yang digunakan pada Mobil Angkutan Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik adalah LiFePO₄ 12v 100Ah.
4. Berdasarkan analisa perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan 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.
5. Karakteristik traksi maksimum yang didapat berdasarkan rancangan rasio transmisi adalah sebesar 9775,97 N pada tingkat pertama dan 1818,97 N pada tingkat kedua.
6. 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.

7. Berdasarkan karakteristik power yang terjadi menunjukkan hasil yang tidak terlalu berbeda dengan hasil karakteristik traksi kendaraan. Dimana dengan power maksimum dari motor listrik dapat melewati sudut tanjakan 30 derajat dengan kecepatan 11 km/jam pada transmisi pertama dan dengan power maksimum dari motor berdasarkan analisa karakteristik power pada transmisi pertama dapat melaju sebesar 60 km/jam pada jalan aspal. Sedangkan pada karakteristik power pada transmisi kedua menunjukkan kemampuan kendaraan berdasarkan power maksimum kendaraan dapat melaju pada jalan aspal sebesar 68 km/jam dan dapat menghasilkan kecepatan maksimum 109,2 km/jam dengan menggunakan power maksimum dari kendaraan.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk kedepannya mengenai tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Perlu dianalisa kembali mengenai material dan dimensi yang tepat untuk pemilihan komponen gear.
2. Perlu dianalisa mengenai konsep transmisi pada mobil listrik yang lebih modern agar meningkatkan efisiensi dari kendaraan, karena pada tugas akhir ini masih menggunakan konsep mobil seperti mobil biasa.
3. Perlu dilakukan tugas akhir yang membahas mengenai control dari penyaluran energy dari baterai terhadap motor untuk menunjang terrealisasinya kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Domestic Auto Production. **Brosur GAIKINDO (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia)**, Jakarta, 2016.
- [2] Konsumsi BBM Nasional., 2016., **Artikel BPH MIGAS**, Jakarta, <<http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional>>
- [3] Bahan Bakar Fosil Habis 30 Tahun Lagi, 2011, **Artikel Kompas**, Lamongan, <<http://sains.kompas.com/read/2011/07/27/20141288/bahan.bakar.fosil.habis.30.tahun.lagi>>
- [4] Jumlah Desa Menurut Provinsi dan Letak Geografi, 2014, **Artikel Badan Pusat Statistik**, Jakarta, <<https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1367>>
- [5] Saraswati, Indira Riska., “**Analisa Rancangan Rasio Transmisi dan Kinerja Traksi pada Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan**”, Tugas Akhir 2015.
- [6] Sutantra, I Nyoman., “**Teknologi Otomotif Hybrid, Institut Teknologi Sepuluh Nopember**”, Guna Widya, Surabaya, 2015.
- [7] Sutantra, I. Nyoman., Sampurno, Bambang., “**Teknologi Otomotif Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh Nopember**”, Guna Widya, Surabaya, 2010.
- [8] Taborek, Jaroslav j., “**Mechanics of Vehicles**”, Penton Publishing Co., Ohio, 1957.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Dika Bayu Prasetyo dilahirkan di Karanganyar, 03 Desember 1994 merupakan anak yang terlahir dari orangtua bernama Bapak Sulardi dan Ibu Parwanti. Riwayat pendidikan penulis diawali di TK DHARMA WANITA selama 2 tahun, selanjutnya SDN 02 JATIWARNO selama 6 tahun dari tahun 2001-2006, kemudian masuk SMPN 01 JATIPURO selama 3 tahun dari tahun 2007-2009, dan SMAN 01 SUKOHARJO dari tahun 2010-2012. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-1 Jurusan Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun organisasi selama perkuliahan. Dalam organisasi kemahasiswaan, penulis sempat menjabat sebagai Kabiro Servis di Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin pada periode 2014-2015. Selanjutnya pada periode 2016-2017 penulis menjabat sebagai Koordinator Laboratorium Desain Otomotif. Selain organisasi penulis juga pernah mengikuti kejuaraan baik akademik maupun non akademik, di antaranya Juara 3 Lomba Futsal VICOM Unair pada tahun 2015, Juara 1 Futsal IFC pada tahun 2014, Juara 1 Lomba Desain Mobil Pedesaan 2017.

Penulis mempunyai prinsip bahwa kesuksesan bukan ditunggu, melainkan harus dikejar. Dan kesuksesan bukan factor dari diri kita sendiri, melainkan dari Allah swt, orangtua, dan orang-orang tercinta. Apabila ada keluh kesah mengenai tugas akhir ini atau yang lain bisa menghubungi penulis lewat email: dikabayup09@gmail.com