

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONVERSI MOTOR
BENSIN MENJADI MOTOR LISTRIK PADA KENDARAAN
RODA DUA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Daniel Asraff Maulana Mubarok
No. Mahasiswa : 19525137
NIRM : 1902070091

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia untuk menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 10 Oktober 2023



Daniel Asraff Maulana

19525137

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONVERSI MOTOR
BENSIN MENJADI MOTOR LISTRIK PADA KENDARAAN
RODA DUA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Daniel Asraff Maulana Mubarak

No. Mahasiswa : 19525137

NIRM : 1902070091

Yogyakarta, 25 Juli 2023

Pembimbing,



Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONVERSI MOTOR
BENSIN MENJADI MOTOR LISTRIK PADA KENDARAAN
RODA DUA

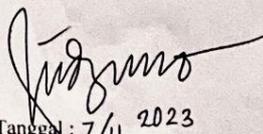
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

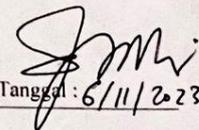
Nama : Daniel Asraff Maulana Mubarak
No. Mahasiswa : 19525137
NIRM : 1902070091

Tim Penguji

Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM
Ketua


Tanggal : 7/11 2023

Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP
Anggota I


Tanggal : 6/11/2023

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP
Anggota II


Tanggal : 6/11/2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Murni Nurrahmah, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini dibuat untuk salah satu persyaratan mendapatkan gelar Strata satu dan penulis persembahkan untuk kedua orang tua sebagai bentuk tanggung jawab anak yang berbakti.

HALAMAN MOTTO

“Ilmu itu lebih baik dari kekayaan, karena kekayaan itu harus dijaga, sedangkan ilmu menjaga kamu”

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun Laporan Tugas Akhir dengan judul “ Desain dan Implementasi Sistem Konversi Motor Bensin Menjadi Motor Listrik Pada Kendaraan Roda Dua ” dalam rangka mendapatkan gelar Strata-1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan skripsi ini dalam prosesnya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan rezeki-Nya dalam proses pembuatan laporan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua, adik, dan keluarga yang telah mendukung dan selalu memberikan doa dan semangat.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Risdiyono S.T., M.Eng. IPM, selaku dosen pembimbing skripsi.
4. Septiana Kusuma Wardani, selaku kekasih saya yang sudah menemani di akhir-akhir masa kuliah saya dan selalu ada di setiap ada dalam susah senang pembuatan skripsi ini.
5. Semua teman teknik mesin UII angkatan 2019 dan semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya untuk semua kebaikan, bantuan, serta dukungan dari pihak tersebut. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, dan membalas semua kebaikan kalian semua. Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah ditulis masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Namun, penulis berharap supaya skripsi ini bisa memberikan manfaat serta pengetahuan bagi banyak pihak.

Yogyakarta, 25 Juli 2023



Daniel Asraff Maulana

19525137

ABSTRAK

Kesadaran lingkungan telah memacu perkembangan teknologi ramah lingkungan, salah satunya adalah penggunaan kendaraan listrik (EV) di Indonesia. Sebagai salah satu produsen emisi karbon terbesar di Asia Tenggara, konversi sepeda motor bahan bakar menjadi kendaraan listrik (EV) menjadi alternatif pilihan yang efektif. Pemerintah Indonesia telah mengambil langkah-langkah regulasi yang mendukung upaya percepatan elektrifikasi kendaraan, termasuk memberikan insentif pajak bagi produsen yang mendukung program ini.

Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang konversi sepeda motor menjadi kendaraan listrik berbasis baterai dengan tujuan utama untuk mendukung pengurangan emisi karbon dan mendorong transportasi ramah lingkungan. Proses desain dan implementasi konversi ini melibatkan pertimbangan dari berbagai aspek termasuk keamanan, kenyamanan, akselerasi, dan tata letak komponen.

Kendaraan listrik hasil konversi ini menggunakan motor BLDC *mid-drive* dan telah berhasil melewati serangkaian pengujian performa, termasuk *dyno-test*, performa saat *on-road*, konsumsi daya, dan jarak tempuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendaraan ini mampu menempuh jarak 16 km dengan waktu tempuh 40 menit dan menghasilkan tenaga sebesar 0,9 HP dengan beban 60 kg dan mencapai kecepatan maksimal 60 km/jam. Motor menghasilkan torsi sebesar 3,25 N.m. Efisiensi konsumsi energi kendaraan ini mencapai 60 Wh/km, menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 52% setelah dikonversi menjadi motor listrik.

Penelitian ini menyoroti potensi konversi sepeda motor menjadi kendaraan listrik sebagai salah satu solusi untuk mengurangi emisi karbon dan mendorong penggunaan kendaraan ramah lingkungan di Indonesia. Dengan dukungan regulasi pemerintah dan pengembangan teknologi yang lebih lanjut, konsep ini memiliki potensi untuk menjadi langkah penting dalam mengatasi tantangan lingkungan yang dihadapi oleh negara ini.

Kata Kunci: Motor Listrik, Konversi Sepeda Motor, Energi Ramah Lingkungan

ABSTRACT

Environmental awareness has spurred the development of eco-friendly technologies, one of which is the use of electric vehicles (EVs) in Indonesia. As one of the largest carbon emitters in Southeast Asia, the conversion of fuel motorcycles into electric vehicles (EVs) has become an effective choice alternative. The Indonesian government has taken regulatory steps to support the acceleration of vehicle electrification, including providing tax incentives for manufacturers that support this program.

This final project aims to design the conversion of motorcycles into battery-based electric vehicles (BBEVs) with the main objective to support carbon emission reduction and promote eco-friendly transportation. The design and implementation process of this conversion involves considerations from various aspects including safety, comfort, acceleration, and component layout.

The converted electric vehicle uses a mid-drive BLDC motor and has successfully passed a series of performance test, including dyno-test, on-road performance, power consumption, and mileage. The test results show that this vehicle is capable of covering a distance of 16 km within a travel time of 40 minutes and producing power as much as 0.9 HP with a 60 kg load and reaching a maximum speed of 60 km/hour. The motor produces a torque of 3.25 N.m, providing good acceleration for users. The energy consumption efficiency of this vehicle reaches 60 Wh/km, showing an efficiency increase of 52% after being converted into an electric motor.

This research highlights the potential of converting motorcycles into electric vehicles as one solution to reduce carbon emissions and encourage the use of eco-friendly vehicles in Indonesia. With government regulatory support and further technology development, this concept has the potential to become an important step in addressing the environmental challenges faced by this country.

Keywords: *Electric Motorcycles, Motorcycle Conversion, Eco-Friendly Energy*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	Error! Bookmark not defined.
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xv
Bab 1 Pendahuluan	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Batasan Masalah	17
1.4 Tujuan	17
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	18
1.6 Sistematika Penulisan	18
Bab 2 Tinjauan Pustaka	20
2.1 Kajian Pustaka	20
2.2 Dasar Teori	23
2.2.1 Gaya yang bekerja pada kendaraan roda dua	23
2.3 Mesin Pembakaran Dalam (ICE)	26
2.4 Motor Listrik	27
2.5 Baterai	29
2.5.1 <i>Battery Management Systems (BMS)</i>	31
2.6 DC/DC Converter	32
2.6.1 Konverter Non- Isolasi	33
2.6.2 Konverter Isolasi	33
2.7 Transmisi	34

2.7.1	Rantai.....	34
2.7.2	Penggerak Sabuk (<i>Belt Drive</i>).....	35
2.8	BLDC <i>Control Unit</i>	35
Bab 3	Metode Penelitian.....	39
3.1	Alur Penelitian.....	39
3.2	Perancangan.....	40
3.2.1	Kriteria Desain.....	40
3.2.2	Desain Alternatif 1.....	40
3.2.3	Desain Alternatif 2.....	42
3.2.4	Desain Alternatif 3.....	44
3.3	Proses Konversi.....	45
3.4	Parameter Pengujian.....	47
3.4.1	Alat Uji.....	48
3.4.2	Langkah Pengujian.....	49
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	51
4.1	Hasil Perancangan.....	51
4.1.1	Desain Sistem Kontrol.....	52
4.2	Hasil Pengujian.....	54
4.2.1	Hasil Pengujian dengan Dyno.....	54
	Dalam pengujian untuk indikator tenaga (<i>horsepower</i>), data diambil menggunakan mesin dynamometer. Pada pengujian ini, mesin <i>dyno</i> yang digunakan adalah <i>Leads Dynamometer</i>	54
4.2.2	Performa pada saat on road.....	56
4.2.3	Pengujian Keamanan.....	56
4.2.4	Konsumsi Daya.....	56
4.3	Analisis dan Pembahasan.....	58
4.3.1	Analisis Gaya.....	58
Bab 5	Penutup.....	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	63
	Daftar Pustaka.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Koefisien Gesek	25
Tabel 2- 2 Perbandingan BLDC <i>Mid-drive</i> & BLDC <i>Hub-Drive</i>	28
Tabel 2- 3 Karakteristik tipe baterai	30
Tabel 3- 1 Komponen desain alternatif 1 41	
Tabel 3- 2 Kelemahan dan Keunggulan desain alternatif 1	42
Tabel 3- 3 Komponen desain alternatif 2	43
Tabel 3- 4 Komponen desain alternatif 3	44
Tabel 3- 5 Kelemahan dan Keunggulan desain alternatif 3.....	45
Tabel 3- 6 Dimensi Motor Honda C70.....	45
Tabel 4- 1 Hasil pengujian kecepatan saat on road.....	56
Tabel 4- 2 Spesifikasi Desain	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin IC dengan mekanisme piston.....	27
Gambar 2. 2 Diagram Torsi & Kecepatan.....	28
Gambar 2. 3 <i>Brushless</i> DC motor (<i>mid-drive</i>)	29
Gambar 2. 4 <i>Brushless</i> DC motor (<i>Hub-drive</i>).....	29
Gambar 2. 5 Baterai.....	31
Gambar 2. 6 Modul BMS SL-PRAPM07001V2.....	31
Gambar 2. 7 Diagram Blok BMS	32
Gambar 2. 8 DC/DC <i>Converter</i>	33
Gambar 2. 9 Rantai.....	34
Gambar 2. 10 <i>Belt Drive</i>	35
Gambar 2. 11 BLDC Control Unit	35
Gambar 2. 12 Skema Pengendali motor BLDC berbasis mikrokontrolerPIC184331	36
Gambar 2. 13 Skema diagram BLDC <i>motor drive</i>	37
Gambar 3. 1 Desain Alternatif 1	41
Gambar 3. 2 Desain Alternatif 2.....	42
Gambar 3. 3 Desain Alternatif 3.....	44
Gambar 4. 1 Desain terpilih	51
Gambar 4. 2 Desain sistem	52
Gambar 4. 3 <i>Electrical Wiring</i>	52
Gambar 4. 4 <i>flowchart</i> mekanisme kerja sistem.....	54
Gambar 4. 5 Hasil pengujian dyno dengan beban 60 Kg.....	55
Gambar 4. 6 Hasil dyno test tanpa beban	55
Gambar 4. 7 Pengisian Daya Honda C70 Konversi	57

DAFTAR NOTASI

A	= Frontal area (m^2)
Cd	= Koefisien gesek
Dv	= Jarak Tempuh (km)
E_{avg}	= Energi <i>Average</i> (Wh/km)
E_{bp}	= <i>Energy Battery Pack</i> (Wh)
Fad	= Gaya <i>Aerodynamic drag</i> (N)
Fhc	= Gaya <i>Hill climb</i> (N)
Fla	= Gaya Akselerasi (N)
Frr	= Gaya <i>Rolling resistance</i> (N)
F_r	= Gaya Hambat (N)
Fte	= Gaya <i>Tractive effort</i> (N)
g	= Gaya Gravitasi (9,8 m/s)
m	= Massa kendaraan (Kg)
N	= Putaran (RPM)
P	= Daya (Watt)
T	= Torsi (N.m)
μ_{rr}	= Koefisien <i>rolling resistance</i>
ρ	= Kerapatan udara (kg/m^3)
v	= Kecepatan (m/s)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kesadaran lingkungan mendorong munculnya isu-isu terkait teknologi baru yang menghasilkan teknologi ramah lingkungan. Salah satu contoh teknologi tersebut adalah teknologi kendaraan listrik (EV). Konsep nol emisi dalam hal ini dapat diterapkan bukan hanya pada EV bawaan, tetapi juga dalam mengubah kendaraan berbahan bakar fosil menjadi versi listrik. Mengingat kendala finansial dan pilihan kendaraan baru yang terbatas, konversi kendaraan menjadi alternatif investasi yang efektif sesuai dengan tujuan penggunaan kendaraan.

Menurut *Potsdam Institute for Climate Impact Research*, Indonesia menghasilkan emisi karbon sebesar 2,4 miliar ton CO₂ setiap tahun, menjadi yang terbesar di Asia Tenggara (Dunne, 2019). Sektor transportasi dianggap sebagai salah satu penyumbang polusi terbesar di dunia (Andler, 2012). Di Indonesia, jumlah sepeda motor dengan *Internal Combustion Engine* (ICE) terus meningkat setiap tahunnya. Hampir tiga kali lipat antara tahun 2007 hingga 2017. Program konversi sepeda motor ICE menjadi sepeda motor listrik dipercaya dapat mengurangi emisi karbon (Tuayharn, et. al., 2015). Konversi sepeda motor bakar menjadi sepeda motor listrik melibatkan penggantian mesin dengan beberapa komponen konversi seperti Motor *Brushless* DC (BLDC), pengendali, Sistem Manajemen Baterai (BMS), baterai, dan penggantian lengan ayun sepeda motor dengan bahan baja (Nizam, et. all., 2019).

Pemerintah Indonesia menunjukkan kepedulian yang besar terhadap pengurangan emisi karbon dari sektor transportasi dengan menerbitkan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 untuk mempercepat elektrifikasi semua kendaraan di Indonesia. Menurut peraturan awal tersebut, lembaga harus membayar bea masuk jika melakukan pembelian dari pemasok luar negeri dan berperan sebagai pedagang. Namun, pemerintah Indonesia memberikan insentif berupa pengurangan pajak kepada produsen yang mendukung program elektrifikasi pemerintah. Ketentuan ini tercantum dalam Peraturan Kementerian Keuangan Nomor 150 Tahun 2018.

Sehingga pada Tugas Akhir ini akan dibuat desain dan implementasi mengenai konversi sepeda motor dengan *Internal Combustion Engine* (ICE) menjadi Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB). Diharapkan bisa menjadi sebuah kontribusi yang positif dalam mendukung program pemerintah untuk mempercepat penggunaan kendaraan listrik. Dengan mengurangi emisi karbon dari sektor transportasi, Indonesia dapat bergerak menuju pengembangan transportasi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja teknologi dan komponen yang diperlukan dalam proses konversisepeda motor menjadi kendaraan bermotor listrik berbasis baterai?
2. Bagaimana proses desain dan implementasi konversi kendaraan dilakukan untuk memastikan kinerja yang optimal?
3. Bagaimana karakteristik dan kinerja motor listrik konversi dalam hal kecepatan,torsi, jarak tempuh?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, adapun batasan masalah diantaranya:

1. Kendaraan yang digunakan untuk konversi adalah honda C70.
2. Kapasitas untuk 1 penumpang dengan bobot maksimal 80kg.
3. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor 65 Tahun 2020 Tentang Konversi Sepeda Motor Dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai pada pasal 12 ayat 4C maka kapasitas motor listrik yang digunakan dengan isi silinder sampai dengan 110cc, daya motor listrik konversi paling tinggi 2 kW, sepeda motor dengan isi silinder lebih dari 110cc sampai 150cc, daya konversi motor listrik konversi paling tinggi 3 kW, sepeda motor dengan isi silinder lebih dari 150cc sampai 200cc, daya motor listrik konversi paling tinggi 4 Kw

1.4 Tujuan

1. Mengetahui teknologi dan komponen yang diperlukan dalam proses konversi sepeda motor menjadi kendaraan bermotor listrik berbasis baterai.

2. Untuk memahami dan merancang proses konversi kendaraan bermotor menjadi kendaraan listrik yang efisien dan optimal.
3. Memahami bagaimana performa kendaraan listrik yang telah dikonversi dalam berbagai aspek operasional.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Pada perancangan ini memberikan pengetahuan mengenai pengurangan emisi karbon melalui konversi sepeda motor menjadi kendaraan listrik, serta memberikan informasi tentang kendaraan listrik sebagai solusi transportasi yang ramah lingkungan. Selain itu, Tugas Akhir ini juga memberikan solusi bagi kendala finansial dengan konversi sebagai alternatif investasi yang lebih terjangkau, serta menyajikan panduan desain dan implementasi konversi kendaraan yang berguna bagi mereka yang berminat. Tugas Akhir ini juga memiliki dampak dalam mendukung kebijakan publik dengan menganalisis peran pemerintah dan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang isu lingkungan dan pentingnya tindakan positif dalam menghadapinya

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan tentang Konversi Motor Bensin menjadi Motor Listrik pada Kendaraan Roda Dua.

BAB II DASAR TEORI

Membahas tentang teori dasar yang digunakan sebagai dasar Desain dan Implementasi Sistem Konversi Motor Bensin menjadi Motor Listrik pada Kendaraan Roda Dua.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang sistematika perancangan Desain dan Implementasi Sistem Konversi Motor Bensin menjadi Motor Listrik pada Kendaraan Roda Dua.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat membahas tentang hasil perancangan & hasil pengujian dan pembahasan mengenai Desain dan Implementasi Sistem Konversi Motor Bensin menjadi Motor Listrik pada Kendaraan Roda Dua.

BAB V PENUTUP

Bab kelima berisi kesimpulan dari hasil perancangan dan saran penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian sebelumnya yang bersumber dari jurnal yang diterbitkan oleh IEEE berjudul “*Modeling, Simulation, and Validation of An Electric Scooter Energy Consumption Model: A Case Study of Indonesian Electric Scooter*” yang dibuat oleh Muhammad Nur Yuniarto, dkk (2017) bertujuan untuk membuat model yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mempelajari dan memprediksi karakteristik serta perilaku skuter listrik. Dalam penelitian ini, model tersebut divalidasi dengan menggunakan siklus penggerak berdasarkan standar ISO sebagai masukan. Selanjutnya, versi prototipe skuter listrik diuji dengan membandingkannya dengan persyaratan standar dan pengujian di kehidupannya nyata. Hasil analisis perbandingan menunjukkan bahwa model tersebut valid dan memiliki tingkat akurasi yang memuaskan dalam memprediksi konsumsi energi, dengan kesalahan hanya sekitar -8,63% dan -4,7% selama pengujian dynamometer eksperimental dan pengujian *on-road* normal. Model ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan skuter listrik atau kendaraan listrik lainnya (Yuniarto, et. all., 2017). Namun, penelitian ini juga menyadari bahwa ada ruang untuk perbaikan lebih lanjut dalam meningkatkan akurasi model, terutama dalam hal pengukuran energi paket baterai dan karakteristik kimia. Selain itu, penyerapan energi oleh gesekan pada skuter perlu dimodelkan secara lebih rumit, dan ini dapat menjadi studi dan eksperimen lanjutan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam aplikasi kehidupan nyata, skuter listrik memiliki kinerja yang lebih baik daripada skuter dengan mesin pembakaran internal, khususnya dalam hal total biaya energi, di mana konsumsi energi skuter listrik jauh lebih sedikit daripada rekanan *Internal Combustion Engine* (ICE).

Pada penelitian mengenai konversi motor bahan bakar bensin ke motor listrik yang diterbitkan oleh ISAS *publishing* berjudul “Perencanaan Konversi Sepeda Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik” oleh Salman Alfarisi, dkk (2021). Untuk mengubah sepeda motor Yamaha LS3 100 cc menjadi sepeda motor listrik, diperlukan BLDC Motor dengan daya maksimum 2.000 Watt, didukung oleh controller 4800 Watt, dan baterai dengan tegangan 60 volt dan kapasitas 30 Ah atau lebih. Untuk memastikan operasinya aman, instalasi motor listrik ini dilengkapi dengan MCB 40 Ampere. Dengan konfigurasi seperti ini, sepeda motor listrik dapat mencapai kecepatan 71 km/jam dalam waktu 25 detik. Hasil penelitian ini menunjukkan

bahwa konversi sepeda motor menjadi kendaraan listrik yang ramah lingkungan dapat dilakukan dengan cara yang relatif sederhana. Bagi peneliti di masa depan, penelitian ini dapat diperluas dengan mempertimbangkan pemilihan baterai dan *controller* yang lebih optimal guna mencapai kinerja yang lebih baik dan efisien.

Dari penelitian berjudul “*Study of a Vehicle Conversion from Internal Combustion Engine to Electric Drive*” yang di publikasikan oleh ENERGYCON, yang di tulis oleh Vražiü Mario, dkk (2014), hal pertama yang perlu dilakukan adalah pemilihan kendaraan yang sesuai. Berikut kriteria-kriteria yang harus dipenuhi:

1. Bobot yang sekecil mungkin.
2. Konstruksi yang sederhana (sedikit rangkaian kendali elektronik untuk memudahkan konversi).
3. Jumlah sistem servo tambahan yang minimal (untuk mengurangi konsumsi).
4. Propulsi belakang (agar ada lebih banyak ruang di area mesin).

Kriteria-kriteria tersebut menyiratkan bahwa kendaraan yang lebih tua harus dipilih, yang juga memiliki keuntungan tambahan yaitu biaya yang lebih rendah. Akhirnya, sebuah Opel Kadett C yang dibuat pada tahun 1978 dipilih sebagai kendaraan uji ini memenuhi semua kriteria kecuali tidak memiliki penguat pengereman (*brake servo*). Kondisinya sangat baik dan harganya dapat diterima.

Pengujian awal dilakukan pada kendaraan tersebut agar peralatan untuk konversi dapat dipilih dengan tepat. Alat pengukur torsi dipasang pada salah satu roda penggerak. Sebuah model matematika dari sistem tenaga kendaraan dibangun dengan menggunakan kurva torsi yang diukur selama percepatan dan pengemudian berkelanjutan, serta massa dan geometri mobil. Kecepatan yang diinginkan untuk pengemudian berkelanjutan diatur pada 70 km/jam dengan mempertimbangkan bahwa EV akan digunakan sebagian besar untuk pengujian selama perjalanan perkotaan. Jarak tempuh yang diinginkan untuk kendaraan listrik diatur sekitar 100 km dengan menggunakan informasi bahwa rata-rata mobil di Eropa melakukan perjalanan sekitar 40 km/hari. Dengan jarak tempuh yang diinginkan tersebut, massa perkiraan dari baterai dan total massa mobil dihitung. Dengan menggunakan model matematika, daya terukur dari penggerak utama dihitung.

Meskipun konversi sepeda motor dengan *Internal Combustion Engine* (ICE) ke kendaraan listrik (EV) bukanlah hal yang sederhana atau murah untuk dilakukan, hal ini memberikan banyak pengalaman yang berguna. Kesimpulan akhir yang diambil dari proyek ini sejauh ini adalah bahwa konversi dari ICE ke EV memiliki potensi pasar yang

menarik selama periode transisi jika konversi semacam itu dilakukan untuk armada mobil yang serupa. Dalam skenario ini, harga konversi akan turun secara signifikan dan rasio manfaat biaya akan meningkat. Mobil uji kendaraan listrik Kadett kami akan menjadi platform untuk banyak proyek mahasiswa di masa depan dan dengan demikian memungkinkan kami untuk mengumpulkan lebih banyak pengalaman yang berguna yang dapat digunakan dalam pasar transportasi.

Secara bertahap, dengan mengatasi masalah terkait baterai, seperti kapasitas baterai yang rendah dan biaya tinggi, kendaraan listrik akan menjadi sarana transportasi yang lebih penting. Namun, penting untuk menyatakan bahwa pertumbuhan yang mungkin terjadi dalam biaya listrik dan permintaan seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan listrik yang bertahap.

Dari jurnal berjudul "*Conventional IC Engine To BLDC Powered Electric Motorcycle Conversion E Motorcycle*" publikasi *International Journal of Electrical Engineering and Technology (IJEET)*, yang ditulis oleh Vyshakh, dkk (2022). Dalam penelitiannya Motor BLDC (*Brushless DC*) digunakan sebagai mesin penggerak untuk rangkaian penggerak listrik. Motor BLDC (*Brushless DC*) terhubung ke unit pengendali motor BLDC (*Brushless DC*). Unit pengendali motor BLDC (*Brushless DC*) juga terhubung ke *throttle* elektronik dan unit konverter DC-DC 48-12 V 75W. Unit pengendali motor BLDC (*Brushless DC*) ditenagai oleh paket baterai sesuai dengan spesifikasi input ke pengendali. Paket baterai memberikan pasokan DC input ke pengendali motor BLDC (*Brushless DC*), dan sesuai dengan umpan balik *throttle* ke pengendali motor BLDC (*Brushless DC*) sinyal PWM memberikan daya ke motor BLDC (*Brushless DC*). Poros motor BLDC (*Brushless DC*) terhubung ke mekanisme gigi yang mentransfer daya ke gigi di roda belakang sepeda motor. Daya dari motor ditransmisikan ke roda belakang melalui mekanisme penggerak rantai.

Model sepeda motor listrik yang hemat biaya dengan BLDC (*Brushless DC*) motor sebagai mesin penggerak dan paket baterai berdaya tinggi. Ini dapat diimplementasikan dengan menghapus mesin pembakaran internal, sistem knalpot, dan komponen yang tidak perlu dari sepeda motor, dan menggantinya dengan BLDC (*Brushless DC*) motor, pengontrol cerdas, paket baterai, sistem kabel, alat pemantauan, sensor ultrasonik, dan motor servo. BLDC (*Brushless DC*) memiliki karakteristik traksi sehingga memiliki kapasitas pembebanan yang baik. Karena pengiriman torsi yang berkelanjutan, tidak diperlukan kotak gigi eksternal. Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, energi listrik lebih efisien dan hemat biaya.

Dalam sebuah studi mengenai dampak lingkungan dalam mengkonversi kendaraan bermesin bahan bakar minyak ke motor penggerak listrik yang diterbitkan oleh *World Electric Vehicle Journal* Vol. 6 berjudul “*Environmental impact of Converted Electrical Motorcycle*”. Dalam studi ini, disimpulkan bahwa konversi akan mengurangi konsumsi energi siklus hidup dan emisi yang dihasilkan oleh sepeda motor tipikal sebesar 72% dan 45% secara berturut-turut. Kedua hal ini merupakan pertimbangan penting bagi sebuah negara seperti Singapura, di mana lebih dari 95% energi diimpor dan di mana udara bersih merupakan hal berharga yang tidak bisa dianggap remeh.

Konversi akan masuk akal untuk mengatasi biaya awal yang tinggi yang terkait dengan pembelian kendaraan listrik baru. Namun, survei konsumen yang mendetail seperti yang dilakukan oleh Institut Studi Energi saat ini perlu dilakukan untuk membangun kesadaran konsumen tentang kendaraan listrik (karena kendaraan listrik hanya menyusun sekitar 1% dari total populasi kendaraan di sini), yang juga menjadi faktor penentu keberhasilan kendaraan listrik.

Direkomendasikan agar infrastruktur dan rantai pasokan dimasukkan dalam penilaian lingkungan siklus hidup transportasi penumpang. Singapura berpotensi mendapatkan manfaat besar dari penggunaan massal yang berhasil dari kendaraan listrik ini akan memungkinkannya untuk melepaskan diri dari ketergantungan pada minyak asing dan pasar minyak yang fluktuatif, dan juga akan mendukung upaya untuk mengurangi emisi.

Pada tahun 2012, sektor transportasi menyumbang 15% dari konsumsi bahan bakar hanya berada di belakang industri. Untuk memenuhi janjinya untuk mengurangi emisi sebesar 7-11% di bawah tingkat *Base As Usual* (BAU) 202 sebagai yang diamanatkan oleh Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Perubahan Iklim, sektor transportasi bisa menjadi langkah yang baik untuk Singapura. Uji coba berkelanjutan dan pertumbuhan aktif industri kendaraan listrik di sini juga akan mendukung perkembangan industri dan teknologi baru, menjadikan Singapura sebagai laboratorium yang dinamis dalam industri yang sedang berkembang

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gaya yang bekerja pada kendaraan roda dua

Berdasarkan hukum-hukum fisika dan mekanika Newton. Hukum-hukum ini menjelaskan hubungan antara gaya, massa, percepatan, dan kecepatan suatu objek. Penerapan hukum Newton pada kendaraan memungkinkan kita untuk memahami bagaimana gaya-gaya

tersebut berinteraksi dan mempengaruhi pergerakan kendaraan di atas jalan. Dalam konteks ini, hukum kedua Newton ($F = m \times a$) berperan penting. Percepatan tersebut adalah hasil dari gaya *tractive effort* yang dihasilkan oleh mesin kendaraan dan dikurangi dengan gaya-gaya hambatan seperti *rolling resistance*, *aerodynamic drag*, dan *hill climb*.

1. Gaya Rolling Resistance (F_{rr})

Gaya *rolling resistance* adalah gaya yang menghambat pergerakan kendaraan saat bergerak di atas permukaan jalan. Gaya ini disebabkan oleh gesekan antara ban dan permukaan jalan. Semakin besar beban kendaraan dan semakin buruk kualitas permukaan jalan, semakin besar pula gaya *rolling resistance* yang harus diatasi oleh gaya *tractive effort*. Gaya *rolling resistance* dapat dihitung dengan persamaan tertentu berdasarkan berat kendaraan, karakteristik ban, dan sifat permukaan jalan. Persamaannya sebagai berikut:

$$F_{rr} = \mu_{rr} \times m \times g \quad 2.2$$

Dimana :

F_{rr} = Gaya hambat (N)

μ_{rr} = Koefisien rolling resistance

m = Massa kendaraan (kg)

g = Gaya Gravitasi (9,8 m/s)

2. Gaya Aerodynamic Drag (F_{ad})

Gaya *aerodynamic drag* adalah gaya yang menghambat pergerakan kendaraan akibat dari resistansi udara saat kendaraan bergerak. Gaya ini meningkat dengan meningkatnya kecepatan kendaraan. Saat kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi, gaya aerodinamis dapat menjadi salah satu komponen dominan yang menghambat pergerakan, sehingga memerlukan lebih banyak gaya *tractive effort* untuk mengatasi resistansi udara ini. Profil aerodinamis kendaraan dan kecepatan relatif terhadap udara adalah faktor yang mempengaruhi besar kecilnya gaya aerodinamis. Berikut contoh persamaannya:

$$F_{AD} = \frac{1}{2} \rho C_d A f v^2 \quad 2.3$$

Dimana :

F_{ad} = Gaya gesek angin *Aerodynamic drag* (N)

ρ = Kepadatan udara (kg/m^3)

A = Frontal area (m^2)

C_d = Koefisien gesek (0,5 – 0,7)

v = Kecepatan (m/s)

Koefisien gesek dapat ditentukan melalui tabel 2-1. Untuk tabel koefisien gesek dapat dilihat dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 2- 1 Koefisien Gesek

Kendaraan	C_d
<i>Motorcycle with rider</i>	0,5-0,7
<i>Open convertible</i>	0,5-0,7
<i>limousine</i>	0,22-0,4
<i>Coach</i>	0,4-0,8
<i>Truck without trailer</i>	0,45-1
<i>Truck with trailer</i>	0,55-1
<i>Articulated vehicle</i>	0,55-1

3. Gaya Hill Climb (F_{hc})

Gaya *hill climb* adalah gaya yang dibutuhkan untuk mengatasi tanjakan atau kemiringan jalan. Ketika kendaraan naik tanjakan, gaya ini berlawanan arah dengan pergerakan kendaraan dan harus diatasi oleh gaya *tractive effort* tambahan agar kendaraan tetap bergerak maju. Besar gaya *hill climb* bergantung pada kemiringan tanjakan, berat kendaraan, dan kecepatan kendaraan. Pada tanjakan yang curam, gaya *hill climb* dapat menjadi faktor penting yang mempengaruhi performa kendaraan.

$$F_{hc} = m \times g \sin\theta \quad 2.4$$

Dimana :

F_{hc} = Gaya Hill Climb (N)

m = Massa kendaraan (kg)

g = Gaya Gravitasi (9,8 m/s)

$\sin\theta = \text{Sudut } (^\circ)$

4. Gaya Tractive Effort (Fte)

Gaya *tractive effort* adalah gaya yang dihasilkan oleh mesin kendaraan dan digunakan untuk menggerakkan kendaraan maju. Gaya ini harus melebihi gaya-gaya lainnya, seperti gaya *rolling resistance* dan gaya aerodinamis, agar kendaraan dapat berakselerasi atau menjaga kecepatan konstan. Gaya *tractive effort* bergantung pada torsi (tenaga putar) yang dihasilkan oleh mesin, rasio gigi transmisi, dan efisiensi sistem penggerak kendaraan, Gaya *tractive effort* bisa dihitung dengan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$Fte = Frr + Fad + Fhc + Fla \quad 2.5$$

Dimana :

Fte = Gaya Tractive effort (N)

Frr = Gaya Rolling resistance (N)

Fad = Gaya Aerodynamic drag (N)

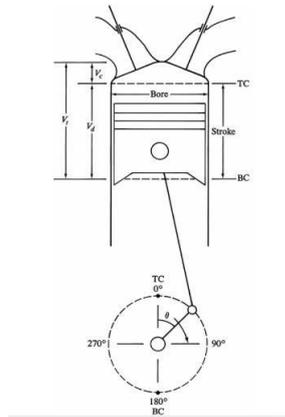
Fhc = Gaya Hill climb (N)

Fla = Gaya Akselerasi (N)

2.3 Mesin Pembakaran Dalam (ICE)

Mesin pembakaran dalam (ICE) adalah mesin panas yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi mekanik, biasanya tersedia pada poros output yang berputar. Energi kimia dari bahan bakar pertama-tama diubah menjadi energi termal melalui pembakaran atau oksidasi dengan udara di dalam mesin. Energi termal ini meningkatkan suhu dan tekanan gas di dalam mesin dan gas bertekanan tinggi tersebut kemudian meluas melawan mekanisme mekanik mesin. Perluasan ini dikonversi oleh penghubung mekanik mesin menjadi poros engkol yang berputar, yang merupakan output dari mesin. Poros engkol tersebut kemudian terhubung ke transmisi atau sistem tenaga untuk mentransmisikan energi mekanik berputar ke penggunaan akhir yang diinginkan. Pada mesin, hal ini seringkali akan menjadi penggerak kendaraan (Pulkrabek W, 2014).

Sebagian besar mesin pembakaran dalam adalah mesin *reciprocating* yang memiliki piston yang bergerak bolak-balik di dalam silinder di dalam mesin, representasi dari skema kerja Mesin IC dapat dilihat pada gambar 2.1

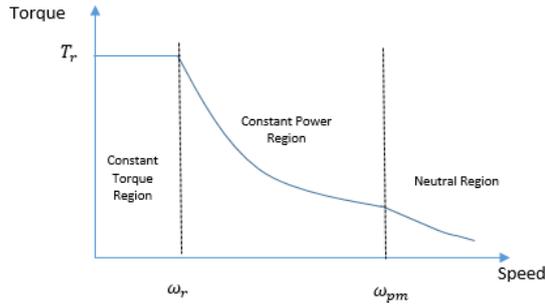


Gambar 2. 1 Mesin IC dengan mekanisme piston

2.4 Motor Listrik

Motor listrik merupakan perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan memberikan torsi tarik pada transmisi. Konversi energi ini dikendalikan oleh motor *drive* yang memberikan fleksibilitas yang signifikan dalam pengendalian. Motor listrik memiliki keuntungan bahwa mereka dapat beroperasi secara efisien dalam rentang kecepatan yang luas, yang menghilangkan kebutuhan akan transmisi dengan banyak gigi.

Pada gambar 2.2 dibawah menggambarkan batasan torsi kecepatan dari motor listrik, yang menunjukkan bahwa selama percepatan awal, motor dapat memberikan torsi maksimum hingga kecepatan yang ditentukan. Hal ini disebut sebagai daerah torsi konstan. Motor memberikan torsi yang sesuai hingga ke kecepatan dasar/kecepatan terukur motor (akhir dari daerah torsi konstan). Rentang kecepatan dimana daya terukur dapat disampaikan oleh motor listrik sangat luas. Oleh karena itu, transmisi dengan satu kecepatan dianggap sudah cukup.



Gambar 2. 2 Diagram Torsi & Kecepatan

Sebagian besar kendaraan listrik kecil cenderung menggunakan motor listrik DC tanpa sikat, karena memiliki rasio daya terhadap berat yang tinggi, kecepatan tinggi, dan mudah dikendalikan. Karena motor beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi, motor dapat relatif kompak dan ringan. Untuk aplikasi kendaraan, motor listrik DC tanpa sikat dapat dirancang baik untuk aplikasi penggerak tengah (*mid-drive*) maupun penggerak roda (*hub-drive*).

Motor DC tanpa sikat dengan penggerak tengah (*mid-drive*) memiliki motor yang diperbaiki pada rangka kendaraan, di mana transmisi mentransfer torsi motor ke penggerak akhir (roda belakang). Sedangkan motor DC tanpa sikat dengan penggerak roda (*hub-drive*) memiliki motor yang terintegrasi ke dalam roda, sehingga tidak memerlukan transmisi. Dibawah ini merupakan Tabel 2-2 Perbandingan BLDC *Mid-drive* & BLDC *Hub-Drive* sebagai berikut:

Tabel 2- 2 Perbandingan BLDC *Mid-drive* & BLDC *Hub-Drive*

BLDC <i>Mid-drive</i>	BLDC <i>Hub-drive</i>
Mudah ditemukan dipasaran	Motor khusus diproduksi oleh beberapa produsen
Posisi instalasi fleksibel	Posisi tetap hanya pada roda depan atau belakang
Dibutuhkan sistem transmisi	Tidak diperlukan sistem transmisi
Putaran tinggi	Torsi tinggi

Gambar *Brushless* DC motor (*mid-drive*) dan gambar *Brushless* DC motor (*Hub-drive*) dapat dilihat pada gambar dibawah sebagai berikut:



Gambar 2. 3 *Brushless DC motor (mid-drive)*



Gambar 2. 4 *Brushless DC motor (Hub-drive)*

2.5 Baterai

Dalam kendaraan listrik, baterai menjadi sumber utama penyimpanan energi. Baterai ini dianggap sebagai faktor kunci dalam kesuksesan kendaraan listrik. Ada beberapa jenis baterai yang digunakan, termasuk baterai yang dapat diisi ulang dan baterai sekali pakai. Berikut adalah beberapa jenis baterai yang dapat diisi ulang yang umum digunakan (Nishana, et. al., 2018) :

1. Baterai Asam Timbal

Baterai ini merupakan baterai yang dapat diisi ulang pertama yang dikembangkan oleh Gaston Planté pada tahun 1860. Baterai ini menggunakan asam sulfat korosif sebagai elektrolit dengan elektroda positif terbuat dari timbal oksida (PbO_2) dan elektroda negatif terbuat dari timbal spons (Pb). Baterai asam timbal dapat ditemukan tidak hanya pada kendaraan listrik, tetapi juga pada mobil konvensional.

2. Baterai Nikel Kadmium

Baterai ini ditemukan oleh Waldemar Jungner pada tahun 1899. Baterai ini menggunakan hidroksida nikel sebagai elektroda positif dan hidroksida kadmium sebagai elektroda negatif. Baterai nikel kadmium menjadi populer sebagai baterai

untuk perangkat elektronik portabel.

3. Baterai Nikel Logam Hidrida

Baterai ini menggunakan paduan yang dapat menyimpan hidrogen sebagai elektroda negatif. Baterai ini dikembangkan setelah ditemukannya paduan hidrida baru yang lebih stabil daripada logam hidrida sebelumnya. Baterai nikel logam hidrida memiliki keunggulan dibandingkan dengan baterai nikel kadmium, termasuk ramah lingkungan karena tidak mengandung logam berbahaya.

4. Baterai Ion Litium

Baterai ion litium diajukan oleh M Stanley Whittingham pada tahun 1970-an. Baterai ini menggunakan oksida logam sebagai elektroda positif dan karbon sebagai elektroda negatif. Baterai ion litium memiliki keunggulan ringan, resistansi internal rendah, kapasitas muatan tinggi, dan dapat diisi dan dikosongkan dalam siklus yang tinggi. Baterai ion litium saat ini banyak digunakan dalam kendaraan listrik dan mobil hibrida *plug-in*.

Untuk tabel karakteristik tipe baterai dapat dilihat dibawah pada tabel 2-3 sebagai berikut:

Tabel 2- 3 Karakteristik tipe baterai

	Lead acid	Nickel cadmium	Nickel metal hydride	Lithium ion
Energy density (Wh/L)	60-100	60-150	100-300	200-735
Temperature (° C)	-20 – 45	0 – 50	0 - 50	-20 – 60
Specific power (W/kg)	75-100	120-150	250-1000	350-3000
Specific energy(Wh/kg)	30-60	60-80	60-120	100-275

Sumber daya listrik sepeda motor listrik memiliki dua tujuan. Tujuan pertama dan utama adalah menyediakan daya ke motor listrik. Tujuan kedua adalah menyediakan daya ke semua elektronik dan perangkat tambahan lainnya.

Jarak tempuh kendaraan listrik ditentukan oleh kapasitas baterai/energi dari sumber daya dan efisiensi sistem penggerak. Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan selama jarak tertentu tergantung pada kondisi operasi dan parameter kendaraan. Untuk memastikan bahwa sepeda motor listrik memiliki jarak operasional yang diinginkan, aspek penting dalam desain sumber daya kendaraan listrik adalah pemilihan teknologi sel dan jenis sel yang digunakan.

Kendaraan *hybrid* dan listrik memiliki paket baterai dengan tegangan tinggi yang terdiri dari modul dan sel individu yang diatur secara seri dan paralel. Sel adalah bentuk terkecil dan

terpakat yang dapat diambil oleh sebuah baterai dan umumnya memiliki tegangan 1 Volt hingga 6 Volt. Modul terdiri dari beberapa sel yang biasanya dihubungkan secara seri atau paralel. Paket baterai kemudian dirakit dengan menghubungkan modul bersama-sama, sel dihubungkan secara seri untuk mencapai tegangan motor sel dihubungkan secara paralel untuk mencapai arus pemakaian yang diinginkan oleh motor (MIT Electric Vehicle Team, 2008). Bentuk baterai dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Baterai

2.5.1 Battery Management Systems (BMS)

Sistem pengelolaan baterai (*Battery Management System* atau BMS) merupakan sistem penting dalam kendaraan listrik karena baterai yang digunakan pada kendaraan listrik tidak boleh terlalu terisi atau terlalu terdischarge. Jika hal itu terjadi, dapat menyebabkan kerusakan pada baterai, peningkatan suhu, mengurangi umur pakai baterai, dan kadang-kadang juga berdampak pada pengguna kendaraan. Sistem ini juga digunakan untuk memaksimalkan jarak tempuh kendaraan dengan menggunakan jumlah energi yang tersimpan dengan baik. Gambar Modul BMS SL-PRAPM07001V2 dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini :

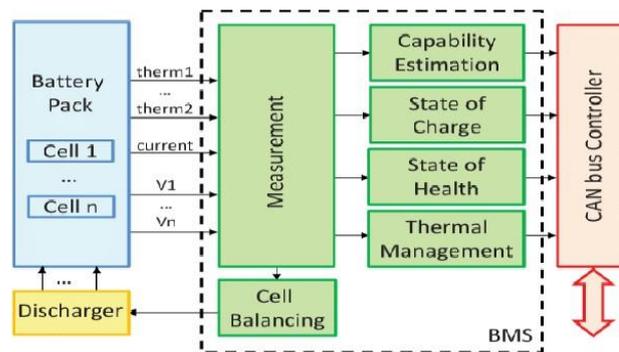


Gambar 2. 6 Modul BMS SL-PRAPM07001V2

Sistem pengelolaan baterai penting dengan alasan berikut:

1. Menjaga keamanan dan keandalan baterai.
2. Memantau dan mengevaluasi kondisi baterai.
3. Mengontrol status pengisian baterai.
4. Menyeimbangkan sel-sel baterai dan mengendalikan suhu operasional.
5. Mengelola energi regeneratif.

Dengan adanya sistem pengelolaan baterai, pengguna kendaraan listrik dapat memastikan bahwa baterai beroperasi dalam batas yang aman dan optimal, menjaga umur pakai baterai yang lebih lama, dan memaksimalkan efisiensi penggunaan energi yang disimpan dalam baterai (Bergveld, 2001). Gambar diagram blok BMS dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2. 7 Diagram Blok BMS

2.6 DC/DC Converter

Berbagai konfigurasi pasokan daya kendaraan listrik menunjukkan bahwa minimal satu konverter DC/DC diperlukan untuk menghubungkan modul FC (*Fuel Cell*), baterai, atau *supercapacitors* ke saluran DC. konverter DC ke DC merupakan jenis konverter daya yang merupakan rangkaian listrik yang mengubah arus searah (DC) dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan lainnya. Konverter ini bekerja dengan menyimpan energi masukan secara sementara sebelum kemudian melepaskan energi tersebut menghubungkan langsung ke dua perangkat secara paralel (FC/battery, FC/SC, atau battery/SC) memungkinkan, namun dalam metode ini daya yang ditarik dari setiap perangkat tidak dapat dikontrol secara aktif, melainkan ditentukan secara pasif oleh impedansi perangkat tersebut. Impedansi ini dipengaruhi oleh banyak parameter, seperti suhu, tingkat pengisian, kondisi kesehatan, dan titik operasi. Oleh karena itu, setiap perangkat mungkin beroperasi dalam kondisi yang tidak sesuai, misalnya dalam hal kesehatan dan efisiensi. Karakteristik tegangan juga harus sempurna sesuai antara

kedua perangkat, dan hanya sebagian kecil dari rentang operasi perangkat yang dapat dimanfaatkan. Misalnya, dalam konfigurasi baterai sel bahan bakar, sel bahan bakar harus menyediakan daya yang hampir sama setiap saat karena tegangan baterai yang tetap, dan dalam konfigurasi baterai/*supercapacitor* hanya sebagian kecil dari kemampuan pertukaran energi superkapasitor yang dapat digunakan. Hal ini juga disebabkan oleh tegangan baterai yang hampir konstan. Dengan memperkenalkan konverter DC/DC, kita dapat memilih variasi tegangan perangkat dan daya setiap perangkat dapat dikendalikan (Schaltz & Rasmussen, 2008). Gambar *DC/DC Converter* dapat dilihat pada gambar 2.8 sebagai berikut:



Gambar 2. 8 DC/DC Converter

2.6.1 Konverter Non- Isolasi

Jenis konverter non-isolasi umumnya digunakan ketika perlu ada peningkatan atau penurunan tegangan dengan rasio yang relatif kecil (kurang dari 4:1). Juga, ketika tidak ada masalah terkait isolasi di elektrik antara output dan input. Terdapat lima jenis konverter utama dalam kelompok non-isolasi ini, yang sering disebut sebagai konverter *buck*, *boost*, *buck-boost*, *cuk*, dan *charge-pump*. Konverter *buck* digunakan untuk penurunan tegangan, sedangkan konverter *boost* digunakan untuk peningkatan tegangan. Konverter *buck-boost* dan *cuk* dapat digunakan baik untuk penurunan maupun peningkatan tegangan. Konverter *charge-pump* digunakan baik untuk peningkatan tegangan maupun inversi tegangan, namun hanya dalam aplikasi daya rendah.

2.6.2 Konverter Isolasi

Biasanya, dalam jenis konverter ini, digunakan transformator frekuensi tinggi. Pada aplikasi di mana *output* harus sepenuhnya terisolasi dari *input* diperlukan konverter isolasi. Terdapat banyak jenis konverter dalam kelompok ini, seperti *Half-Bridge*, *Full-Bridge*, *Fly-back*, *Forward*, dan *Push-Pull DC/DC converters* (Garcia et al., 2005), (Cacciato et al., 2004).

Semua konverter ini dapat digunakan sebagai *converter* dua arah, dan rasio penurunan atau peningkatan tegangan yang tinggi.

2.7 Transmisi

Fungsi transmisi sepeda motor adalah untuk mengirimkan daya dari motor ke penggerak akhir dan mengubah torsi motor menjadi torsi dan kecepatan yang diperlukan untuk akselerasi dan kecepatan maksimum sepeda motor. Transmisi sepeda motor sering disebut sebagai jenis penggerak dan terdiri dari 3 jenis, yaitu penggerak rantai (*chain drive*), penggerak sabuk (*belt drive*).

2.7.1 Rantai

Sebagian besar sepeda motor dan sepeda dilengkapi dengan rantai karena rantai dapat diandalkan dan murah untuk dirawat. Rantai dapat menahan aplikasi torsi tinggi dan oleh karena itu digunakan oleh hampir semua sepeda motor dengan tenaga tinggi. Kehilangan daya dalam rantai dikatakan kurang dari 3%, dan oleh karena itu dianggap sebagai cara yang efisien untuk mentransfer daya motor ke penggerak akhir (S Burges, 2004). Rantai rol adalah bagian standar dan oleh karena itu relatif murah. Rantai membutuhkan penyelarasan antara sproket motor dan sproket penggerak akhir. Selain itu, tegangan rantai diperlukan untuk operasi yang optimal. Rantai rol murah untuk dirawat tetapi membutuhkan perawatan yang sering dan tepat waktu (pembersihan, pelumasan). Karena adanya pelumas pada rantai, mereka cenderung kotor. Gambar rantai dapat dilihat pada gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2. 9 Rantai

2.7.2 Penggerak Sabuk (*Belt Drive*)

Belt drives menggunakan sabuk dan puli untuk mentransfer daya ke penggerak akhir. *Belt drives* lebih jarang digunakan dan sebagian besar digunakan dalam sepeda motor *cruiser*. Dikatakan bahwa *belt drives* memiliki pengiriman daya yang lebih halus ke penggerak akhir dan oleh karena itu sering digunakan pada sepeda motor *cruiser*. Kehilangan daya dalam *belt drive* dinyatakan sekitar 6 hingga 9%. *Belt drive* tidak memerlukan perawatan, akan tetapi sabuknya mahal untuk diganti ketika perlu penggantian. Gambar *belt drive* dapat dilihat pada gambar 2.10 sebagai berikut:



Gambar 2. 10 *Belt Drive*

2.8 *BLDC Control Unit*

Pengendali kontrol motor *Brushless Direct Current* (BLDC) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengendalikan putaran dan arah putar motor BLDC. Gambar *BLDC Control Unit* dapat dilihat pada gambar 2.11 sebagai berikut:

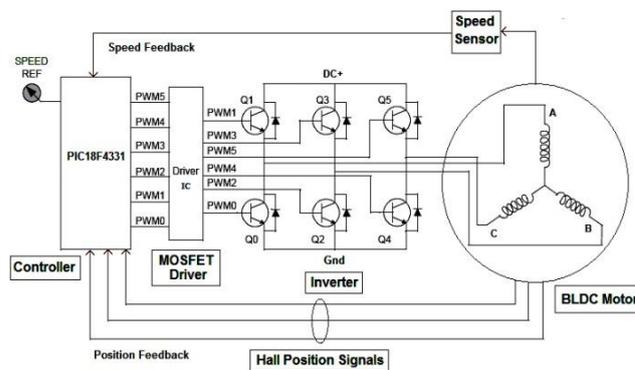


Gambar 2. 11 *BLDC Control Unit*

Operasi rangkaian pengendali motor BLDC (*Brushless Direct Current*) melibatkan penggunaan mikrokontroler untuk mengendalikan motor berdasarkan sinyal masukan dari sensor *Hall*. Pulsa digital (pola bit) yang dihasilkan oleh sensor *Hall* disalurkan ke mikrokontroler. Mikrokontroler ini memiliki fitur bawaan untuk menghasilkan *interrupt*

eksternal ketika terjadi perubahan bit pada salah satu dari tiga sinyal posisi *Hall*. Fitur ini sangat berguna dalam merancang algoritma kontrol motor.

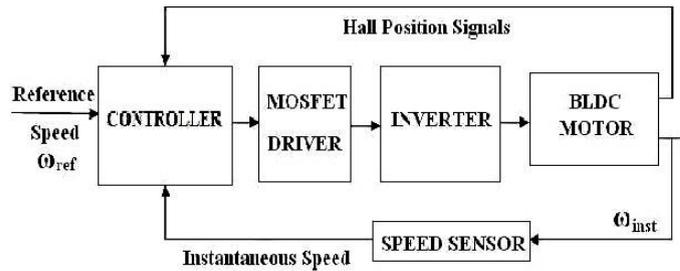
Ketika terjadi perubahan bit pada salah satu sinyal masukan Hall, urutan eksekusi program melompat ke alamat *interrupt*. Mikrokontroler yang digunakan dalam kasus ini, yaitu PIC184331, memiliki delapan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang didedikasikan (M. George et al 2011), enam sinyal PWM diperlukan untuk mengendalikan enam *gate* MOSFET dari inverter jembatan penuh tiga fasa. *Inverter* ini bertanggung jawab langsung mengendalikan tiga fasamotor BLDC. Gambar skema motor BLDC dapat dilihat pada gambar 2.12 sebagai berikut:



Gambar 2. 12 Skema Pengendali motor BLDC berbasis mikrokontrolerPIC184331

Berdasarkan posisi rotor, saluran PWM (*Pulse Width Modulation*) yang sesuai diaktifkan, yang pada gilirannya mengendalikan fasa-fasa yang sesuai pada stator motor BLDC melalui MOSFET dari inverter. Urutan komutasi yang tepat (searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam) untuk pola bit *Hall* yang sesuai harus disimpan dalam format tabel pencarian di dalam mikrokontroler itu sendiri setelah melakukan percobaan yang tepat pada motor. Urutan ini memungkinkan energi fasa yang tepat untuk rotasi satu arah secara terus-menerus melalui komutasi elektronik. Dalam pekerjaan ini, mikrokontroler PIC184331 digunakan untuk memanfaatkan fitur-fitur yang berguna dalam mengimplementasikan sistem pengendalian motor.

Motor BLDC (*Brushless DC*) digunakan dengan parameter-parameter yang disesuaikan dengan motor yang sebenarnya. Model motor ini mencakup resistansi rotor, induktansi, konstanta *back-emf*, dan konstanta torsi dengan skema pada gambar 2.13 sebagai berikut:



Gambar 2. 13 Skema diagram BLDC motor drive

Untuk mengendalikan motor BLDC dengan skema pengendalian yang menggunakan sensor, diperlukan informasi posisi rotor. Tiga sensor *Hall* ditempatkan pada tiga fase stator untuk memberikan informasi posisi ini kepada pengendali. Sensor *Hall* menghasilkan sinyal tegangan +5V (logika *High*) atau 0V (logika *Low*) tergantung pada posisi kutub rotor terhadap sensor yang bersangkutan. Dalam *proteus*, sensor-sensor ini terintegrasi dalam model motor dan keluaran sinyalnya dapat diambil.

Sensor kecepatan digunakan untuk mendeteksi kecepatan motor secara instan. Biasanya, sensor kecepatan yang digunakan adalah *tacho-generator* yang terhubung dengan poros motor dan menghasilkan sinyal tegangan proporsional terhadap kecepatan motor. Dalam *Proteus*, model motor sudah dilengkapi dengan *tacho-generator* yang menghasilkan sinyal tegangan analog sesuai dengan kecepatan rotasi motor.

Konversi sinyal analog ke digital *Analog to digital converter* (ADC) diperlukan karena mikrokontroler bekerja dengan logika digital. Dalam kasus ini, konversi ADC dilakukan oleh mikrokontroler PIC18F4331 yang memiliki modul ADC 10-bit berkecepatan tinggi. Keluaran *tacho-generator* diubah skala menggunakan pembagi tegangan resistor agar tegangan analog yang masuk ke saluran ADC mikrokontroler sesuai dengan rentang +5V.

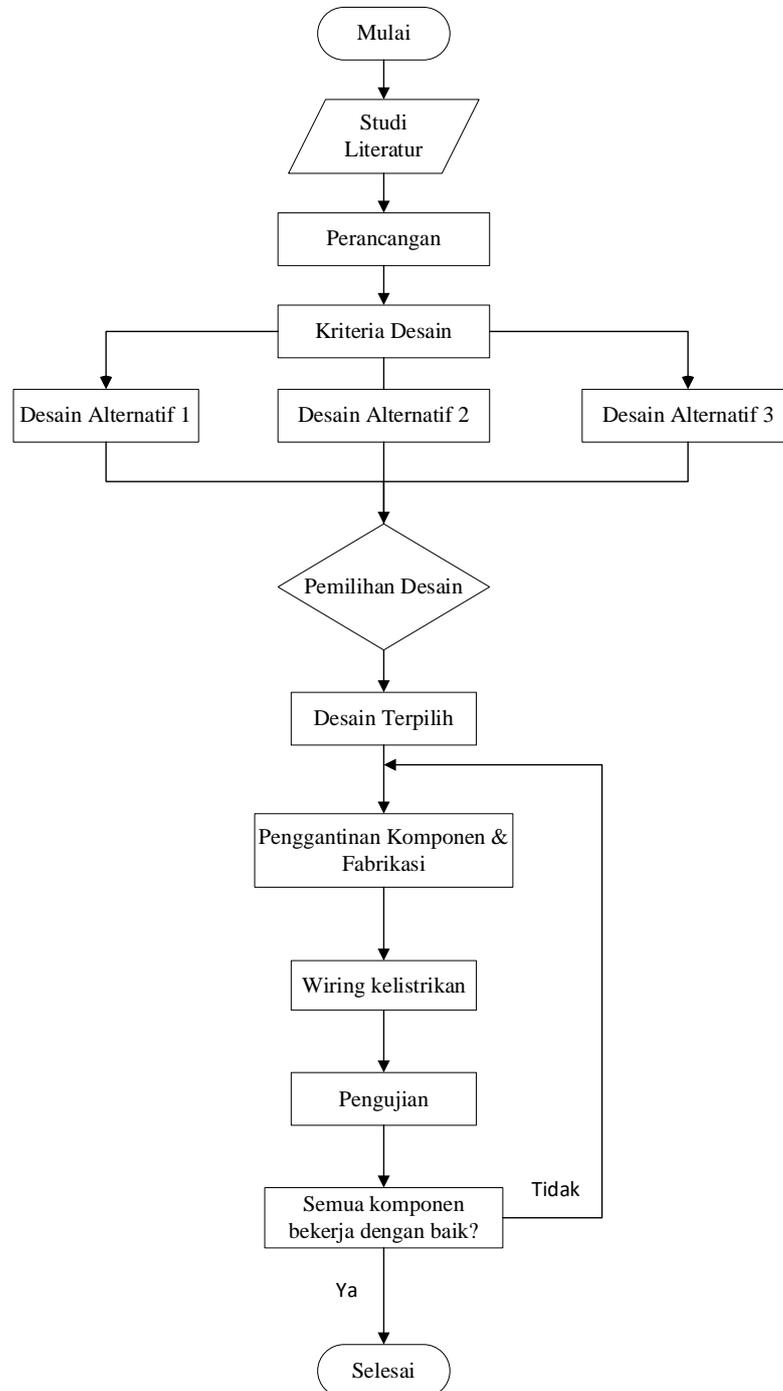
Pengendali utama adalah mikrokontroler PIC18F4331. Mikrokontroler ini memproses sinyal posisi *Hall* digital dan umpan balik kecepatan dari *tacho-generator*. Algoritma pengendalian yang sesuai digunakan untuk menggerakkan motor. Keluaran utama dari mikrokontroler adalah sinyal sakelar PWM untuk mengendalikan enam MOSFET pada inverter dan memungkinkan rangkaian elektronik pada waktu yang tepat. Driver MOSFET digunakan untuk mengaktifkan MOSFET dengan sukses. Mikrokontroler menghasilkan sinyal logika "*High*" sebesar +5 Volt DC dan logika "*Low*" sebesar 0 Volt. *Driver Gate* MOSFET dirancang untuk menarik level +5V menjadi level +12 hingga +15V agar MOSFET aktif. Sinyal PWM dikirimkan ke MOSFET dari mikrokontroler dengan sinkronisasi yang tepat, memberikan isolasi listrik antara rangkaian pengendali dan rangkaian daya. IC IR2101 digunakan sebagai *driver* MOSFET dalam *Proteus*.

Inverter menggunakan MOSFET IRFZ44N tipe *n-channel* untuk menggerakkan motor BLDC secara langsung. Driver MOSFET mentransmisikan sinyal PWM yang sesuai untuk mengaktifkan MOSFET pada jembatan inverter tiga fasa dengan sinkronisasi sinyal posisi *Hall*.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



3.2 Perancangan

Dalam proses perancangan konversi sepeda motor bensin ke motor listrik memiliki 3 alternatif desain, melibatkan modifikasi kendaraan untuk memasang motor listrik dan baterai. Hal ini meliputi perubahan pada sistem transmisi, penggantian tangki bahan bakar dengan ruang baterai, penyesuaian struktur kendaraan, dan pemasangan komponen pendukung.

3.2.1 Kriteria Desain

Beberapa kriteria desain yang harus diperhatikan saat merancang sepeda motor listrik yaitu, baterai yang dirancang dengan cara yang aman, sepeda motor listrik dirancang agar mudah pada proses bongkar pasang, motor BLDC ditempatkan didalam blok mesin untuk melindungi motor BLDC dari air maupun debu, sistem pengisian daya pada sepeda motor listrik harus dapat mengecas baterai dengan cepat dan efektif, serta fitur keamanan yang cukup untuk melindungi pengendara seperti sistem pengereman yang dapat diandalkan dan lampu rem pada sepeda motor listrik.

3.2.2 Desain Alternatif 1

Pada desain alternatif 1 motor konversi bahan bakar bensin ke motor listrik memiliki beberapa perubahan terkait dengan konsep peletakan motor listrik, seperti posisi baterai, pelepasan beberapa komponen yang tidak relevan. Gambar desain alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Desain Alternatif 1

Komponen desain alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 3-1 dibawah sebagai berikut.

Tabel 3- 1 Komponen desain alternatif 1

NO	Komponen yang dilepas	Komponen yang dipasang
1.	<i>Handle transmisi</i>	Digital monitor
2.	Spakbor depan	DC to DC Converter
3.	Tangki	Batterai 48 V 5 A 0,96 kwh + BMS
4.	Karburator, Set Piston, Gear Transmisi, Engkol Stator, Busi	BLDC Motor <i>Mid-drive</i> 2000 W
5.	Spakor Belakang	BLDC <i>Motor Controller</i>
6.	Batok Lampu	<i>Box Mounting</i> Baterai 290×170×70 mm

Desain alternatif 1 memiliki beberapa kelemahan dan kelebihan yang akan ditunjukkan pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3- 2 Kelemahan dan Keunggulan desain alternatif 1

Kelemahan	Keunggulan
Biaya modifikasi blok mesin tinggi.	Dudukan motor listrik menjadi rigid dan mudah dibongkar pasang.
Proses fabrikasi modifikasi blok mesin cukup rumit.	Akselerasi.
Membutuhkan penyesuaian teknis mengenai jarak antar poros motor listrik dengan poros roda belakang.	Terdapat monitor digital menyangkut informasi kapasitas baterai, kecepatan, dan jarak.
-	Akses perbaikan mudah.

3.2.3 Desain Alternatif 2

Desain alternatif 2 motor konversi bahan bakar bensin ke motor listrik memiliki beberapa perubahan terkait dengan peletakan motor listrik yang ditopang oleh komponen pendukung tambahan dengan *bracket*, posisi baterai, pelepasan beberapa komponen yang tidak relevan, desain ini dapat mengurangi bobot sehingga dapat menambah akselerasi. Gambar desain alternatif 2 dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Desain Alternatif 2

Pada tabel 3-3 dibawah dalam desain alternatif 2 terdapat beberapa komponen dari desain alternatif 2.

Tabel 3- 3 Komponen desain alternatif 2

NO	Komponen yang dilepas	Komponen yang dipasang
1.	<i>Handle transmisi</i>	Digital monitor
2.	Spakbor depan	DC to DC Converter
3.	Tangki	Batterai 48 V 5 A 0,96 kwh + BMS
4.	Karburator, Set Piston, Gear Transmisi, Engkol Stator, Busi	BLDC Motor <i>Mid-Drive</i> 2000 W
5.	Spakor Belakang	BLDC <i>Motor Controller</i>
6.	Batok Lampu	<i>Box Mounting</i> Baterai 290×170×70 mm
7.	Blok Mesin	Braket Motor Listrik
8.	-	<i>Custom Handle Footstep</i>

Pada tabel 3-4 dibawah dalam desain alternatif 2 terdapat beberapa kelemahan dan keunggulan dari proses perencanaanya.

Tabel 3- 4 Kelemahan dan Keunggulan desain alternatif 2

Kelemahan	Keunggulan
Dudukan motor listrik tidak begitu kuat	Bobot lebih ringan dari desain alternatif 1
Membutuhkan banyak parts pendukung	Akselerasi
Posisi footstep kurang nyaman	Terdapat monitor digital menyangkut informasi kapasitas baterai, kecepatan, dan jarak
-	Akses perbaikan mudah

3.2.4 Desain Alternatif 3

Desain alternatif 3 motor konversi bahan bakar bensin ke motor listrik memiliki beberapa perubahan yang sangat signifikan pada struktur motor sebelumnya hal ini bertujuan untuk menambah kesan *sporty* dan juga simplifikasi, pada desain alternatif 3 motor BLDC yang digunakan adalah BLDC *hub-drive* yang ditempatkan pada roda belakang. Gambar desain alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Desain Alternatif 3

Desain alternatif 3 memiliki beberapa komponen desain yang ditunjukkan pada Tabel 3-4 dibawah ini.

Tabel 3- 4 Komponen desain alternatif 3

NO	Komponen yang dilepas	Komponen yang dipasang
1.	Handle transmisi	Digital monitor
2.	Spakbor depan	DC to DC Converter
3.	Tangki	Batterai 48 V 5 A 0,96 kwh + BMS
4.	Karburator, Set Piston, Gear Transmisi, Engkol Stator, Busi	BLDC Motor <i>hub-drive</i> 2000 W
5.	Spakor Belakang	BLDC Motor Controller
6.	Batok Lampu	Box Mounting Baterai 290×170×70 mm
7.	Blok Mesin	Braket Motor Listrik
8.	-	Custom Handle Footstep

Pada tabel 3-5 dibawah dalam desain alternatif 3 terdapat beberapa kelemahan dan keunggulan dari proses perencanaanya.

Tabel 3- 5 Kelemahan dan Keunggulan desain alternatif 3

Kelemahan	Keunggulan
Kurang ergonomis	Kesan <i>sporty</i> dan simpel
Membutuhkan banyak waktu dalam proses implementasi desain	Akselerasi
Akses perbaikan sulit	Terdapat monitor digital menyangkut Informasi kapasitas baterai, kecepatan, dan jarak.
Membutuhkan banyak modifikasi pada struktur rangka	-

3.3 Proses Konversi

Proses konversi sepeda motor bensin menjadi motor listrik memerlukan beberapa aspek teknis terkait sistem elektronik dan mekanikal. Berikut adalah beberapa tahapan dalam konversi sepeda motor bensin menjadi motor listrik:

1. Perencanaan

Sepeda motor bensin yang akan diubah menjadi motor listrik adalah honda C70 memiliki berat kosong 70 Kg, dengan dimensi yang dapat dilihat pada tabel 3-6 dibawah sebagai berikut:

Tabel 3- 6 Dimensi Motor Honda C70

Dimensi	
Panjang	1805 mm
Lebar	685 mm
Tinggi	995 mm
Jarak Sumbu Roda	1180 mm
Tinggi Jok	760 mm
Jarak ke Tanah	130 mm

a. Motor Listrik

Motor listrik sepeda motor yang akan dikonversi adalah tipe BLDC *Mid-drive* dengan daya 2000 W dengan putaran 4200 rpm memiliki diameter 110 mm, panjang *casing* 124 mm, panjang *shaft* 29 mm.

b. Baterai

Baterai yang digunakan *Lithium-ion* 48V 20Ah yang telah dilengkapi dengan BMS (*Battery Management System*).

c. Sistem Pengisian Baterai

Sistem pengisian baterai yang digunakan dengan adaptor DC 48V 5A.

d. Sistem Transmisi

Tipe sistem transmisi yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari motor listrik ke roda belakang menggunakan sistem transmisi rantai dan *sprocket*.

e. Sistem Kontrol

Sistem *controller* yang digunakan untuk mengontrol putaran BLDC motor menggunakan *throttle* adalah BLDC *Controller* untuk BLDC daya 2 kW.

2. Pelepasan Komponen

Pelepasan setiap komponen yang tidak diperlukan oleh motor listrik.

3. Fabrikasi

Pembuatan komponen pendukung untuk menyesuaikan perubahan dari tata letak mekanisme motor bensin ke motor listrik yang memiliki dimensi yang berbeda.

4. Instalasi Komponen

Pemasangan komponen-komponen berdasarkan tata letak yang telah ditentukan dalam desain.

5. Uji coba dan Penyetelan

Setelah instalasi selesai, dilakukan uji coba motor listrik secara menyeluruh dan penyetelan yang diperlukan untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik.

3.4 Parameter Pengujian

Pengujian performa motor listrik konversi melibatkan beberapa parameter penting yang perlu diukur dan dianalisis. Beberapa parameter ini adalah:

1. Tenaga (*Horsepower* / HP): Tenaga adalah kemampuan motor listrik untuk menghasilkan daya atau melakukan kerja. Ini diukur dalam *horsepower* atau HP dan menunjukkan seberapa kuat motor listrik dalam menggerakkan kendaraan. Torsi (*Torque*): Torsi mengukur gaya putar yang dihasilkan oleh motor listrik. Semakin besar torsi, semakin besar daya yang diterapkan pada roda kendaraan, yang mempengaruhi percepatan dan kelincahan kendaraan.
2. Kecepatan Maksimum: Ini adalah kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh kendaraan yang ditenagai oleh motor listrik. Kecepatan maksimum ini dipengaruhi oleh faktor seperti torsi motor, perbandingan gigi, dan karakteristik aerodinamika kendaraan.
3. Konsumsi Energi: Pengujian juga melibatkan pengukuran konsumsi energi kendaraan listrik selama periode perjalanan tertentu. Ini biasanya diukur dalam kilowatt-hour (kWh) per mil atau kilometer. Pengukuran konsumsi energi ini membantu dalam menilai efisiensi kendaraan dan daya tahan baterai. Jarak tempuh maksimum ini mengacu pada jarak maksimum yang dapat ditempuh oleh kendaraan dengan satu kali pengisian baterai penuh. Pengujian jarak tempuh ini penting untuk mengevaluasi kinerja dan kepraktisan kendaraan listrik dalam situasi penggunaan sehari-hari.
4. Keamanan: Pengujian juga harus mencakup aspek keamanan kendaraan listrik konversi. Ini mencakup pemeriksaan sistem rem, sistem pengisian listrik, dan komponen keselamatan lainnya untuk memastikan kendaraan aman digunakan. Efisiensi motor listrik merupakan perbandingan antara daya

keluaran dengan daya masukan pada motor. Pengujian ini membantu mengidentifikasi seberapa efisien motor dalam mengubah energi listrik menjadi tenaga mekanik.

5. Waktu Pengisian Baterai: Waktu pengisian baterai adalah waktu yang diperlukan untuk mengisi daya baterai kendaraan listrik dari kosong hingga penuh. Pengujian ini membantu menilai kemudahan dan efisiensi pengisian baterai.

3.4.1 Alat Uji

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan pengujian berdasarkan indikator/parameter yang telah ditentukan antara lain:

1. Alat *Dyno Test*: Digunakan untuk mengukur performa dan tenaga mesin dalam satuan tenaga, seperti *horsepower* (HP) atau Kilowatt (kW). Selain itu, *dyno test* juga dapat mengukur torsi yang dihasilkan oleh mesin dalam satuan Newton-meter (Nm) atau Kilogram-meter (Kgm).
2. kWh-meter: Alat ukur listrik khusus yang digunakan untuk mengukur daya listrik yang digunakan oleh beban listrik per satuan waktu, biasanya dalam satuan jam. Terdapat dua jenis kWh-meter yaitu kWh-meter satu fasa dan kWh-meter tiga fasa. Alat ini digunakan untuk mengukur jumlah daya yang digunakan dalam proses pengisian motor listrik.
3. Odometer: Alat yang digunakan untuk mengukur dan mencatat jarak tempuh kendaraan. Biasanya terletak di dalam panel instrumen kendaraan dan menunjukkan angka-angka yang mewakili jarak tempuh dalam satuan kilometer.
4. AVO Meter (*Avometer*): Alat pengukur listrik yang sering digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan resistansi dalam rangkaian listrik. AVO meter dapat mengukur tegangan listrik dalam satuan volt, arus listrik dalam satuan ampere, dan resistansi (hambatan) dalam satuan ohm. Dalam pengujian ini, AVO meter digunakan untuk mengukur tegangan baterai.

Semua alat dan bahan tersebut berperan penting dalam proses pengujian untuk mengumpulkan data dan informasi yang akurat mengenai performa mesin, konsumsi listrik, dan jarak tempuh kendaraan yang diuji.

3.4.2 Langkah Pengujian

Dalam proses pengujian, terdapat beberapa langkah-langkah untuk pengambilan data sebagai berikut:

1. Pengambilan Data Performa Motor dengan Dyno

Pada tahap ini, motor listrik konversi akan dipasang pada alat *dyno*. Kemudian, motor akan dijalankan dengan berbagai tingkat kecepatan untuk merekam data seperti torsi, kecepatan rotasi, daya *output*, dan kecepatan maksimum. Setelah pengujian selesai, data yang terkumpul akan dianalisis untuk mengevaluasi performa motor dalam berbagai kondisi.

2. Pengambilan Data Performa di Jalan

Tahap ini melibatkan pengujian langsung di jalan. Motor akan diuji untuk mengukur jarak tempuh yang dihasilkan dari pengecasan baterai penuh. Selanjutnya, akan dihitung konsumsi energi dalam satuan kWh per kilometer. Setelah pengujian selesai, data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengevaluasi performa motor secara keseluruhan.

3. Pengujian Keamanan

Pada tahap ini, dilakukan pengujian keamanan kendaraan dalam berbagai situasi. Pengujian termasuk ketahanan kendaraan saat melewati polisi tidur dan saat terkena hujan. Selain itu, akan diuji fitur keamanan standar samping yang mencegah motor berjalan saat standar samping diturunkan.

4. Pengujian Konsumsi Daya

Tahap ini melibatkan penggunaan kWh-meter untuk mengukur energi listrik yang digunakan selama proses pengisian daya kendaraan. Selain itu, waktu pengisian daya juga akan dicatat. Setelah pengujian selesai, data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengetahui biaya operasional kendaraan dan waktu pengisian daya yang diperlukan.

Seluruh langkah-langkah tersebut dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang komprehensif mengenai performa motor listrik, konsumsi energi, keamanan, dan biaya operasional kendaraan. Data-data ini nantinya akan digunakan untuk evaluasi dan peningkatan kualitas kendaraan listrik yang diuji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Berdasarkan pertimbangan dari ketiga desain alternatif, Desain alternatif 1 dipilih karena beberapa pertimbangan diantaranya:

1. Akses perbaikan mudah, setiap komponen pada desain 1 akses terhadap komponen mudah dilepas dan dipasang, memudahkan untuk *maintenance* apabila suatu saat ada komponen yang rusak.
2. Proses fabrikasi tidak membutuhkan waktu yang lama karena tidak banyak komponen pendukung yang harus dibuat secara *custom*.
3. Pemasangan BLDC motor kedalam blok mesin dapat menjadikan pijakannya lebih rigid dan melindungi *body* BLDC Motor dari guncangan.

Desain dan sistem konversi motor listrik yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2 dibawah sebagai berikut:



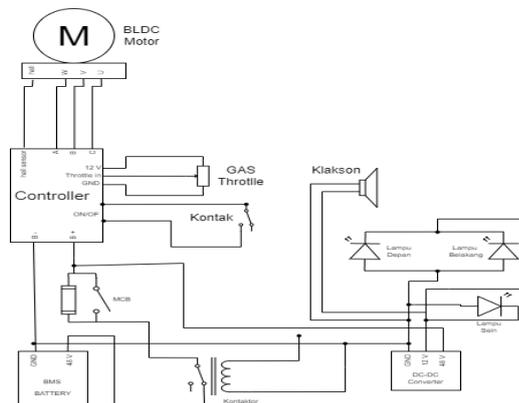
Gambar 4. 1 Desain terpilih



Gambar 4. 2 Desain sistem

4.1.1 Desain Sistem Kontrol

Desain sistem kontrol elektrik dengan *controller* yang terintegrasi dengan BLDC Motor, BMS, DC-DC *converter*, Kontak ON/OFF, Kontaktor. Berikut mekanisme sistem seperti pada gambar 4.3 dibawah ini :



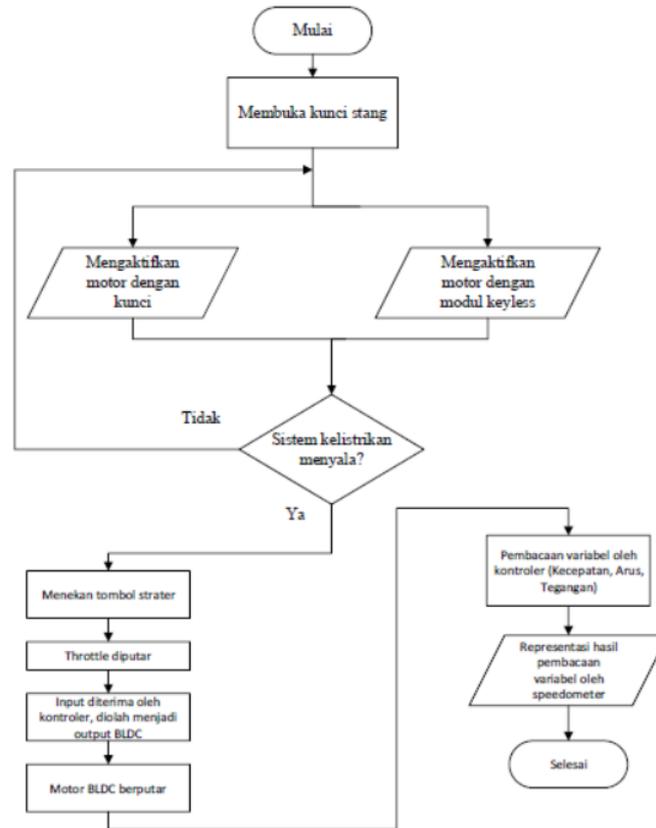
Gambar 4. 3 *Electrical Wiring*

1. Deteksi posisi rotor: Sensor *Hall Effect* akan mendeteksi posisi rotor pada motor, memberikan informasi mengenai sudut posisi rotor tersebut ke mikrokontroler.

2. Komputasi: Mikrokontroler akan memproses data dari sensor *Hall Effect* dan menghitung torsi dan arah putaran yang dibutuhkan berdasarkan perintah dari pengendara (misalnya, lewat *gashandle* atau pedal akselerator).
3. Pengaturan pulsa listrik: Mikrokontroler akan menghasilkan sinyal keluaran berupa pulsa-pulsa listrik dengan lebar dan frekuensi tertentu untuk setiap fase motor BLDC.
4. Kontrol kecepatan: Sinyal pulsa listrik dikirim ke ESC (*Electronic Stability Control*), yang kemudian mengontrol jumlah daya yang masuk ke motor sesuai dengan kecepatan yang diminta. ESC mengubah lebar dan frekuensi pulsa listrik untuk mengatur kecepatan putaran motor sesuai dengan permintaan pengendara.
5. Putaran motor: Motor BLDC menerima pulsa listrik dari ESC dan berputar sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh sistem kontrol. Hal ini menghasilkan tenaga mekanis yang digunakan untuk menggerakkan sepeda motor.

Proses ini berlangsung secara terus-menerus, sehingga sistem kontrol BLDC Motor dapat mengendalikan dan mengatur putaran motor sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengendara sepeda motor listrik.

Dalam melakukan pengisian daya baterai keadaan MCB harus *off* untuk menghindari *short circuit* pada sistem kelistrikan motor. Setelah dihubungkan ke MCB, jalur baterai diparalelkan ke *controller* dan *DC to DC Converter*. Jalur baterai yang dihubungkan ke *controller* berfungsi untuk menyuplai arus listrik, kemudian *controller* mengatur segala kelistrikan pada motor listrik. Sedangkan jalur yang dihubungkan ke *DC to DC Converter* berfungsi untuk menyuplai kelistrikan, seperti *handle* kiri, lampu utama, lampu rem, lampu sein, dan klakson. Mekanisme cara kerja sistem dapat dilihat pada gambar 4.4 *flowchart* mekanisme kerja sistem sebagai berikut:



Gambar 4. 4 *flowchart* mekanisme kerja sistem

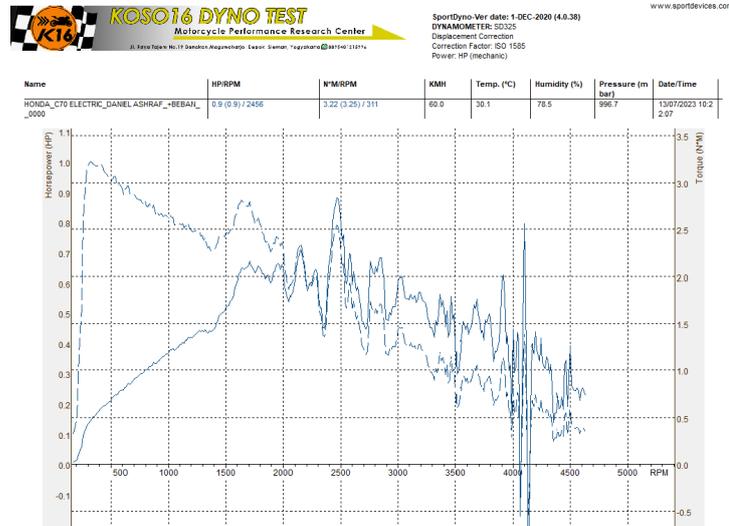
4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Hasil Pengujian dengan Dyno

Dalam pengujian untuk indikator tenaga (*horsepower*), data diambil menggunakan mesin *dynamometer*. Pada pengujian ini, mesin *dyno* yang digunakan adalah *Leads Dynamometer*.

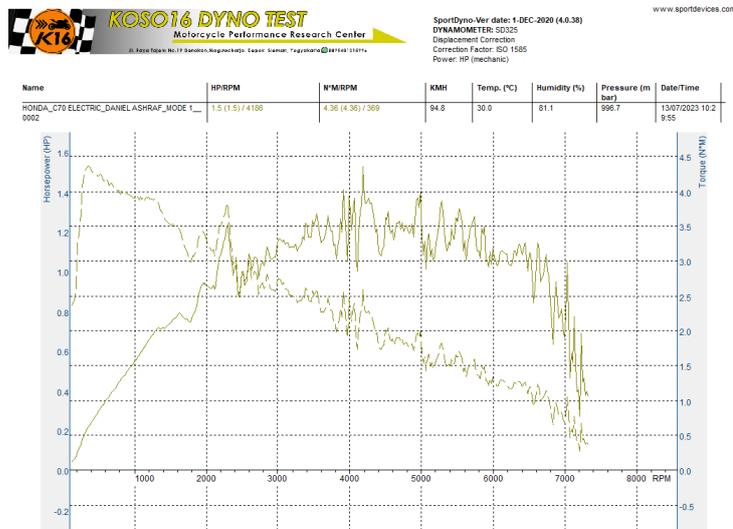
Dari hasil pengujian dengan penambahan beban 60 kg, didapatkan data tenaga (*horsepower*) sebesar 0,9 HP pada putaran 311 RPM. Dari grafik hasil *dyno* pada gambar 4.5 dan 4.6 yang dilakukan menggunakan KOSO16 *Dyno Test* menunjukkan adanya peningkatan tenaga yang sangat cepat, dan puncak tenaga tercapai pada putaran dinamo yang rendah. Keadaan ini memberikan pengalaman berkendara yang optimal, terutama dalam situasi *stop and go*, karena pengendara

tidak perlu menunggu putaran motor listrik yang tinggi untuk mendapatkan puncak tenaga yang diinginkan. Karakteristik ini merupakan salah satu kelebihan dari motor listrik.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian dyno dengan beban 60 Kg

Dari hasil pengujian tanpa beban, didapatkan data tenaga sebesar 1,5 HP (*horsepower*) pada putaran 369 RPM.



Gambar 4. 6 Hasil dyno test tanpa beban

4.2.2 Performa pada saat *on road*

Pada desain spesifikasi sistem, kecepatan motor didesain maksimal sebesar 70 km/jam. Pada proses pengambilan data yang dilakukan selama 3 kali diperoleh data seperti pada tabel 4-1 dibawah sebagai berikut:

Tabel 4- 1 Hasil pengujian kecepatan saat *on road*

Kondisi	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Rata-rata
Dengan Beban 60 Kg	60 km/h	58 km/h	59 km/h	59 km/h
Tanpa Beban	93,5 km/h	93,5 km/h	94,8 km/h	93,93 km/h

Berdasarkan dari data pengujian kecepatan pada saat *on road* diperoleh kecepatan rata-rata 59 km/h pada kondisi adanya beban, dan diperoleh kecepatan rata-rata 93,93 km/h pada kondisi tanpa beban.

4.2.3 Pengujian Keamanan

Pada pengujian kewanaman dilakukan dengan mencuci kendaraan listrik menggunakan metode pembersihan biasa. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan kendaraan terhadap proses pencucian dan kemampuannya untuk tetap berfungsi dengan baik setelah terpapar air dan bahan pembersih. Dalam pengujian ini, kendaraan listrik dibersihkan menggunakan produk pembersih yang umum digunakan, seperti air dan sabun, untuk memastikan bahwa kendaraan tetap dalam kondisi optimal dan terlindungi dari kerusakan akibat proses pencucian, diharapkan kendaraan listrik dapat memberikan tingkat keamanan yang baik dan tetap berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi, termasuk saat terpapar air selama proses pencucian.

4.2.4 Konsumsi Daya

Pengukuran konsumsi daya kendaraan listrik konversi ini, dilakukan pengisian daya baterai hingga mencapai kapasitas penuh. Proses pengisian tersebut membutuhkan waktu selama 3 jam dengan menggunakan charger berkapasitas 54V

5A. Selama rentang waktu pengisian tersebut, baterai berhasil terisi dengan daya sebesar 960 Wh. Untuk gambar pengisian daya honda C70 dapat dilihat pada gambar 4.7 sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Pengisian Daya Honda C70 Konversi

Setelah proses pengisian daya selesai, kendaraan listrik konversi mampu menempuh jarak sejauh 16 km dengan kecepatan 40 km/h, dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, kita dapat melakukan perhitungan untuk mengetahui konsumsi energi pada kendaraan listrik konversi, perhitungan konsumsi energi dapat dilihat pada persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{bp}}{D_v} \quad 2.1$$

Dimana :

$E_{bp} = \text{Energy Battery Pack (Wh)}$

$E_{avg} = \text{Energi Average (Wh/km)}$

$D_v = \text{Jarak Tempuh (km)}$

$$E_{avg} = \frac{960}{16} = 60 \frac{Wh}{km} \quad 2.2$$

Berdasarkan hasil perhitungan konsumsi daya rata-rata pada sepeda motor listrik dengan daya 2 kW, kecepatan rata-rata 40 km/jam adalah 60 Wh/km.

Jika diasumsikan harga listrik dari PLN senilai Rp 1.444 per kWh maka dalam biaya yang dikeluarkan dalam 1 kali pengisian daya sampai penuh adalah Rp 1.386, artinya 1 km dikenakan biaya Rp 86,64 jika dibandingkan dengan mesin bensin sebelumnya 1 liter bensin dengan harga Rp.10.000 dapat menempuh jarak 60 km, artinya 1 km biayanya Rp. 166, Hal ini membuktikan bahwa biaya operasional motor listrik 52% lebih hemat daripada bahan bakar bensin.

4.3 Analisis dan Pembahasan

Kendaraan listrik hasil konversi ini menggunakan motor BLDC *mid-drive* dan telah berhasil melewati serangkaian pengujian performa, termasuk *dyno-test*, performa saat *on-road*, konsumsi daya, dan jarak tempuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendaraan ini mampu menghasilkan tenaga sebesar 0,9 HP dengan beban 60 kg dan mencapai kecepatan maksimal 60 km/jam. Motor menghasilkan torsi sebesar 3,25 N.m. Efisiensi konsumsi energi kendaraan ini mencapai 60 Wh/km, menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 52% setelah dikonversi menjadi motor listrik.

4.3.1 Analisis Gaya

Spesifikasi desain dapat dilihat pada tabel 4-2 dibawah sebagai berikut:

Tabel 4- 2 Spesifikasi Desain

No	Komponen	Berat
1.	Batterai + Box	5 Kg
2.	Motor BLDC + Blok	12 kg
3.	<i>Controller</i>	1 Kg
4.	Berat kosong honda C70	70 kg
5.	Pengendara	80 kg
Total berat		168Kg

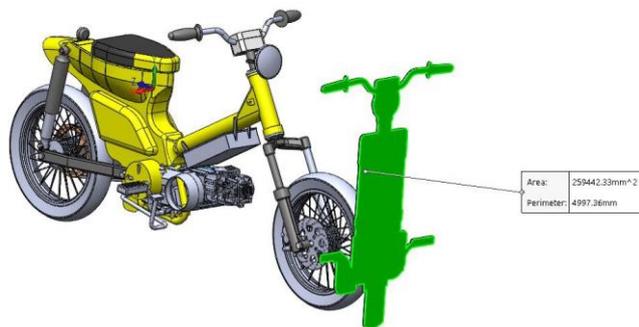
a. Gaya Hambatan atau *Rolling Resistance* (f_{rr})

Gaya hambat pada kendaraan terutama disebabkan oleh gesekan antara ban dan permukaan jalan, serta gesekan pada bantalan dan sistem *gear*. Gaya hambat ini memiliki nilai yang hampir konstan, yaitu 0,004 dan tidak tergantung pada kecepatan kendaraan. Nilai ini akan sebanding dengan berat kendaraan.

$$F_{rr} = \mu_{rr} \times m \times g$$
$$F_{rr} = 0,004 \times 168 \times 9,8 = 6,58 \text{ N}$$

b. Gaya Gesek Angin atau *Aerodynamic Drag* (F_{AD})

Kepadatan atau kerapatan udara sudah tentu bervariasi dengan temperatur, ketinggian dan kelembaban. Namun nilai $1,25 \text{ kg. m}^{-3}$ merupakan nilai yang umum digunakan dalam banyak kasus, dan untuk nilai *drag coefficient* (C_d) sebesar 0,5 (untuk sepeda motor dengan pengendara) dan luasan area depan motor honda C70 dengan nilai *frontal area* sebesar 0.25944233 m^2 (*Non Fairing*) dengan satuan SI (m^2 A, ms^{-1} untuk v) mengacu pada spesifikasi desain kendaraan yang telah disebutkan dalam Tabel 4-2.



$$F_{AD} = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$$

$$F_{AD} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 0,5 \times 0.25944233 \times 16.6^2 = 20,75 \text{ N}$$

c. Gaya Hill Climbing (Fhc)

Gaya *hill climbing* merupakan gaya yang diperlukan untuk mengatasi kemiringan atau tanjakan pada medan yang ditemui oleh kendaraan. Perhitungan gaya *hill climbing* melibatkan faktor-faktor seperti kemiringan tanjakan dan massa kendaraan, asumsi nilai $\sin \theta = 10^\circ$ nilai ini diambil dari rata-rata kemiringan jalan yang diizinkan pemerintah, dengan menggunakan persamaan yang sesuai, gaya *hill climbing* dapat dihitung seperti pada persamaan berikut.

$$F_{hc} = m \times g \times \sin\theta$$
$$F_{hc} = 168 \times 9,8 \times 0,1736 = 285,81 \text{ N}$$

d. Gaya Hambatan (Fa)

Dalam rangka mengubah kecepatan kendaraan, diperlukan suatu usaha yang melibatkan gaya yang dapat mengatasi gaya hambat dan memberikan akselerasi linear pada kendaraan. Rumus yang menggambarkan hubungan ini dapat ditemukan dalam persamaan 2-4 yaitu sebagai berikut :

$$F_a = m \times a$$
$$F_{ad} + F_{rr} = m \times a$$
$$20,75 + 6,58 = 168 \times a$$

Substitusikan menjadi :

$$a = \frac{20,75+6,58}{168} = 0,162 \text{ m/s}^2$$
$$F_a = 168 \times 0,162 = 27,2 \text{ N}$$

e. Gaya Tractive Effort (Fte)

Gaya *tractive effort* merupakan hasil dari penjumlahan atau total dari semua gaya yang bekerja pada kendaraan saat digunakan. Untuk

menghitung total gaya yang bekerja, dapat menggunakan Persamaan 2.5 dibawah ini:

$$F_{te} = F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} + F_a$$

$$F_{te} = 6,58 + 20,75 + 285,81 + 27,2 = 340,34 \text{ N}$$

Dengan menggunakan hasil perhitungan yang telah dilakukan, data gaya yang bekerja telah diperoleh. Dari data tersebut, dapat ditentukan kapasitas motor penggerak yang akan digunakan untuk memenuhi spesifikasi sistem seperti yang tercantum dalam spesifikasi sistem.

f. Daya Traksi

Untuk menentukan daya traksi menggunakan Persamaan:

$$P = F_{te} \times v$$

$$P = 340,34 \times 16,6 = 5649 \text{ Watt}$$

Peak power yang telah dihitung sebelumnya merupakan nilai yang diperlukan untuk mencapai spesifikasi yang telah ditentukan untuk kendaraan. Nilai tersebut mencerminkan daya puncak yang dibutuhkan oleh motor penggerak agar kendaraan dapat mencapai kecepatan maksimum, mempertahankan performa yang diinginkan, dan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Dengan mengetahui nilai *peak power* ini, kita dapat menentukan kapasitas motor penggerak yang tepat untuk memastikan kendaraan dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Perhitungan ini memberikan landasan yang penting dalam merancang dan memilih motor penggerak yang sesuai dengan kebutuhan kendaraan tersebut.

g. Transmisi

1. Torsi Motor BLDC

Spesifikasi dari motor yang digunakan $P = 2000 \text{ Watt}$ pada putaran 4200 Rpm, maka torsi motor:

$$T = \frac{60 \cdot P}{2\pi N}$$

$$T = \frac{60 \times 2000}{2 \times \pi \times 4200} = 4,54 \text{ N.m}$$

Torsi motor BLDC 4,54 N.m pada putaran 4200 RPM, jumlah gigi driver BLDC T1=15 untuk gigi *sprocket* roda belakang T2=47, untuk mengetahui putaran pada roda belakang ditentukan oleh persamaan rasio putaran:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$N_2 = \frac{N_1 \times T_1}{T_2}$$

$$N_2 = \frac{4200 \times 15}{47} = 1340 \text{ RPM}$$

Putaran *sprocket* belakang 1340 Rpm.

2. Panjang Rantai

Perencanaan panjang rantai pada sepeda motor melibatkan penentuan panjang rantai yang sesuai untuk digunakan pada kendaraan tersebut. Panjang rantai yang tepat sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal, keamanan, dan kenyamanan dalam penggunaan sepeda motor, jarak antar poros adalah 600 mm, jenis *sprocket* yang dipakai 428H dengan pitch 0,500 mm perencanaan panjang rantai ditentukan dengan persamaan:

$$L = K \cdot p$$

$$K = \frac{T_1 + T_2}{2} + \frac{2x}{p} + \left[\frac{T_2 - T_1}{2\pi} \right]^2 \frac{p}{x}$$

$$K = \frac{15+47}{2} + \frac{2 \times 600}{0,500} + \left[\frac{47-15}{2\pi} \right]^2 \frac{0,500}{600} = 2431 \text{ mm}$$

$$L = 2431 \times 0,5 = 1215 \text{ mm}$$

Panjang rantai yang sesuai untuk perencanaan transmisi daya oleh motor listrik ke roda belakang ada 1215 mm.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui proses perancangan, fabrikasi, pengujian, dan analisis data dari kendaraan listrik yang telah dirancang, dapat disimpulkan bahwa:

Motor listrik konversi dengan BLDC *mid-drive* telah melalui serangkaian pengujian performa yang melibatkan beberapa parameter penting. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendaraan ini mampu mendapatkan tenaga sebesar 0,9 HP dengan beban 60 kg dengan kecepatan maksimal sebesar 60 km/jam. Selain itu, torsi yang dihasilkan oleh motor mencapai angka 3,25 N.m, memberikan akselerasi yang cukup baik dalam berkendara. Dalam hal konsumsi energi, kendaraan ini memiliki tingkat efisiensi sebesar 60 Wh/km, hal tersebut menunjukkan bahwa energi motor listrik 52% lebih efisien setelah dikonversi.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan hasil konversi motor listrik berbasis *mid-drive*, berikut merupakan beberapa saran yang dapat dikembangkan kedepannya:

1. Melakukan studi lanjutan dengan desain topologi struktural dalam upaya meminimalisir bobot kendaraan tapi memiliki rigiditas yang baik.
2. Menambahkan fitur-fitur tambahan yang memungkinkan untuk informasi sistem.
3. Memperhatikan kerapian kabel-kabel yang ada pada kendaraan agar memudahkan dalam perawatan.
4. Harus dilakukan studi lanjutan mengenai pemenuhan standar ISO agar kendaraan listrik dapat dikomersilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akshay Sasane, Y. B. (2022). Design and Analysis of Electric Vehicle Conversion Kit. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 653-656.
- Andler, L. (2012). Common indoor air pollutants: Sources and health impacts. IAQ Fact Sheet 2, HF-LRA.161. *Cooperative Extension Service - University of Kentucky*.
- Bergveld, H. (2001). Battery Management Systems: design by modelling. *International Journal of Chemical Reactor Engineering - INT J CHEM REACT ENG*.
- Cacciato M., Caricchi F., Giuhlii F., Santini E. (2004). A Critical Evaluation and Design of Bi-directional DC/DC Converters for Super-Capacitors Interfacing in Fuel Cell Applications. *Proceedings of IAS 39th IEEE Industry Applications Conference Annual Meeting, 2004*, 1127-1133.
- Dunne, D. (2019). The Carbon Brief Profile: Indonesia. <https://www.carbonbrief.org/the-carbon-brief-profile-indonesia>
- Garcia, O., Flores, L.A., Oliver, J.A., Cobos, J.A., & De La Peña, J. (2005). Bi-directional DC/DC Converter for Hybrid Vehicles. *PESC Record - IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference*, 1881–1886.
- Ganesh M., Alonso-Alvarez D., Timms R., Sulzer V., Edge JS., Wu B., Offer GJ., Marinescu M., (2022). Lithium-Ion Battery Degradation: How To Model It. *Phys Chem Chem Phys (PCCP)*. 7909-7922.
- Haroon Rayyan Harris, A. G. (2021). Conversion of Two-Stroke Vehicle to an Electric Vehicle. *Journal of Physics: Confrence series*.
- Iok Mukherjee, S. R. (2014). Development of Microcontroller Based Speed Control Scheme of BLDC Motor Using Proteus VSM Software.

International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 2, No.1.

- Kopinsky, J. (2019). The Design of an Economic Electric Motorbike for Urban Commuting in the Netherlands.
- M. George. (2011). Speed Control of Separately Excited DC Motor. *American Journal of Applied Sciences* 5 (3). 227-233
- MIT Electric Vehicle Team (2008). A Guide to Understanding Battery Specifications.
- M. N. Yuniarto, S. E. (2017). Modeling, Simulation, And Validation of An Electric Scooter Energy Consumption Model: A Case Study of Indonesian Electric Scooter. *Institute of Electrical and Electronics Engineers.*
- Monzer Al Sakka, J. V. (2011). DC/DC Converters for Electric Vehicles. 311-313.
- Nishana, B., Puneeth, G., Ganesh, R. S., Pandit R, V. B., J, R. M., & R, S. S. (2018). *A Study On Conversion Of ICE Vehicle To EV.*
- Nizam, M., Maghfiroh, H., Rosadi, R., Kusumaputri, K. (2019). Battery Management Systems Design (BMS) for Lithium Ion Batteries. *AIP Conference Proceedings*, 2217.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan.*
- Pemerintah Republik Indonesia. 2018. *Peraturan Kementrian Keuangan Nomor 150 Tahun 2018 Tentang Pemberian Fasilitas Pengurangan Pajak Penghasilan Badan T.E.U. Indonesia.*
- Pulkrabek, W. W. (2014). Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. *New Jersey: Penerbit Prentice Hall.*

- Salman Alfarisi (2021). Perencanaan Konversi Sepeda Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik. *Directory Journal of Indonesian Society of Applied Science (ISAS)*.
- Schaltz, E., & Rasmussen, P.O. (2008). Design and Comparison of Power Systems for a Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle. *Proceedings of IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, 1-8.
- S. Burges & Lodge, C. (2004) Optimisation Of The Chain Drive System On Sports Motorcycles. *Sports Engineering*. 7(2) 65-73.
- Sunarto Kaleg, A. H. (2014). Electric vehicle conversion based on distance, speed and cost requirements. *2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA*, 446 – 454.
- Tuayharn, K., Kaewtatip, P., & Limthongkul, P. (2015). ICE Motorcycle and Electric Motorcycle: Environmental and Economic Analysis, *SAE Technical Paper*.
- Vehicle Team. (2008). A Guide to Understanding Battery Specifications.
- Vraziu Mario (2014). Study of a Vehicle Conversion from Internal Combustion Engine to Electric Drive. *International Energy Conference: ENERGYCON*.
- Vyshakh, J. S. (2022). Conventional IC Engine to BLDC Powered Electric Motorcycle Conversion E Motorcycle. *International Journal of Electrical and Technology (IJEET)*.

LAMPIRAN

Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Harga Total
Motor BLDC 1,8 KW	1	Rp 2.500.000,00	Rp 2.500.000,00
Controller 1,8 KW	1	Rp 1.300.000,00	Rp 1.300.000,00
Throttle	1	Rp 160.000,00	Rp 160.000,00
Baterai 48V 20Ah	1	Rp 3.833.900,00	Rp 3.833.900,00
Charger 48V 5A	1	Rp 763.600,00	Rp 763.600,00
DC to DC Converter	1	Rp 165.500,00	Rp 165.500,00
Display Speedometer	1	Rp 251.000,00	Rp 251.000,00
SSR DC	1	Rp 173.500,00	Rp 173.500,00
Klaskson	1	Rp 24.098,00	Rp 24.098,00
Stoplamp + Sein	1	Rp 175.211,00	Rp 175.211,00
Saklar Kiri	1	Rp 47.191,00	Rp 47.191,00
Flasher	1	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
Kabel AWG 18	21	Rp 3.000,00	Rp 63.000,00
Heat Shrinkable	6	Rp 3.500,00	Rp 21.000,00
Kabel ties	1	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
MCB DC	1	Rp 75.000,00	Rp 75.000,00
Soket 2 hole	4	Rp 5.750,00	Rp 23.000,00
Soket 3 hole	5	Rp 7.500,00	Rp 37.500,00
Soket 6 hole	2	Rp 11.000,00	Rp 22.000,00
Kabel AWG 18 Hitam	3	Rp 3.500,00	Rp 10.500,00
MCB DC 2P	1	Rp 161.000,00	Rp 161.000,00
Spiral Kabel	1	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah Total			Rp 9.859.500,00







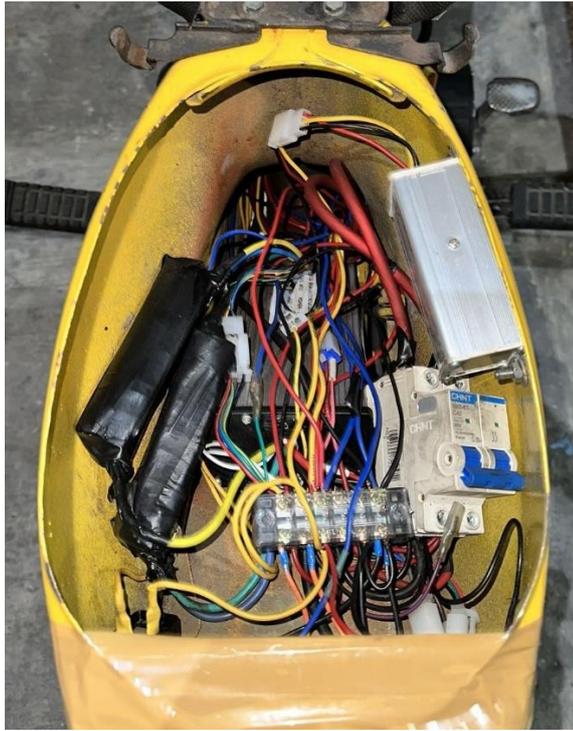






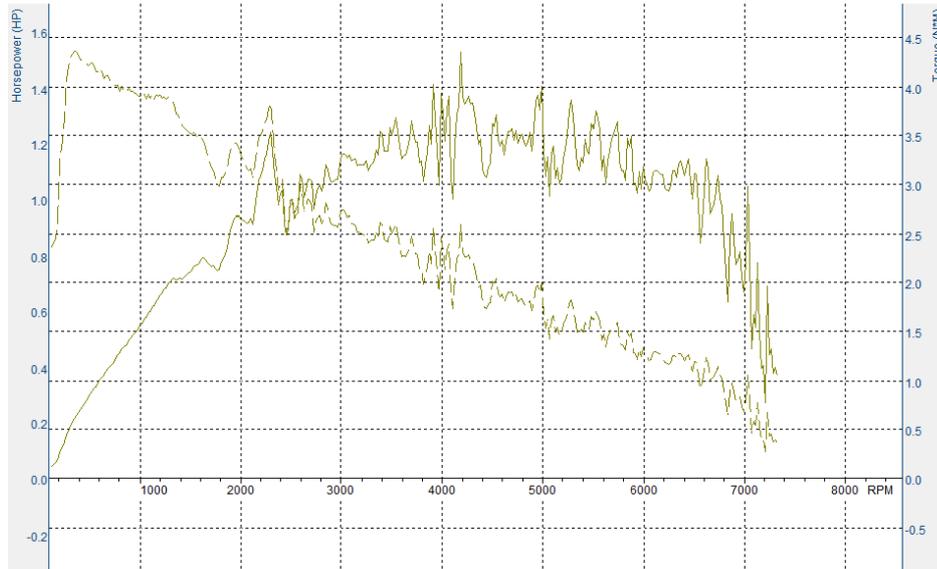




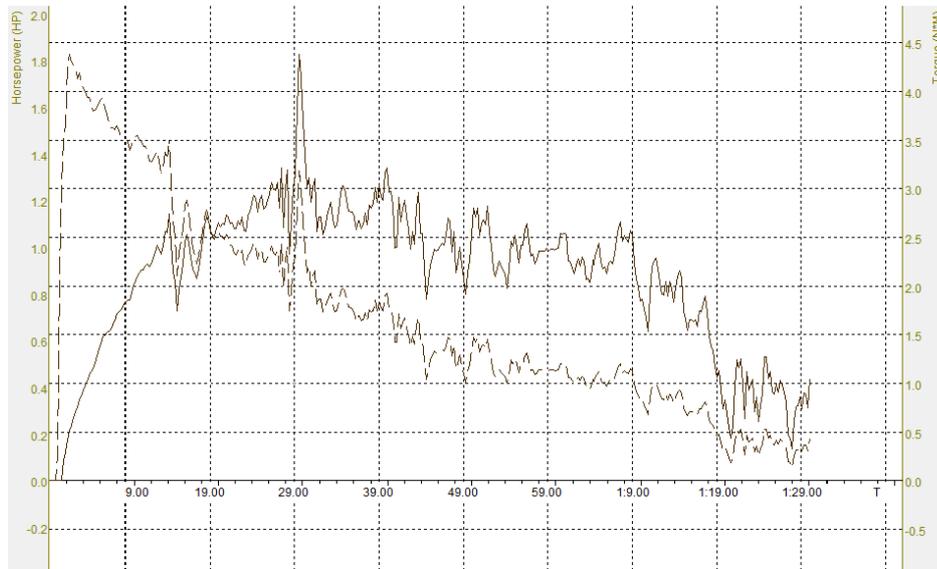




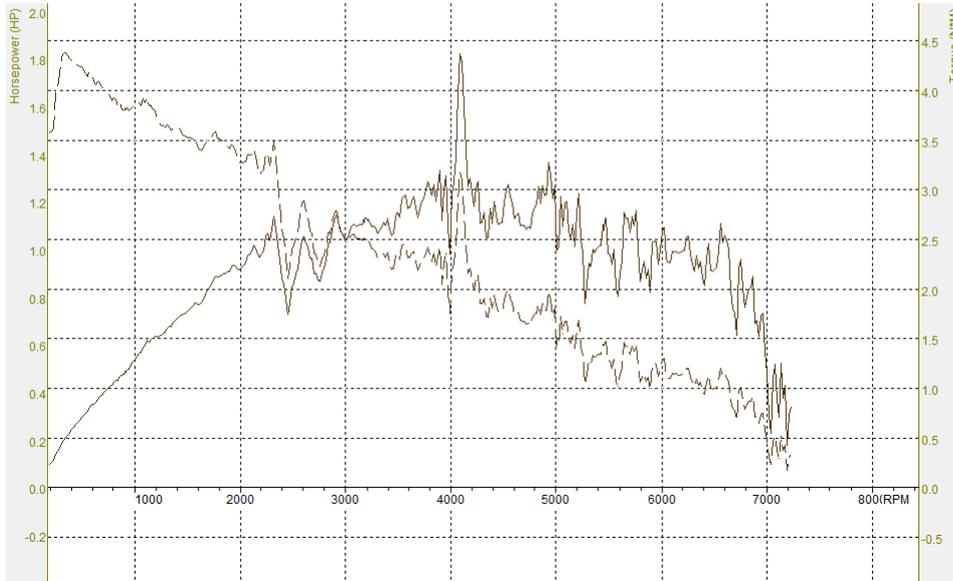
Name	HP/RPM	N·M/RPM	KMH	Temp. (°C)	Humidity (%)	Pressure (m bar)	Date/Time
HONDA_C70 ELECTRIC_DANIEL ASHRAF_MODE 1_0002	1.5 (1.5) / 4186	4.36 (4.36) / 369	94.8	30.0	81.1	996.7	13/07/2023 10:29:55



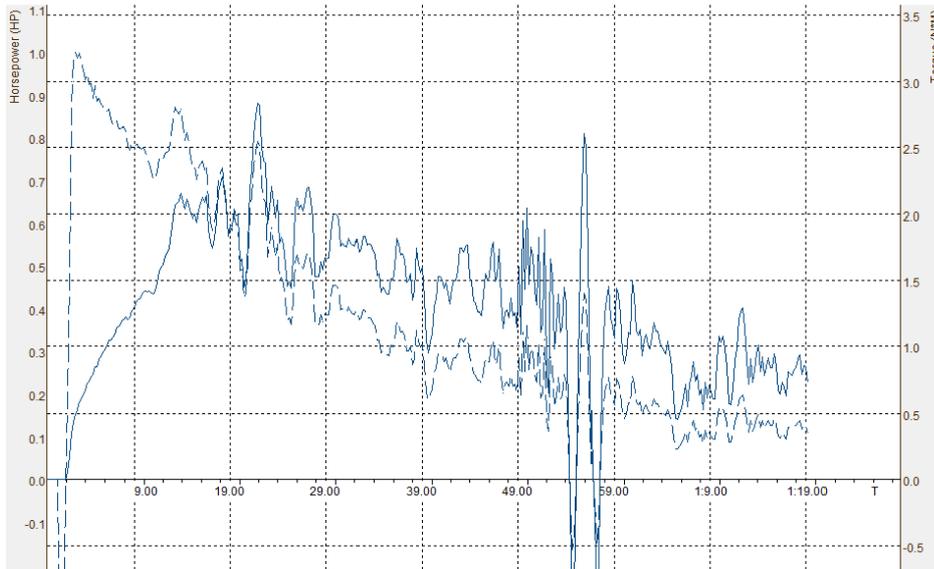
Name	HP/T	N·M/T	KMH	Temp. (°C)	Humidity (%)	Pressure (m bar)	Date/Time
HONDA_C70 ELECTRIC_DANIEL ASHRAF_MODE 1_0001	1.8 (1.8) / 29.58	4.39 (4.39) / 2.28	93.5	30.1	78.4	996.7	13/07/2023 10:25:07



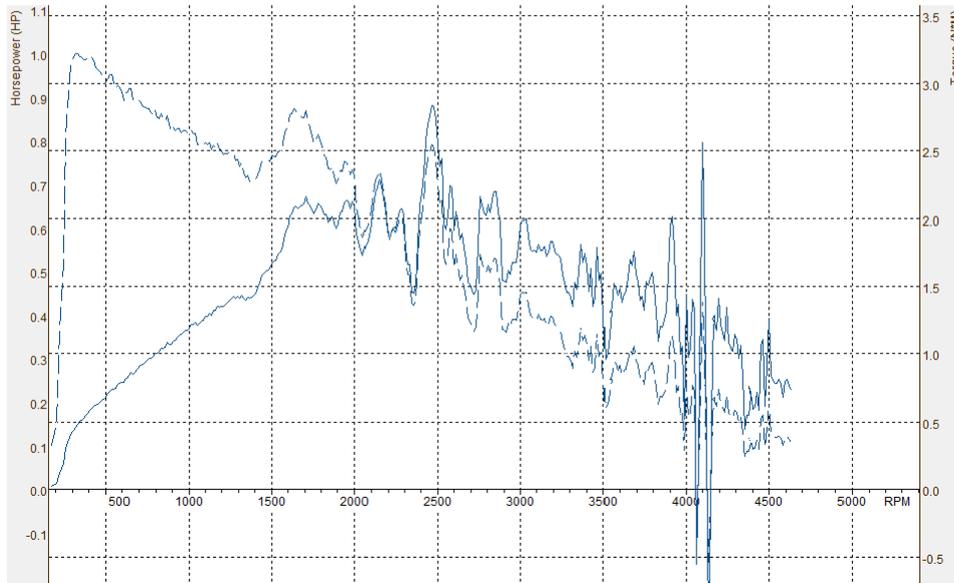
Name	HP/RPM	N°M/RPM	KMH	Temp. (°C)	Humidity (%)	Pressure (m bar)	Date/Time
HONDA_C70 ELECTRIC_DANIEL ASHRAF_MODE 1_0001	1.8 (1.8) / 4088	4.39 (4.39) / 328	93.5	30.1	78.4	996.7	13/07/2023 10:25:07



Name	HP/T	N°M/T	KMH	Temp. (°C)	Humidity (%)	Pressure (m bar)	Date/Time
HONDA_C70 ELECTRIC_DANIEL ASHRAF_-BEBAN_0000	0.9 (0.9) / 21.96	3.22 (3.25) / 2.86	60.0	30.1	78.5	996.7	13/07/2023 10:22:07



Name	HP/RPM	N°M/RPM	KMH	Temp. (°C)	Humidity (%)	Pressure (m bar)	Date/Time
HONDA_C70 ELECTRIC_DANIEL ASHRAF_BEBAN_0000	0.9 (0.9) / 2456	3.22 (3.25) / 311	60.0	30.1	76.5	996.7	13/07/2023 10:22:07



Name	HP/T	N°M/T	KMH	Temp. (°C)	Humidity (%)	Pressure (m bar)	Date/Time
HONDA_C70 ELECTRIC_DANIEL ASHRAF_MODE 1_0002	1.5 (1.5) / 29.86	4.36 (4.36) / 2.10	94.8	30.0	81.1	996.7	13/07/2023 10:29:55

