



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Analisa Konsumsi Daya Baterai Pada Mobil Listrik

Ermawati^a, Fadhli Palaha^b, Pataran^c, Engla Harda Arya^d

^{a,b,c}Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara No. 4 Arengka Pekanbaru, 28125, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 16 Juni 2024

Revisi Akhir: 25 Juni 2024

Diterbitkan Online: 29 Juni 2024

KATA KUNCI

Konsumsi Daya,

Baterai,

Mobil Listrik

KORESPONDENSI

Telepon: +6281363498438

E-mail : englahardaarya@gmail.com

ABSTRACT

Kendaraan listrik sudah diperjualbelikan dan dimanfaatkan oleh masyarakat banyak sebagai kendaraan pribadi dengan menggunakan baterai sebagai bahan bakar pengganti. Berdasarkan hal tersebut diadakan penelitian mengenai konsumsi energi pada mobil listrik yang memakai baterai sebagai sumber energi yang dapat dipergunakan untuk pengembangan sarana transportasi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Prodi Teknik Elektro STT Pekanbaru dengan tujuan mengetahui rangkaian baterai, arus dan tegangan, serta total konsumsi energi baterai yang digunakan pada mobil listrik yang digerakkan oleh motor *Brushless Direct Current* (BLDC). Dengan melakukan pengujian pada mobil listrik sehingga didapat data, dengan perhitungan, analisa dan pembahasan yang dilakukan, energi tersimpan pada baterai sebesar 5664 Wh. Konsumsi daya motor BLDC pada mobil listrik kondisi lintasan jalan mendatar sebesar 148,8 W pada keadaan tanpa beban dan 206,4 W pada keadaan berbeban. Kondisi lintasan jalan mendaki konsumsi daya sebesar 600 W pada keadaan tanpa beban dan 667,2 W pada keadaan berbeban. Sehingga dapat disimpulkan kondisi lintasan jalan mendaki yang semakin tinggi dari lintasan membutuhkan konsumsi daya yang lebih besar dari lintasan jalan yang mendatar baik dalam keadaan motor tanpa beban maupun motor berbeban

1. PENDAHULUAN

Kendaraan listrik menjadi solusi alternatif untuk persoalan polusi, karena baterai atau disebut aki yang menjadi sumber tenaganya, sehingga kendaraan ini sangat ramah lingkungan atau dibilang “*zero emission*”. Hal ini dapat menurunkan kadar CO₂ dan sejenisnya di udara sebagai bahan kimia penyebab *global warming*. Kendaraan ini sedang dikembangkan oleh PBB dan negara maju diharapkan tidak lagi memiliki sistem penggerak mobil listrik terdiri dari sistem energi dan sistem kendali dimasa depan.

Sistem energi ini terdiri dari sistem *charging* dan tempat penyimpanan energi. Saklar pembatas yang berhubungan dengan pegas dan pedal rem merupakan suatu sistem kendali, yang berfungsi sebagai pengontrol dan pengaman ketika pengemudi menginjak pedal rem maka sistem memutus daya. Mobil ini memiliki 4 roda dan digerakkan oleh motor DC yang bersumber dari baterai (Zainuri, dkk., 2016).

Baterai digunakan sebagai sumber energi pengganti

sarana transportasi. Dewasa ini, banyak perusahaan otomotif yang membuat kendaraan ramah lingkungan dengan tenaga baterai. Kendaraan ini sudah diperjualbelikan dan dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai kendaraan yang menggunakan baterai bukan bahan bakar minyak. Berdasarkan uraian tentang energi pengganti maka baterai dapat digunakan untuk pengembangan sarana transportasi. Salah satunya dengan membuat mobil listrik.

Dikenalkan pertama kali pada tahun 1832-1839 oleh *Robert Anderson* dari Skotlandia, namun pada saat itu harga bahan bakar minyak (BBM) sedang murah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan motor dengan BBM sebagai bahan bakarnya. Sekarang harga BBM semakin mahal dan cadangan makin sedikit serta penggunaannya susah diatur untuk masa yang akan datang. Dan juga, isu lingkungan hidup yang menjadi pertimbangan penting dunia tercantum dalam *Education for Sustainable Development (EfSD)*.

Energi listrik mudah dihasilkan dari berbagai sumber termasuk dari sumber energi terbarukan. Menjadi dasar pemanfaatan energi listrik dalam sistem transportasi sebagai pengganti bahan bakar minyak secara besar-besaran. Berdasarkan *blueprint* Pengembangan Energi Baru Terbarukan dan

Konservasi Energi, ketahanan dan kemandirian energi harus ditingkatkan dengan mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK = CO₂) dan peningkatan penggunaan energi baru terbarukan. (Rahman,M.A,dkk., 2013)..[7]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mobil Listrik

Mobil Listrik dikenal sebagai *Electric road vehicles* yang di Amerika berkembang menjadi dua (2) tipe, yaitu *Zero Emission Vehicles (ZEV)* dan *Low Emission Vehicles (LEV)*. Mobil listrik yang termasuk tipe *Zero Emission Vehicles* adalah Mobil Baterai (*Battery Operate*) dan Mobil *Fuel cell*. Dan yang termasuk tipe *LEV* adalah mobil yang sistem penggeraknya menggabungkan *convensional engine* dengan motor listrik (mobil Hybride). (ISO 8713:2002)



Gambar 1 Mobil Listrik Teknik Elektro Angkatan 2019 STTP Pekanbaru

Perbedaan mobil listrik dengan mobil bermesin pembakaran dalam dengan bahan bakar minyak sebagai energinya adalah mobil listrik menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak dengan baterai menjadi sumber energinya. Tidak adanya emisi gas buang, efisiensi baik, tidak tergantung kepada bahan bakar fosil, pengoperasian tenang dan senyap merupakan kelebihan mobil listrik. Tiga subsistem penting pada mobil listrik adalah sistem penggerak motor listrik meliputi kontrol mobil, konverter elektronika daya, motor listrik dan transmisi. Sistem energi yaitu baterai. Pemanasan / pendinginan, pompa elektronik dan sistem bantu elektronik lain merupakan sub sistem ketiga yaitu sistem manajemen baterai dan unit pengisian sistem bantu, (Ridik Yudha Susila, 2015).

Menurut Udin, dkk (201), Peramalan Kapasitas Baterai Pada Mobil Listrik Berbasis *Levenberg Marquardt Neural Network*, sumber energi atau baterai menjadi topik yang dibahas dalam penelitian mobil listrik. Karena keterbatasan kapasitas baterai pada mobil listrik maka pengisian ulang harus dilakukan agar mobil bisa tetap

melaju dalam jarak jauh, bila tidak segera diatasi mobil akan berhenti secara mendadak jika baterai habis diperjalanan, sehingga menimbulkan kecemasan dan tidak nyaman bagi pengendara, maka diperlukan analisa perkiraan kapasitas baterai agar dapat diketahui waktu yang tepat untuk pengisian ulang baterai atau penggantian.

Kondisi mobil listrik menggunakan tiga kondisi beban yaitu: kecepatan maksimum setelah berjalan 30 menit, sisa baterai 61 Ah, dengan *recurrent* 60,5 Ah, sedangkan kapasitas target adalah 59,6 Ah.

2.2 Brushless DC Motor

Electronically commutated motors (ECMs) atau *Brushless DC motor (BLDC motor)* adalah tipe motor sinkron dengan sumber tenaganya yaitu listrik arus searah. Arus searah yang digunakan biasanya arus searah yang dihasilkan oleh *inverter*. BLDC motor memiliki cara kerja yang menyerupai dengan motor stepper. Namun karena pengertian dari motor stepper digunakan untuk jenis motor yang didesain khusus yang dijalankan dalam mode *positioning* yang tepat dimana bagian *rotor* motor dapat berhenti pada posisi sudut yang diinginkan maka istilah motor *stepper* kurang cocok bagi BLDC motor. Konstanta motor kV dan km merupakan parameter performa utama BLDC motor. Secara performa, torsi maksimum pada RPM rendah dan lambat laun akan menurun karena RPM motor dapat dihasilkan oleh BLDC motor semakin meningkat. Kelebihan BLDC motor daripada jenis *Brushed DC motor* lainnya adalah efisiensi kerja yang lebih baik, karena tidak menggunakan brush maka tingkat keausan atau *mechanical wear* rendah, dan tidak membutuhkan perawatan yang sering. Beberapa tipe, BLDC motor dengan magnet permanen pada bagian yang berputar (*rotor*) dan armatur pada bagian *stator*. Sistem pengasutan arus listrik tidak menggunakan sistem komutator dengan sikat arang pada motor DC konvensional melainkan dengan *electronic controller*. Untuk dapat menjaga perputaran motor agar tetap konstan, fasa arus listrik yang menuju kumparan kawat diubah oleh *electronic controller* untuk mendistribusikan daya listrik. Keuntungan metode ini adalah mengurangi rugi – rugi daya dan menghilangkan *mechanical wear* antara *stator* dengan *rotor*.

Kelemahan motor BLDC dibandingkan dengan motor DC konvensional yaitu lebih besarnya nilai *torque per weight* dan *torque per watt*, efisiensi yang lebih baik dan keandalan, kebisingan suara yang rendah, usia pakai yang lebih panjang dikarenakan tidak adanya sikat arang dan pengikisan komutator, mengurangi percikan ion *elektron* yang bersumber dari komutator dan mengurangi *electromagnetic interference (EMI)*. Energi panas atau *heat* yang dapat mengurangi pengaruh kuat magnetik atau merusak selubung insulasi sehingga mengurangi daya maksimum yang dapat diberikan pada motor BLDC. Harga yang lebih mahal adalah kelemahan utama dari motor BLDC. Sistem komutasi motor ini memerlukan kontrol kecepatan elektronik yang rumit

sedangkan motor *Brushless DC* atau motor DC konvensional dapat menggunakan sistem *rheostat* (*variable resistor*) yang sangat sederhana menjadi penyebab mahalnya motor ini. Selain itu, proses produksi motor BLDC secara komersil masih menggunakan proses penggulangan kawat secara manual bukan penggulangan menggunakan mesin.

Proses konversi energi listrik menjadi energi mekanis untuk menggerakkan motor sangat cepat sehingga efisiensi motor BLDC tinggi. Peningkatan efisiensi ini disebabkan tidak ada *electrical* dan *friction losses* disebabkan oleh sikat arang. Efisiensi maksimum pada kondisi tak berbeban atau *no-load* dan *low-load* pada *performance curve* dari motor. Sedangkan pada beban mekanis yang terlalu tinggi, efisiensi motor BLDC sebanding dengan *high-quality DC Brushed* motor. Untuk sistem mesin yang memerlukan kecepatan tinggi dan bebas pemeliharaan serta lingkungan yang tidak mengizinkan adanya percikan listrik seperti pertambangan atau kondisi dimana adanya peralatan elektronik sensitif maka motor BLDC lebih cocok.



Gambar 2 Konstruksi BLDC motor

2.3 Pinsip Kerja Mobil Listrik

Prinsip kerja mobil listrik, adalah pedal akselerator dan rem sebagai yaitu input pengendali. pedal akselerator dan rem mengirimkan sinyal yang sesuai ke konverter daya elektronika yang mengatur aliran daya antara motor listrik dan baterai. Motor dapat bekerja sebagai generator, yang mengubah energi pengereman menjadi elektron dan mengisi baterai. Unit manajemen energi bersama dengan pengendali mobil, mengendalikan pengereman regenerasi dan rekonversi energi. Ketika mobil dalam keadaan berhenti maka motor listrik menghasilkan torsi yang besar. Sehingga mobil listrik bekerja secara optimal. Percepatan dan daya mobil listrik melebihi mobil mesin pembakaran dalam, (Ridik Yudha Susila, 2015).

2.4 Baterai

Baterai (*Battery*) merupakan sumber daya yang mengkonversikan energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik seperti perangkat elektronik. Umumnya perangkat elektronik *portable* seperti *handphone*, *laptop*, dan mainan remote control menggunakan baterai sebagai sumber tenaga listriknya. Dengan adanya baterai, hubungan kabel listrik ke terminal untuk mengaktifkan perangkat elektronik sudah tidak diperlukan lagi sehingga memudahkan dibawa kemana saja. Baterai terdiri dari terminal positif (*Katoda*) dan terminal negatif (*Anoda*)

serta elektrolit sebagai media penghantar. (Sidiq 2015)

Keluaran arus listrik dari baterai adalah arus searah atau DC (*Direct Current*). Baterai dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis; baterai primer dan sekunder. Dimana baterai primer hanya bisa diisi ulang sekali pakai sedangkan yang kedua, baterai sekunder bisa diisi ulang. Pada penelitian ini, yang dianalisa adalah baterai yang bisa diisi ulang.

2.4.1 Fungsi Baterai

Baterai digunakan sebagai sumber energi alternatif sarana transportasi. Kendaraan ramah lingkungan berbahan bakar baterai sebenarnya sudah banyak diproduksi oleh perusahaan otomotif. Kendaraan ini sudah diperjual belikan dan dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai kendaraan pribadi dengan baterai sebagai bahan bakar pengganti premium, solar, atau pertamax. Berdasarkan penjelasan tentang energi alternatif yang sudah cukup banyak maka baterai dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan sarana transportasi. Salah satunya dengan produksi mobil listrik. Di Skotlandia pada tahun 1832-1839, *Robert Anderson* adalah orang pertama yang mengenalkan mobil listrik, namun ketika itu harga bahan bakar minyak (BBM) relatif murah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan mesin pembakaran menggunakan BBM. Sekarang harga BBM kian mahal dan cadangannya semakin menipis serta sulit dikendalikan untuk masa yang akan datang. Selain itu, terdapat permasalahan lingkungan hidup yang menjadi perhatian dunia yang tercantum pada *Education for Sustainable Development* (EfSD)

Sehingga meningkatkan pengembangan penggunaan energi listrik pada sistem transportasi sebagai pengganti bahan bakar fosil, dikarenakan energi listrik dapat dengan mudah dihasilkan dari berbagai sumber termasuk dari sumber energi terbarukan. Berkaca dari blueprint Pengembangan Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, ketahanan dan kemandirian energi harus ditingkatkan dengan menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK = CO₂) serta meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan. (Rahman,M.A,2013).



Gambar 3 Baterai

2.4.2 Baterai Mobil Listrik

Baterai mobil listrik tidak sama dengan baterai SLI (*starting, lightning* dan *ignition*). Baterai mobil listrik didisain sebagai sistem penyimpanan energi, mampu menyalurkan daya dalam waktu lama dan terus menerus sedangkan baterai SLI merupakan baterai yang umumnya

dipasang pada mobil bensin atau solar. Pada artikel ini, jenis baterai yang akan dibahas adalah:

- Lithium-Ion (Li-On)*
- Nickel-Metal Hybrid (NiMH)*
- Lead Acid (SLA)*
- Ultracapacitor*
- ZEBRA (Zero Emissions Batteries Research Activity)*
- Baterai Lithium-Ion (Li-On)*



Gambar 4 Baterai *Lithium-Ion (Li-On)*

Jenis baterai untuk mobil listrik paling banyak digunakan adalah Baterai *Li-On*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Baterai ini sudah diketahui secara umum karena digunakan juga pada peralatan elektronik portabel; ponsel dan laptop. Perbedaan utamanya mengenai perbandingan. Kapasitas dan ukuran fisik pada mobil listrik yang lebih besar –ini sering disebut sebagai *traction battery pack*. Perbandingan daya dengan berat Baterai *Li-on* sangat tinggi. Dan juga memiliki efisiensi energi yang tinggi. Baterai *Li-on* tetap dapat bekerja dengan baik walaupun pada suhu tinggi. Konstanta karakteristik yang sangat penting pada baterai mobil listrik adalah rasio energi, dan rasio energi baterai ini lebih besar tiap beratnya. Makin ringan baterai (kapasitas kWh sama) berarti mobil dapat melakukan perjalanan dengan jarak yang lebih besar hanya sekali pengisian daya. Baterai ini juga mempunyai tingkat “*self-discharge*” rendah, sehingga dibanding baterai lain, baterai ini paling baik dalam mempertahankan kemampuan menahan muatan maksimal. Selain itu, yang menjadi pertimbangan bagi peminat *electric car* yang sadar lingkungan untuk memilih baterai *Li-on* karena banyak komponen baterai *Li-on* dapat didaur ulang. Yang paling banyak memakai baterai lithium adalah mobil *BEV* serta *PHEV*.

2.4.3 Jenis-jenis baterai *Li-on*

Berdasarkan senyawa kimia dalam baterai *Li-Ion*, maka baterai ini dikelompokkan ke dalam 6 jenis, yaitu:

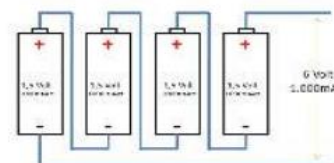
- Penggunaan senyawa kimia LiCoO_2 (*Lithium Cobalt Oxide*) atau di singkat dengan LCO
- Penggunaan senyawa kimia *Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide* (iNiMnCL oO_2) atau disingkat dengan NMC.
- Penggunaan senyawa kimia *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO_4) atau LFP.
- Penggunaan senyawa kimia Lithium Nickel

Cobalt Aluminium Oxide (LiNiCoAlO_2) atau disingkat dengan NCA.

- Penggunaan senyawa kimia *Lithium Titanate* ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) atau di singkat dengan LTO.
- Keenam jenis baterai *Li-Ion* digunakan pada peralatan yang berbeda-beda, dimana :
 - ✓ LCO pada *cellphone*, *laptop*, *camera* dsb.
 - ✓ LMO pada alat-alat listrik (*power tools*), peralatan medis (*medical devices*), *electric powertrains*.
 - ✓ NMC pada *e-bikes*, peralatan medis, EVs, dan di industri-industri.
 - ✓ LFP pada *stationer* yang membutuhkan arus beban tinggi dan juga daya tahan tinggi.
 - ✓ NCA pada peralatan medis, industri, *electric powertrains* (Tesla).
 - ✓ LTO pada *UPS*, *electric powertrain* dan penerangan jalan bertenaga surya.

2.4.4 Rangkaian Baterai

Rangkaian baterai merupakan beberapa buah baterai yang disusun seri atau paralel. Sesuai dengan tujuan untuk mendapatkan arus atau tegangan yang lebih besar.

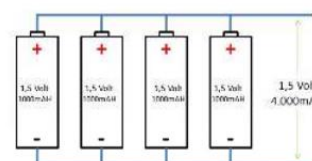


Gambar 5 Rangkaian seri baterai

Gambar 5 menunjukkan rangkaian seri baterai yang terdiri dari 4 buah baterai dimana tegangan yang dihasilkan menjadi 4 kali lipat dari tegangan 1 buah baterai dan setiap baterai menghasilkan arus listrik (*Ampere*) yang identik dengan arus listrik pada 1 buah baterai. Nilai tegangan merupakan selisih potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik yang dinyatakan dengan satuan *Volt*. Seperti digambarkan pada rangkaian baterai secara seri gambar 5. Baterai berjumlah 4 buah yang setiap baterainya memiliki tegangan 1,5 *Volt* dan 1.000 *mili ampere* per jam (mAh) akan menghasilkan 6 *Volt* tegangan tetapi arus listrik akan tetap yaitu 1.000 *mili ampere* per jam (mAh). Dalam hal ini untuk mendapatkan nilai tegangan total dengan rumus 1 berikut :

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{bat1}} + V_{\text{bat2}} + V_{\text{bat3}} + V_{\text{bat4}} \dots\dots\dots(1)$$

Gambar 6 merupakan rangkaian paralel yang terdiri dari 4 buah Baterai.



Gambar 6 Rangkaian paralel baterai

Dari rangkaian paralel gambar 6, tegangan yang dihasilkan adalah tetap yaitu 1,5 Volt tetapi arus listrik sebesar 4.000 mA (mili ampere per Jam) yaitu total dari semua arus listrik pada baterai.

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bat1}} + I_{\text{bat2}} + I_{\text{bat3}} + I_{\text{bat4}} \dots\dots\dots(2)$$

2.4.5 Kapasitas Baterai

Daya yang dimiliki baterai ditentukan oleh banyaknya energi yang dapat disimpan dalam satuan Ah (Ampere hour) atau daya per jam, sehingga total arus dengan tegangan kerja baterai Wh (watt-hour) dapat diketahui, atau watt-jam, sering digunakan untuk menyatakan jumlah energi yang tersimpan dalam suatu baterai. Rumus energi adalah:

$$E = P \times t \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

E = Energi dalam Joule (Watt-Jam)

P = Daya dalam Watt

t = Waktu dalam detik

Energi yang tersimpan dalam baterai dapat juga diberikan oleh persamaan 4 yaitu :

$$E = i \cdot V \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

E = Energi dalam Joule (Watt-Jam)

i = Arus dalam AH

V = Tegangan dalam Volt

Suatu sumber tegangan diketahui memberikan arus dalam peralatan listrik akan menimbulkan suatu daya. Pada sebuah elemen daya didefinisikan sebagai hasil kali tegangan dan arus yang mengalir pada rangkaian tersebut dapat dilihat pada rumus berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

P = daya dalam watt

V = tegangan dalam volt

I = arus dalam ampere

Untuk menghitung arus (*ampere*) dari energi (Wh) kita perlu informasi tambahan, waktu (jam) dan tegangan. Dalam kasus baterai, tegangan dapat digunakan tegangan nominal baterai tersebut. Waktu (jam) adalah waktu untuk transfer energi baterai. Kapasitas baterai merupakan jumlah muatan yang disimpan baterai dan dapat dilepaskan sebagai sumber energi, Kapasitas baterai dapat diartikan sebagai besarnya energi listrik yang dapat diberikan oleh baterai saat baterai tersebut dalam kondisi terisi penuh.

2.4.6 Waktu Pemakaian Baterai

Pemakaian baterai terkait dengan penggunaan baterai dalam waktu jam atau detik yaitu waktu untuk transfer energi baterai. Berdasarkan rumus 1 energi baterai didapatkan dari daya (P) dikali waktu sehingga :

$$t = \frac{E \cdot W}{P \cdot W} \dots\dots\dots(6)$$

Untuk Mobil Listrik, sebuah baterai yang digunakan untuk mensuplai daya motor listrik pada mobil listrik akan habis jika energi listriknya dikeluarkan terus-menerus. Relasi antara kapasitas baterai, arus kerja motor listrik, dan lama waktu suplainya dijelaskan dalam persamaan 6.

3. METODOLOGI

Pengumpulan data pada penelitian ini menentukan keberhasilan dalam menentukan sumber energi pada mobil listrik perlu direncanakan dengan tepat metode yang dipakai dalam pengambilan data. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru. Pengambilan data dilakukan melalui informasi dokumenter dari perpustakaan seperti buku, jurnal dan sumber lain yang berkenaan dengan materi yang dibahas untuk dijadikan referensi, selanjutnya metode pengujian yaitu melakukan pengujian untuk mendapatkan data. Menganalisa dan membahas perhitungan-perhitungan data yang diambil dari pengujian di laboratorium dengan menggunakan rumus yang telah dibahas pada bagian sebelumnya.

3.1 Spesifikasi Baterai Dan Motor

Dalam penelitian ini digunakan 5 baterai dengan merk gapower 12 V/18 AH sebanyak 4 unit dan rocket acid ZR12 48 V/100 AH sebanyak 1 unit spesifikasi ada pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 Spesifikasi baterai Merk Gapower

Type	Tegangan Kerja Volt (V)	Arus Ampere (A)	Kapaitas Arus (AH)	Suhu (C)
Stand By Use	13,7 – 13,9	No Limit	18	60°
Cycle Use	14,6 – 14,8	1,5		

Tabel 2 Spesifikasi baterai Merk Rocket Acid ZR 12

Type	Tegangan Kerja Volt (V)	Arus Ampere (A)	Kapaitas Arus (AH)	Suhu (C)
Stand By Use	13,5 – 13,8	No Limit	100	25°
Cycle Use	14,5 – 15	30		

Pada mobil listrik digunakan motor listrik BLDC dengan spesifikasi pada tabel 3

Tabel 3 Spesifikasi Motor BLDC

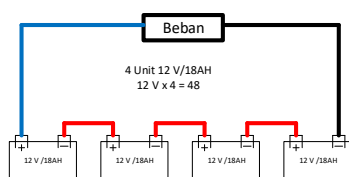
Spesifikasi Motor BLDC	
Model	BM 1109
Jenis Motor	BLDC
Keluaran	2 kW
Kecepatan Terukur	4300 RPM
Tegangan	48 Volt
Berat	4.88 kg
Diameter	107 mm
Kawat	3 Fasa, 5 aula kecil

Tabel 4 Arus Motor diberbagai Kondisi

No	Kondisi	Arus (A)
1	Mendatar tanpa beban	3,1
2	Mendaki tanpa Beban	4,3
3	Mendatar Berbeban	12,5
4	Mendaki Berbeban	13,9

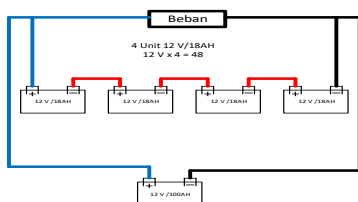
3.2 Rangkaian Baterai

Mobil listrik pada penelitian ini menggunakan rangkaian baterai dengan hubungan seri untuk mendapatkan nilai tegangan yang tinggi seperti gambar 7



Gambar 7 Rangkaian seri baterai

Kemudian untuk mendapatkan nilai arus yang tinggi maka baterai dibuat rangkaian dengan hubungan seri paralel seperti ditunjukkan pada gambar 8



Gambar 8 Rangkaian seri

3.3 Peralatan Pengujian

Dalam pengambilan data proses pengujian yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya maka diperlukan peralatan penunjang dalam pengukuran, sebagai berikut :

- Tachometer, Untuk menentukan nilai putaran mobil listrik yang digunakan yaitu dengan rpm maksimal
- Stopwatch, Untuk menentukan batas waktu mobil listrik berjalan
- Multimeter, Untuk mengetahui daya baterai sebelum motor dinyalakan dan setelah motor dinyalakan diukur kembali daya baterai.

3.4 Data Hasil Pengujian

Pada penelitian ini dengan melakukan pengujian pada mobil listrik didapatkan data arus motor saat mobil dalam keadaan berjalan dengan kondisi ketika mendatar dan mendaki, yang terdapat pada tabel 4.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mencapai tingkat tegangan, daya dan energi tertentu, kelompok baterai yang dirakit dalam seri atau paralel diperlukan untuk memberikan energi untuk mobil listrik. Ukuran baterai yang digunakan untuk tegangan 48 Volt sedangkan untuk arus 118 AH.

4.1 Perhitungan Tegangan Baterai

Pada penelitian ini untuk mendapatkan tegangan total, dibutuhkan perhitungan yang mengacu pada rumus 1 dan gambar 5. Baterai 4 unit dengan masing-masing tegangan dan arus sebesar 12 V/ 18 AH yang dirangkai secara seri, maka total tegangan adalah :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= B_1 + B_3 + B_2 + B_4 \\
 &= 12 \text{ V} + 12 \text{ V} + 12 \text{ V} + 12 \text{ V} \\
 V_{\text{Total}} &= 48 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan tegangan total baterai sebesar 48 V dengan arus 18 AH.

4.2 Perhitungan Arus Baterai

Untuk mendapatkan arus total, dibutuhkan perhitungan yang mengacu pada gambar 6, Baterai 4 unit dengan masing-masing tegangan dan arus sebesar 12 V/ 18 AH dihubungkan seri dan dihubungkan paralel dengan baterai 1 unit dimana tegangan dan arus sebesar 48 V/100 AH, maka dengan menggunakan persamaan 2 didapat total arus adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Total}} &= I_{\text{Total seri}} + I_p \\
 &= 18 \text{ AH} + 100 \text{ AH} \\
 &= 118 \text{ AH}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan didapatkan nilai arus total baterai sebesar 118 Ah dengan tegangan 48 V.

4.3 Perhitungan Energi Baterai

Untuk menghitung energi total yang disimpan oleh baterai dihitung dengan mengalikan tegangan nominal dengan kapasitas arus sesuai dengan persamaan 4 maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= i \cdot V \\
 E &= 118 \text{ Ah} \cdot 48 \text{ V} = 5664 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan maka didapatkan energi yang tersimpan sebesar 5664 Watthour.

4.4 Perhitungan Konsumsi Daya Baterai Pada Motor BLDC

Untuk menghitung konsumsi daya baterai pada motor BLDC mobil listrik dipakai persamaan 5 setelah dilakukan pengujian maka dengan menggunakan data arus dari tabel 4 dan tegangan nominal motor sebagai berikut:

$$P (\text{Konsumsi Daya}) = V \times I_{\text{motor}}$$

Kondisi daya baterai saat mendarat tanpa beban :

$$P (\text{Konsumsi Daya}) = 48V \times 3,1 A$$

$$P (\text{Konsumsi Daya}) = 148,8 W$$

Tabel 5 merupakan hasil perhitungan konsumsi daya batrai pada motor BLDC sesuai dengan kondisi.

Tabel 5 Perhitungan konsumsi daya motor

No	Kondisi Lintasan	Daya Tanpa Beban (W)	Daya Berbeban (W)
1	Jalan Mendatar	148,8	206,4
2	Jalan Mendaki	600	667,2

Dengan kondisi lintasan jalan mendaki yang semakin tinggi dari lintasan membutuhkan konsumsi daya lebih besar dari lintasan jalan yang mendatar baik dalam keadaan motor tanpa beban maupun motor berbeban.

4.4 Waktu Pemakaian Baterai

Untuk mendapatkan dan mengetahui berapa lama saat pemakaian baterai dihitung dengan rumus 7 :

$$t = \frac{E (\text{Energi Kapasitas Baterai})}{P (\text{Konsumsi Daya Motor})} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan persamaan diatas maka dapat dilakukan perhitungan lama (waktu) pemakaian baterai diberbagai kondisi.

Perhitungan waktu pemakaian pada kondisi mendarat tanpa beban

$$t = \frac{5664 Wh}{148,8 W}$$

$$t = 38,06 \text{ Jam}$$

Tabel 6 merupakan hasil perhitungan selanjutnya waktu pemakaian baterai oleh motor BLDC

Tabel 6 Perhitungan waktu pemakaian baterai

No	Kondisi Lintasan	Waktu Motor Tanpa Beban	Waktu Motor Berbeban
1	Jalan Mendatar	38,06 Jam	27,44 Jam
2	Jalan Mendaki	9,44 Jam	8,48 Jam

Perhitungan waktu pemakaian baterai dapat dilihat pada tabel 6 dengan kondisi lintasan jalan mendatar

membutuhkan waktu pemakaian baterai lebih lama dari lintasan jalan yang mendaki baik dalam keadaan motor tanpa beban maupun motor berbeban.

5. KESIMPULAN

Dari pengambilan data, perhitungan, analisa dan pembahasan yang dilakukan, energi tersimpan pada baterai sebesar 5664 Wh. Konsumsi daya motor BLDC pada mobil listrik pada kondisi lintasan jalan mendatar sebesar 148,8 W pada keadaan tanpa beban dan 206,4 W pada keadaan berbeban. Konsumsi daya motor BLDC pada mobil listrik pada kondisi lintasan jalan mendaki sebesar 600 W pada keadaan tanpa beban dan 667,2 W pada keadaan berbeban. Sehingga dapat disimpulkan kondisi lintasan jalan mendaki yang semakin tinggi dari lintasan membutuhkan konsumsi daya yang lebih besar dari lintasan jalan yang mendatar baik dalam keadaan motor tanpa beban maupun motor berbeban

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hendra, E. Yadie, and A. Arbain, "Analisis Konsumsi Daya Mobil Listrik Dengan Penggerak Motor Brushed DC," *PoliGrid*, vol. 2, no. 1, p. 24, Jun. 2021.
- [2] M. Udin, B. S. Kaloko, T. Hardianto, and J. T. Elektro, "Peramalan Kapasitas Baterai Lead Acid pada Mobil Listrik Berbasis Levenberg Marquardt Neural Network (Prediction Capacity of Lead Acid Battery on Electric Vehicle Based Neural Network Levenberg)."
- [3] A. Fatmawati, F. Wahyudianto, S. pengajar Jurusan Teknik Mesin Isnor Agus, P. Laboratorium Pendidikan Alex Sandro Etman More, and M. Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Negeri Samarinda, "Analisa Penggunaan Daya Baterai Terhadap Jarak Tempuh Pada Mobil Listrik," vol. 15, no. 1, 2022.
- [4] D. Harjono *et al.*, "ELIT JOURNAL Electrotechnics And Information Technology Analisis Kapasitas Dan Pengisian Baterai Pada Mobil Listrik Poncar," 2022.
- [5] A. Basith, A. Ulinuha, M. Afan Muhlasin, and I. Shokhibul Khak, "Emitor: Jurnal Teknik Elektro Analisis Performa dan Konsumsi Daya Motor BLDC 350 W pada Prototipe Mobil Listrik Ababil".
- [6] M. B. Wahid and S. Adiwidodo, "Analisa Pengaruh Berat Dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Daya Bldc 350W," 2021.
- [7] R. Ristiana, A. S. Rohman, A. S. Prihatmanto, and C. Machbub, "Desain Kendali Optimal Konsumsi Energi Pada Sistem Mobil Listrik Untuk Model Sistem Linier," *TELKA*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [8] D. R. Harahap, J. T. Mesin, M. Negeri, and B. Belitung, "Pengujian Performa Baterai Nickel-Metal Hydride (Nimh) Untuk Mobil Listrik Satu Penumpang Pada Kompetisi Balap Mobil Listrik Ene1-Gp Jepang 2017," 2017.
- [9] A. Setyaning, S. Poesoko, B. Setyono, D. Í. Míç•, and A. Novianto, "Seminar Nasional Sains dan Teknologi

Terapan X 2022”.

- [10] A. T. Zain, D. D. Suranto, A. Irawan, and C. N. Karimah, “Pengujian konsumsi daya baterai litium-ion pada sepeda motor listrik dengan variasi kemiringan lintasan,” *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 13, no. 1, p. 46, Apr. 2023, doi: 10.29303/dtm.v13i1.620.
- [11] O. Surya, N. Nrp, A. Dimas, A. Asfani, and D. Fahmi, “Design Of Optimal Charging For Electric Vehicle Based On Grid Power Needs And Grid Profile At Charging Station Using Fuzzy Logic Controller.”
- [12] R. Mulyadi *et al.*, “Mulyadi, dkk. Perancangan Sistem Kelistrikan Perangkat Elektronik Pada Mobil Listrik | 7 Perancangan Sistem Kelistrikan Perangkat Elektronik Pada Mobil Listrik”.
- [13] E. Heriana *et al.*, “Rancangan Kapasitas Baterai Dan Sistem Charger Pada Mobil Kampus.”
- [14] I. Viantama, D. Budhi, and M. Suyitno, “Analisis Perbandingan Sistem Kinerja Motor Penggerak Pada Mobil Listrik Kapasitas 75 kWh Comparative Analysis of Motor Drive Performance System in Electric Cars Capacity 75 kWh Informasi artikel,” vol. 3, pp. 157–164, 2021.