

# ANALISA BATERAI LITHIUM-ION DAN LITHIUM IRON PHOSPHATE DI SEPEDA MOTOR LISTRIK

Moch. Fikri Muji Syarifuddin<sup>1</sup>, Aris Heri Andriawan, ST., MT<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031)5931800, Faks. (031)5927817

Email: mujifikri@gmail.com

## ABSTRAK

Sepeda motor EV merupakan kendaraan masa depan yang ramah lingkungan dan dapat mengatasi masalah kelangkaan penyimpanan minyak di masa depan. Baterai merupakan salah satu komponen utama sepeda motor listrik, memegang peranan yang sangat penting, berfungsi sebagai sumber energi bagi seluruh sistem kelistrikan dan tempat menyimpan energi listrik. Di antara teknologi baterai yang digunakan, kandidat yang paling menjanjikan adalah baterai litium-ion dan baterai *litium iron phosphate*. Dalam penerapan sepeda motor listrik menggunakan kedua jenis baterai tersebut belum mempertimbangkan karakteristik baterai dengan berat pengendara, laju kecepatan dan medan yang dilalui. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan dengan pengaplikasian langsung di sepeda motor listrik. Dari pengujian yang sudah dilakukan pada jalur mendatar dan menanjak dengan variasi kecepatan 10km/jam, 30km/jam dan 50km/jam memberikan hasil bahwa karakteristik baterai *lithium - ion* memiliki operasional suhu yang lebih cepat panas. Kemudian, untuk tegangan baterai *lithium - ion* relatif stabil dan pada saat *discharge* dan juga pada saat *charging* tidak ada lonjakan tegangan. Sedangkan untuk baterai *lithium iron phosphate* memiliki karakteristik kestabilan suhu yang baik, dalam arti baterai *lithium iron phosphate* tetap dingin di suhu yang lebih tinggi. Untuk tegangan pada baterai *lithium iron phosphate* mengalami lonjakan tegangan pada saat *discharge* dan *charging*.

*Kata kunci: baterai, lithium ion, lithium iron phosphate, sepeda motor listrik*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri otomotif dunia sedang bergerak menuju kendaraan listrik. Di Indonesia sepeda motor listrik semakin giat dikembangkan dan sudah mulai banyak dijual dipasaran. Namun tidak banyak masyarakat yang menggunakan sepeda motor listrik ini, karena harga komponen seperti baterai yang mahal.

Baterai merupakan salah satu komponen dari sepeda motor listrik yang sangat penting berfungsi sebagai sumber arus untuk seluruh sistem kelistrikan serta sebagai tempat untuk menyimpan energi listrik. Diantara teknologi baterai yang digunakan kandidat yang paling menjanjikan yaitu baterai *lithium-ion* dan baterai *lithium iron phosphate*. Baterai *lithium-ion* unggul dalam daya densitas dan nilai efisiensi yang tinggi. Hal ini memungkinkan untuk dirancang lebih kecil atau lebih ringan dalam hal ukuran serta berat. Dengan keuntungan lainnya dari baterai *lithium-ion* memiliki tingkat *self-discharge* rendah, siklus hidup yang relatif panjang, tidak memiliki efek memori. [1]. Baterai *lithium iron phosphate* memiliki berbagai keunggulan diantaranya *life cycle* yang panjang (lebih dari 1000 siklus pemakaian), memiliki kestabilan yang baik pada tegangan kerja tinggi (kurva tegangan mendekati linear pada 3.4 V, kapasitas spesifik tinggi (170 mAh/g dibandingkan 100 mAh/g pada LiCoO<sub>2</sub>), dan ramah lingkungan. [2].

Dari pengujian yang sudah dilakukan pada jalur mendatar dan menanjak dengan variasi kecepatan 10km/jam, 30km/jam dan 50km/jam memberikan hasil bahwa karakteristik baterai *lithium - ion*

memiliki operasional suhu yang lebih cepat panas. Kemudian, untuk tegangan baterai *lithium - ion* relatif stabil dan pada saat *discharge* dan juga pada saat *charging* tidak ada lonjakan tegangan. Sedangkan untuk baterai *lithium iron phosphate* memiliki karakteristik stabilitas termal yang baik, dalam arti lain litium iron phosphate ketika pada kinerja tinggi, baterai tetap dingin. Untuk tegangan pada baterai *lithium iron phosphate* mengalami lonjakan tegangan pada saat *discharge* dan *charging*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik baterai *Lithium-ion* dan *Lithium iron phosphate* terhadap pengujian pembebanan saat proses *discharge* jalur mendatar dan menanjak pada variasi kecepatan?
2. Bagaimana hasil perbandingan baterai *Lithium-ion* dan *Lithium iron phosphate* terhadap pengujian pembebanan saat proses *discharge* jalur mendatar dan menanjak pada variasi kecepatan?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu,

1. Mengetahui karakteristik baterai *Lithium-ion* dan *Lithium Iron Phosphate* terhadap pengujian pembebanan saat proses *discharge*

jalur mendatar dan menanjak pada variasi kecepatan.

- Mengetahui perbandingan baterai *Lithium-ion* dan *Lithium Iron Phosphate* terhadap pengujian pembebanan saat proses *discharge* jalur mendatar dan menanjak pada variasi kecepatan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Battery Pack

Battery pack merupakan salah satu komponen kendaraan listrik yang berfungsi sebagai penyimpanan daya untuk menggerakkan motor. Baterai yang digunakan biasanya bersifat sekunder atau dapat diisi ulang. Baterai dirancang agar memiliki kapasitas daya yang tinggi sehingga kendaraan listrik dapat menempuh perjalanan yang jauh. Baterai yang baik adalah baterai yang memiliki rasio daya terhadap berat yang relatif tinggi artinya baterai yang baik adalah baterai yang memiliki kapasitas daya tinggi dan memiliki berat ringan.



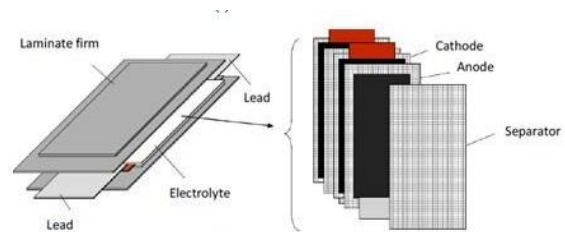
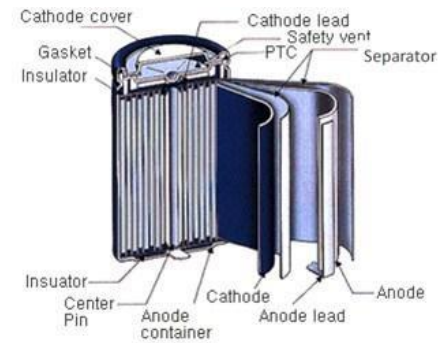
Gambar 2. 1 Baterai pack gesits [4]

Jenis kimia pada baterai yang ada di pasaran :

1. *Li-ion (Lithium Ion)*
2. *LiFePO4 (Lithium Iron Phosphate)*
3. *Accu (Accumulator / Lead Acid)*
4. *LMO / LiMn2O4 (Lithium Manganese Dioxide)*
5. *Li-po (Lithium Polymer)*

### 2.2 Lithium-ion Battery (Li-ion)

Baterai lithium-ion memiliki elektroda aktif yang disebut lithium metal oxide untuk elektroda positif dan karbon untuk elektroda negatif. Bahan tersebut diikat ke aliran kolektor logam dengan perekat dalam bentuk kopolimer polivinilidena fluoride (PVDF) atau polivinilidena fluoridaheksafluoropropilena (PVDFHFP) dan pengencer konduktif. [5].



Gambar 2. 2 Struktur baterai lithium – ion [6]

Separator, anoda, elektrolit dan katoda merupakan empat komponen utama dari sel baterai li-ion. Partikel utama dengan bahan umum, kegunaan dan prinsip operasi reaksi elektrolit kimia li-ion disajikan dalam Tabel 2.1 dibawah.

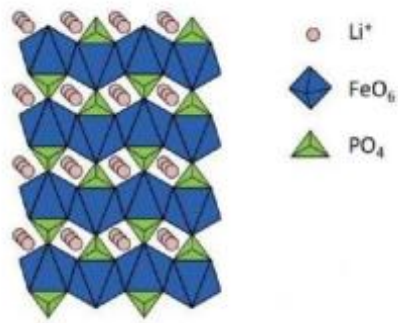
Tabel 2. 1 Reaksi dan komponen dalam *lithium-ion* [6]

Components	Operations	Materials
Cathode	Lithium ions enter the cathode when the battery discharges and leave when the battery charges	Lithium metal oxide powder
Anode	Lithium ions leave the anode when the battery discharges and enter the anode when the battery charges	Graphitic carbon powder
Electrolyte	The electrolyte allows transport of lithium ions between cathode and anode but not electrons	Lithium salts and organic solvents
Separator	The separator prevents short circuit between cathode and anode and only pass lithium ions through pores	Micro-porous membranes
Electrochemical reactions		
	Cathode: $\text{LiMO}_2 \xrightarrow{\text{charge}} \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2 + x\text{Li}^+ + xe^-$	
	Anode: $\text{C} + x\text{Li}^+ + xe^- \xrightarrow{\text{charge}} \text{Li}_x\text{C}$	
	Overall: $\text{LiMO}_2 + \text{C} \xrightarrow{\text{charge}} \text{Li}_x\text{C} + \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2$	

Ketika pelepasan, lithium di anoda dipisahkan selain itu juga melepaskan elektrolit. Ion litium berjalan melalui pemisah dan masuk ke lubang berukuran atom. Pada saat yang sama, elektron dilepaskan dari anoda. Ini adalah perjalanan arus ke beban eksternal. Selama siklus charging, ion litium bergerak dari katoda melalui separator ke anoda. Oleh karena itu, baterai litium ion dapat diisi ulang sesuai dengan reaksi reversibel yang terjadi.

### 2.3 Litium Iron Phosphate (LiFePO4)

Merupakan bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti LiCoO2. Sejak tahun 1997 LiFePO4 telah dikenalkan sebagai bahan katoda pada baterai litium. [7]. Dikarenakan memiliki keunggulan seperti rendah biaya, tidak reaktif dan ramah lingkungan. Selain itu, LiFePO4 memiliki kapasitas yang lebih tinggi 170mAh/g dibandingkan LiCoO2 (100mAh/g) (Linden et al., 2002).



Gambar 2. 3 Struktur kristal dari LiFePO4 [8]

Luas elektroda mempengaruhi kapasitas baterai. Kapasitas baterai dinyatakan sebagai jumlah bahan aktif pada elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik melalui reaksi elektrokimia (Linden et al., 2002).

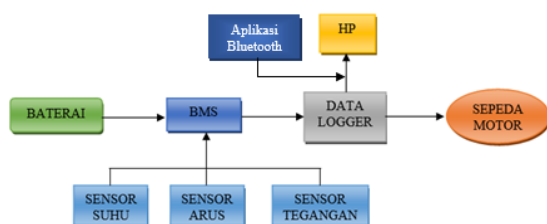
Padhi et al. tahun 1997 memperkenalkan Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) sebagai bahan katoda untuk baterai lithium ion. LiFePO memiliki keunggulan seperti rendah biaya, tegangan operasi tinggi, spesifikasi kapasitas yang tinggi, siklus umur panjang (1000 siklus atau lebih) dan ramah lingkungan (Pillot, Christophe. 2012).

Struktur kristal LiFePO ditunjukkan Gambar. 2.2. Pada tahun 1977 Yakubovich adalah orang pertama yang menganalisa struktur kristal LiFePO4 [7]. LiFePO4 mempunyai susunan 3D yang mengandung jalur Li+. LiFePO4 terbentuk dari FeO6 berbentuk oktahedral dan PO4 yang berbentuk tetrahedral. Sedangkan Li+ berada pada kisi kosong dekat dengan FeO6. Berkas struktur tetrahedralnya, LiFePO4 memiliki ikatan kovalen stabil antara oksigen dan fosfat (PO4), yang membuatnya sangat stabil selama fusi Li [8]. Reaksi redoks yang terjadi pada baterai lithium-ion dengan katoda LiFePO4 dan anoda LiC6 adalah sebagai berikut :

- Katoda :  $Li_{1-x}FePO_4 + xLi^+ + xe^- \rightleftharpoons LiFePO_4$
- Anoda :  $LiC_6 \rightleftharpoons Li^+ + e^- + 6C$

### 2.4 Perancangan Sistem

Pada penelitian ini dilakukan pengujian ketika proses pelepasan. Berikut diagram blog pengujian yang dilakukan :

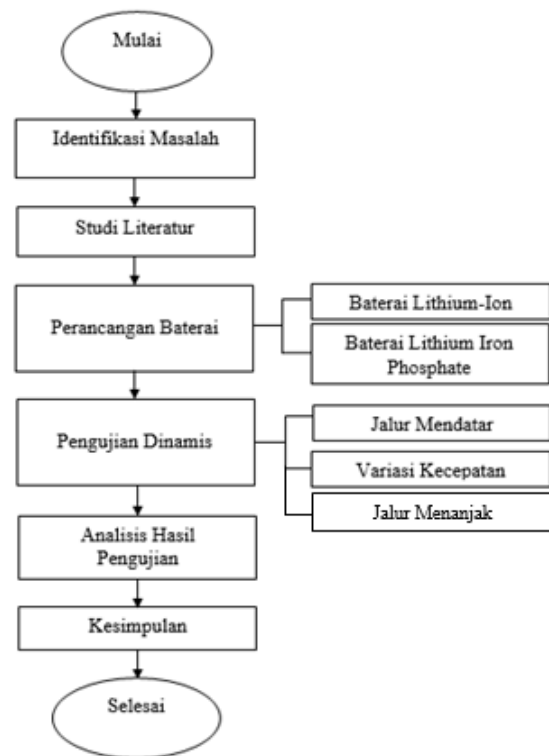


Gambar 2.4 Diagram Blog Pengujian Discharge

Di dalam diagram terdapat jenis baterai *lithium - ion* dan baterai *lithium iron phosphate*. Setiap pack baterai terdapat BMS yang dilengkapi dengan sensor suhu, sensor arus, dan sensor tegangan. Komunikasi BMS dengan data logger menggunakan protokol CAN BUS. Untuk penyimpanan ketika proses discharge menggunakan data logger yang dikoneksikan dengan android menggunakan Bluetooth sebagai media monitoring dan penyimpanannya berbentuk file txt. Beban yang dilakukan dalam pengujian yaitu menggunakan sepeda motor listrik.

### 3. METODELOGI

Pada bab ini akan menjelaskan tahap penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Langkah pertama pada penelitian ini adalah merumuskan masalah, setelah itu melakukan studi literatur tentang penelitian yang dilakukan, yaitu mengenai karakteristik baterai lithium-ion dan lithium iron phosphate. Tahap selanjutnya adalah merancang baterai yang mencakup rangkaian seri-paralel pada baterai lithium - ion dan baterai lithium iron phosphate. Sedangkan untuk jumlah kapasitas yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu dengan kapasitas 18 Ah. Langkah selanjutnya adalah uji dinamis. Pada tahap ini melakukan perakitan, pengujian dan pengambilan data sehingga tujuan dari penelitian dapat memberikan informasi karakteristik dari baterai yang diuji. Langkah yang terakhir adalah menganalisis data yang diperoleh dari percobaan dan menarik kesimpulan dari analisis yang dilakukan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Implementasi Desain Sistem



Gambar 4. 1 Implementasi Sistem

Pada perancangan sistem yang sudah dijelaskan di bab III hasil implementasi diperoleh seperti gambar 4.1 . Baterai terhubung dengan BMS yang dilengkapi dengan sensor tegangan, sensor suhu, dan sensor arus. Kemudian terdapat jalur komunikasi antara data logger dengan BMS, komunikasi tersebut menggunakan CAN BUS yang dihubungkan dengan aplikasi android untuk pengambilan data melalui komunikasi Bluetooth.

### 4.2 Analisa Perbandingan Baterai

#### a. Jalur mendatar

##### 1. Perbandingan baterai di jalur mendatar dengan kecepatan 10km/jam



Gambar 4. 2 Perbandingan tegangan jalur mendatar kecepatan 10km/jam

Pada gambar 4.2 merupakan perbandingan tegangan pada kedua jenis baterai saat pembebanan (*discharge*) di jalur mendatar dengan kecepatan 10km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah baterai *lithium iron phosphate* ketika diberi beban awal mengalami penurunan lebih tajam dibanding baterai *lithium – ion*.



Gambar 4. 3 Perbandingan suhu jalur mendatar kecepatan 10km/jam

Pada gambar 4.3 merupakan perbandingan suhu pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) di jalur mendatar dengan kecepatan 10km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah baterai *lithium – ion* mengalami kenaikan dibanding baterai *lithium iron phosphate*.

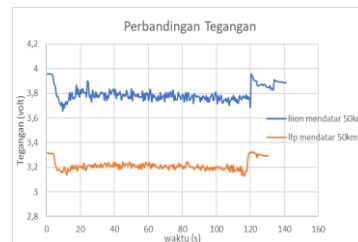
##### 2. Perbandingan baterai di jalur mendatar dengan kecepatan 30km/jam



Gambar 4. 4 Perbandingan tegangan jalur mendatar kecepatan 30km/jam

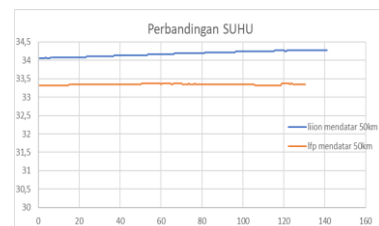
Pada gambar 4.4 merupakan perbandingan tegangan pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) di jalur mendatar dengan kecepatan 30km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah jenis baterai LiFePO4 tegangan lebih stabil dibanding jenis baterai liion.

##### 3. Perbandingan baterai di jalur mendatar dengan kecepatan 50km/jam



Gambar 4. 5 Perbandingan tegangan jalur mendatar kecepatan 50km/jam

Pada gambar 4.5 merupakan perbandingan tegangan pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) di jalur mendatar dengan kecepatan 50km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah jenis baterai LiFePO4 tegangan lebih stabil dibanding jenis baterai liion.



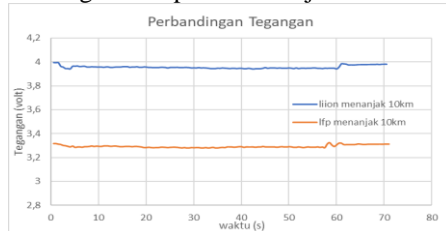
Gambar 4. 6 Perbandingan suhu jalur mendatar kecepatan 50km/jam

Pada gambar 4.6 merupakan perbandingan suhu pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan

(discharge) dijalar mendatar dengan kecepatan 50km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah baterai *lithium – ion* mengalami kenaikan suhu dibanding baterai *lithium iron phosphate*.

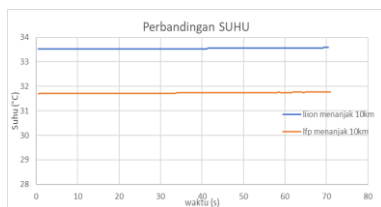
b. Jalur menanjak

1. Perbandingan baterai di jalur menanjak dengan kecepatan 10km/jam



Gambar 4. 7 Perbandingan tegangan jalur menanjak kecepatan 10km/jam

Pada gambar 4.7 merupakan perbandingan tegangan pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) dijalar menanjak dengan kecepatan 10km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah jenis baterai LiFePO4 tegangan lebih stabil dibanding jenis baterai *liion*.



Gambar 4. 8 Perbandingan suhu jalur menanjak kecepatan 10km/jam

Pada gambar 4.8 merupakan perbandingan suhu pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) dijalar menanjak dengan kecepatan 10km/jam. Selisih suhu pada baterai *lithium - ion* dan baterai *lithiummiron phosphate* saat dikarenakan letak posisi sensor tidak sama. Hal tersebut dikarenakan ruang yang tidak tersedia pada kendaraan.

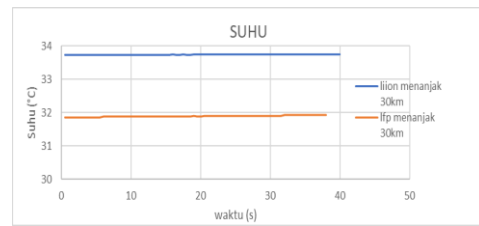
2. Perbandingan baterai di jalur menanjak dengan kecepatan 30km/jam



Gambar 4. 9 Perbandingan tegangan jalur menanjak kecepatan 30km/jam

Pada gambar 4.9 merupakan perbandingan tegangan pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) dijalar menanjak dengan

kecepatan 30km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah jenis baterai LiFePO4 tegangan lebih stabil dibanding jenis baterai liion.



Gambar 4. 10 Perbandingan suhu jalur menanjak kecepatan 30km/jam

Pada gambar 4.10 merupakan perbandingan suhu pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) dijalar menanjak dengan kecepatan 30km/jam. Selisih suhu yang terjadi dikarenakan letak posisi sensor tidak sama. Hal tersebut dikarenakan ruang yang tidak tersedia pada kendaraan.

3. Perbandingan baterai di jalur menanjak dengan kecepatan 50km/jam



Gambar 4. 11 Perbandingan tegangan jalur menanjak kecepatan 50km/jam

Pada gambar 4.11 merupakan perbandingan tegangan pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) dijalar menanjak dengan kecepatan 50km/jam. Perbedaan yang terjadi adalah baterai *lithium iron phosphate* tegangan lebih stabil dan tidak mengalami penurunan yang signifikan dibanding baterai *lithium – ion*.



Gambar 4. 12 Perbandingan suhu jalur menanjak kecepatan 50km/jam

Pada gambar 4.12 merupakan perbandingan suhu pada kedua jenis baterai yang diuji saat pembebanan (*discharge*) dijalar menanjak dengan kecepatan 50km/jam. Selisih suhu pada kedua jenis baterai tersebut dikarenakan letak posisi sensor tidak sama. Hal tersebut dikarenakan ruang yang tidak tersedia pada kendaraan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Hasil pengujian pada jalur mendatar dan menanjak dengan variasi kecepatan 10km/jam, 30km/jam dan 50km/jam memberikan hasil bahwa baterai *lithium – ion* memiliki karakteristik operasional suhu yang lebih cepat memanaskan selama pengujian. Kemudian, untuk tegangan baterai *lithium – ion* relatif stabil di awal pembebanan tidak ada penurunan tegangan yang jauh ketika *discharge* dan tidak ada lonjakan tegangan yang jauh ketika *charging* dari awal pembebanan hingga akhir.
2. Hasil pengujian pada jalur mendatar dan menanjak dengan variasi kecepatan 10km/jam, 30km/jam dan 50km/jam memberikan hasil bahwa untuk baterai *lithium iron phosphate* memiliki karakteristik kestabilan suhu yang baik, dalam arti lain litium iron phosphate ketika pada kinerja tinggi, baterai tetap dingin. Untuk tegangan pada baterai *lithium iron phosphate* mengalami lonjakan tegangan yang lebih tinggi di awal pembebanan ketika *charging* dan mengalami penurunan tegangan yang jauh ketika *discharge* di awal pembebanan.

### 5.2 Saran

Hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, masih terdapat kekurangan yang bisa dikembangkan. Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa saran yang dapat digunakan sebagai berikut :

1. Pengujian dapat dilakukan menggunakan *dhyno test*
2. Pengujian juga dapat dilakukan dengan merubah pedal gas dengan potensio agar dapat menghasilkan luaran yang stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rizky Dwi Prawira, “Uji Karakteristik Baterai Lithium-Ion Terhadap Variasi Pembebanan,” *Digit. Digit. Repos. Repos. Univ. Univ. Jember Jember Digit. Digit. Repos. Repos. Univ. Univ. Jember*, p. 43, 2018.
- [2] A. Satriady, W. Alamsyah, H. I. Saad, and S. Hidayat, “PENGARUH LUAS ELEKTRODA TERHADAP KARAKTERISTIK BATERAI LiFePO<sub>4</sub>,” *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 06, no. 02, pp. 43–48, 2016.
- [3] E. Sugawara and H. Nikaido, “Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*,” *Antimicrob. Agents Chemother.*, vol. 58, no. 12, pp. 7250–7, Dec. 2014, doi: 10.1128/AAC.03728-14.

- [4] “Charge Baterai Gesits Sampai Penuh Cuma Seharga Air Mineral Botolan?,” 2019.
- [5] A. K. Padhi, K. S. Nanjundaswamy, and J. B. Goodenough, “Phospho-olivines as Positive-Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries,” *J. Electrochem. Soc.*, vol. 144, no. 4, pp. 1188–1194, 1997, doi: 10.1149/1.1837571.
- [6] O. Toprakci, H. A. K. Toprakci, L. Ji, and X. Zhang, “28\_2010008,” vol. 28, no. 28, pp. 50–73, 2010.
- [7] “Lead Acid Batteries - Storage,” pp. 1–18, [Online]. Available: <http://www.reuk.co.uk/Lead-Acid-Batteries.htm>.
- [8] Maxell, “Lithium Manganese Dioxide Battery (Li/MnO<sub>2</sub>),” pp. 1–17, 2008.
- [9] J. Heydecke, “Introduction to Lithium Polymer Battery Technology,” pp. 1–15, 2018, [Online]. Available: [https://www.bce.it/wp-content/uploads/2019/06/Jauch-battery-white\\_paper\\_introduction\\_to\\_lipo\\_battery\\_technology\\_11-2018\\_BCE.pdf](https://www.bce.it/wp-content/uploads/2019/06/Jauch-battery-white_paper_introduction_to_lipo_battery_technology_11-2018_BCE.pdf).
- [10] Builder Indonesia, “BMS Baterai, Fungsi dan Cara Kerja Battery Management Systems,” *Plts*, 2020. <https://www.builder.id/bms-baterai/>.