

LAPORAN TUGAS AKHIR
Pengujian Kapasitas Baterai *Lithium-ion* 18650
Menggunakan Metode *Charge* dan *Discharge*

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S1 pada jurusan
Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung



DISUSUN OLEH :
NAMA : Iksan Hikami Fajrin
NIM :30601800018

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2024

FINAL PROJECT
18650 Lithium-ion Battery Capacity Testing Using the
Charge and Discharge Method

*As one of the requirements for obtaining a bachelor's degree in Electrical
Engineering at Sultan Agung Islamic University*



ARRANGED BY :

NAME: Iksan Hikami Fajrin

NIM: 30601800018

ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Pengujian Kapasitas Baterai Lithium-ion 18650 Menggunakan Metode Charge dan Discharge" ini disusun oleh:

Nama : Iksan Hikami Fajrin

NIM : 30601800018

Program Studi : Teknik Elektro

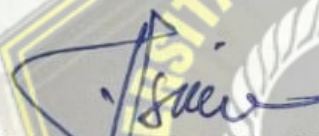
Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

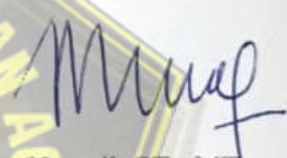
Hari : Senin


Tanggal : 04 Maret 2024

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Muhammad Khosyirin, ST., MT.
NIDN. 0625077901


Munaf Ismail, ST., MT.
NIDN. 0613127302


Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro


Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Pengujian Kapasitas Baterai Lithium-ion 18650 Menggunakan Metode Charge dan Discharge" ini disusun oleh:

Nama : Iksan Hikami Fajrin

NIM : 30601800018

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:


Hari : Senin


Tanggal : 04 Maret 2024

TIM PENGUJI

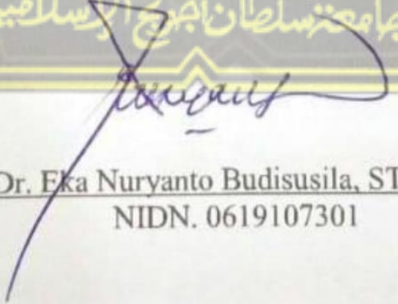
Anggota I

Anggota II


Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT.
NIDN. 0607018501


Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN. 0607018501

Ketua Penguji


Dr. Eka Nuryanto Budisusila, ST., MT.
NIDN. 0619107301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iksan Hikami Fajrin
NIM : 30601800018
Judul Tugas Akhir : Pengujian Kapasitas Baterai Lithium-ion 18650
Menggunakan Metode Charge dan Discharge

Dengan ini menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Boyolali, Februari 2024

Yang menyatakan


METERAI
TEMPEL
09ALX088518449
Iksan Hikami Fajrin

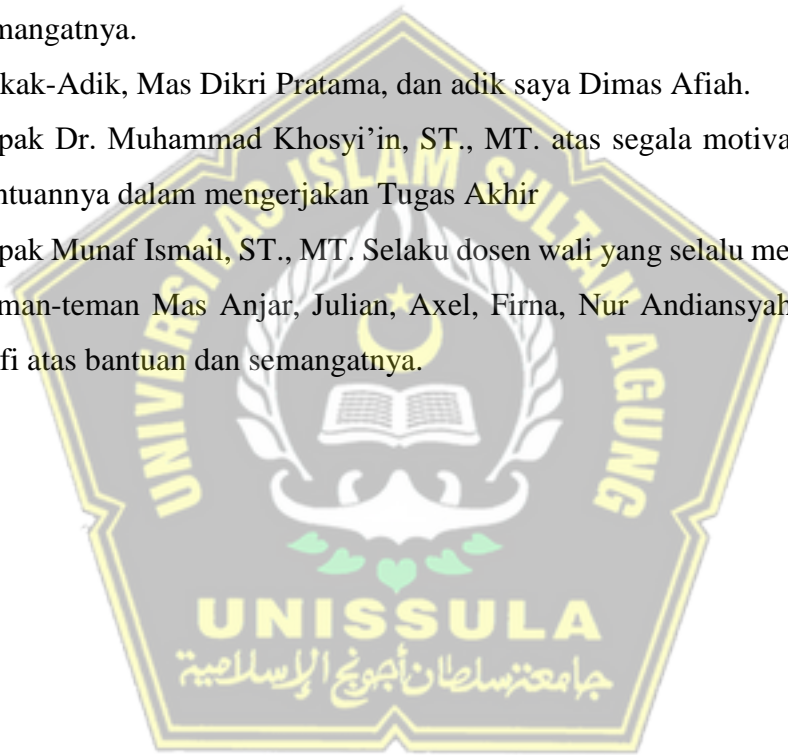


HALAMAN PERSEMBAHAN

Puja dan puji syukur yang mendalam kepada Allah *ىلاعت و من احبس*, atas nikmat iman, nikmat sehat, nikmat akal yang telah diberikan kepada saya, dan sholawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Nabi Muhammad ﷺ yang saya harapkan syafa'at Beliau di Yaumul Akhir kelak.

Dengan diselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis mempersembahkannya kepada:

1. Orang tua, Bapak Gandik dan Ibu Benri, terima kasih atas segala do'a dan semangatnya.
2. Kakak-Adik, Mas Dikri Pratama, dan adik saya Dimas Afiah.
3. Bapak Dr. Muhammad Khosyi'in, ST., MT. atas segala motivasi, saran, dan bantuannya dalam mengerjakan Tugas Akhir
4. Bapak Munaf Ismail, ST., MT. Selaku dosen wali yang selalu memotivasi saya
5. Teman-teman Mas Anjar, Julian, Axel, Firna, Nur Andiansyah, Kholis, dan Kafi atas bantuan dan semangatnya.



HALAMAN MOTTO

“Jangan terlalu mencintai manusia sehingga kamu membuat Tuhan cemburu dan akhirnya memberimu luka” Iksan

“Sebaik-baiknya manusia adalah manusia yang bermanfaat bagi banyak orang”
H.Haryanto



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Rasa syukur penulis kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya sehingga masih berkesempatan untuk menuntut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Aamiin Yaa Robbal alamin.

Banyak hambatan yang terjadi dalam penulisan Tugas Akhir ini, tetapi dengan adanya pihak lain yang membantu baik morel maupun materiel sehingga penulis dapat menyelesaikannya. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H., M.Hum selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Dr. Muhammad Khosyi'in, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Munaf Ismail, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing saya, memberi arahan, saran, motivasi, serta kesabaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Semua dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Industri atas semua ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis menyusun tugas akhir ini.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Tidak lupa pula kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir masih banyak kekurangan, termasuk berdasarkan aspek penyajian maupun material sehingga penulis memohon maaf serta membutuhkan saran dan kritik dalam

menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan tambahan wawasan bagi para pembaca dan utamanya bagi penulis sendiri.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi' Wabarakatuh

Boyolali, Februari 2024

Penulis

Iksan Hikami Fajrin



ABSTRAK

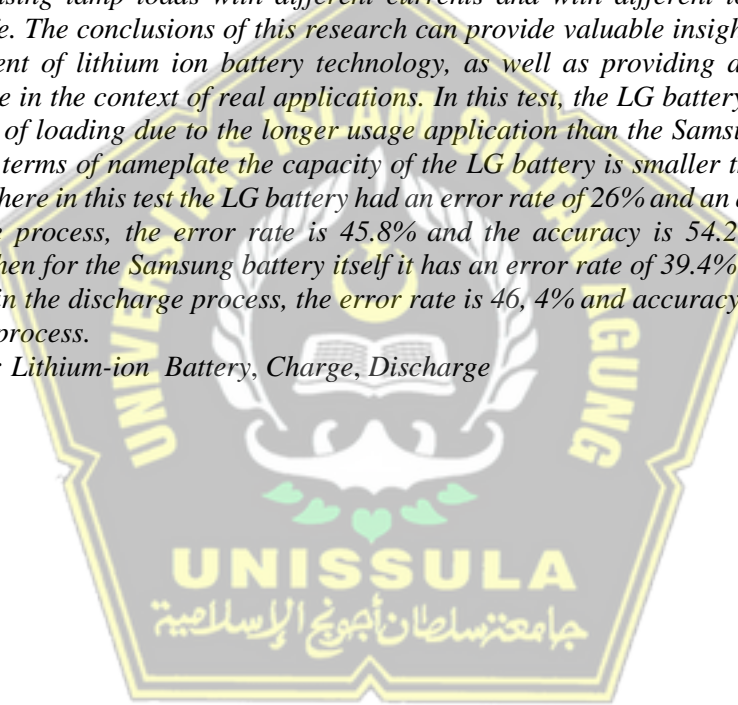
Pengujian ini membahas perbandingan proses *discharge* dan *charge* pada baterai lithium ion tipe 18650. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja baterai dalam kondisi pemakaian sehari-hari, khususnya pada tahapan *discharge* dan *charge*. Metodologi eksperimental dilakukan dengan melakukan serangkaian uji pada beberapa baterai 18650 dengan kapasitas yang sama. Proses *discharge* dievaluasi untuk menentukan daya tahan baterai selama penggunaan normal, sementara proses *charge* dianalisis untuk mengidentifikasi efisiensi dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ulang baterai. Data yang diperoleh dari uji eksperimental dianalisis secara kuantitatif, dan hasilnya dibandingkan untuk mengidentifikasi perbedaan performa antar proses. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan dalam daya tahan baterai selama proses *discharge*, dan efisiensi pengisian ulang baterai juga bervariasi. Faktor-faktor seperti perbedaan kapasitas baterai (mAh) dan tingkat penggunaan baterai dapat memengaruhi kinerja baterai secara signifikan. Dimana baterai LG dan Samsung memiliki perbedaan kapasitas, seperti contoh penggunaan beban lampu dengan arus yang berbeda dan dengan beban yang berbeda juga mempengaruhi daya tahan baterai. Kesimpulan dari penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga untuk pengembangan teknologi baterai lithium ion lebih lanjut, serta memberikan pandangan lebih jelas tentang penggunaan baterai dalam konteks aplikasi nyata. Pada pengujian ini baterai LG dapat diunggulkan dalam penggunaan pembebanan dikarenakan aplikasi pemakaian yang lebih lama daripada baterai Samsung walaupun dari segi *Nameplate* kapasitas baterai LG lebih kecil dari baterai Samsung dimana pada pengujian kali ini baterai LG memiliki tingkat *Error* sebesar 26% dan Akurasi sebesar 74% pada proses *Discharge*, tingkat *Error* sebesar 45,8% dan Akurasi sebesar 54,2% pada proses *Charge*, lalu untuk baterai Samsung sendiri memiliki tingkat *Error* sebesar 39,4% dan Akurasi sebesar 60,6% pada proses *Discharge*, tingkat *Error* sebesar 46,4% dan Akurasi sebesar 53,6% untuk proses *Charging*.

Kata Kunci : Baterai Lithium-ion, *Charge*, *Discharge*

ABSTRACT

This test discusses the comparison of the discharge and charge processes in type 18650 lithium ion batteries. This research aims to evaluate the performance of the battery in daily use conditions, especially at the discharge and charge stages. The experimental methodology was carried out by carrying out a series of tests on several 18650 batteries with the same capacity. The discharge process is evaluated to determine the battery's durability during normal use, while the charge process is analyzed to identify the efficiency and time required to recharge the battery. Data obtained from experimental tests are analyzed quantitatively, and the results are compared to identify performance differences between processes. The results showed that there were differences in battery life during the discharge process, and battery recharging efficiency also varied. Factors such as differences in battery capacity (mAh) and battery usage levels can significantly impact battery performance. Where LG and Samsung batteries have different capacities, for example using lamp loads with different currents and with different loads also affects battery life. The conclusions of this research can provide valuable insights for the further development of lithium ion battery technology, as well as providing a clearer view of battery use in the context of real applications. In this test, the LG battery can be superior in the use of loading due to the longer usage application than the Samsung battery, even though in terms of nameplate the capacity of the LG battery is smaller than the Samsung battery, where in this test the LG battery had an error rate of 26% and an accuracy of 74%. Discharge process, the error rate is 45.8% and the accuracy is 54.2% in the charge process, then for the Samsung battery itself it has an error rate of 39.4% and an accuracy of 60.6% in the discharge process, the error rate is 46, 4% and accuracy of 53.6% for the charging process.

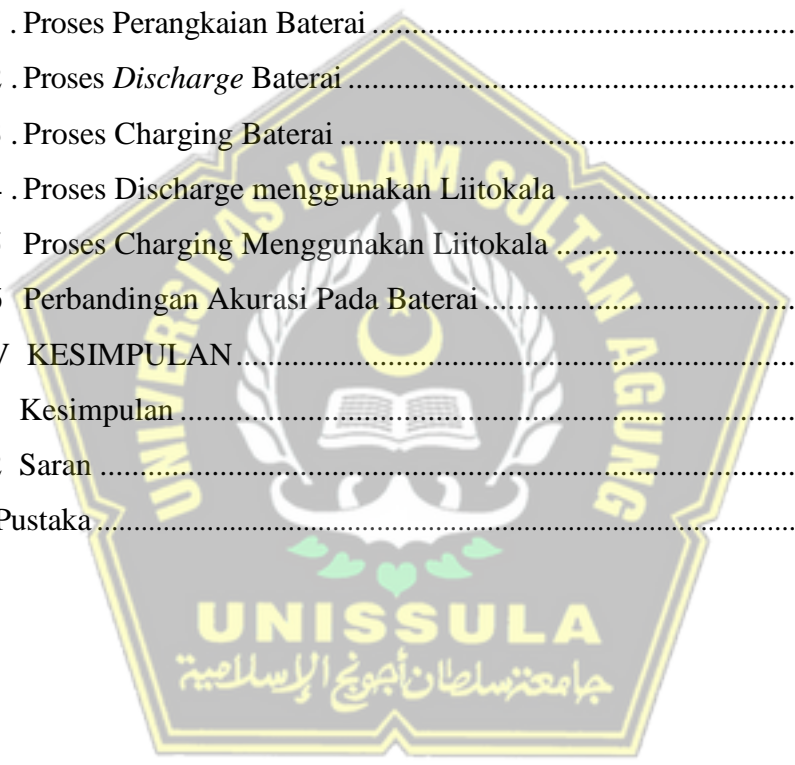
Keyword : Lithium-ion Battery, Charge, Discharge



DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	i
<i>FINAL PROJECT</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematik Penulisan Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1 Baterai Lithium-Ion	8
2.2.2 Jenis-Jenis Baterai Lithium-Ion	8
2.2.3 Karakteristik Baterai <i>Lithium-ion</i>	9
2.2.4 <i>Charging</i> Baterai	10
2.2.5 Discharge Baterai.....	12

2.2.6 Rangkaian Seri Pada Baterai.....	14
2.2.7 Rangkaian Paralel Pada Baterai.....	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Deskripsi Penelitian	17
3.2 Metode Pengujian	20
3.3 Peralatan	24
3.4 Skenario Penelitian	26
BAB IV DATA DAN ANALISA.....	28
4.1 .Proses Perangkaian Baterai	28
4.2 .Proses <i>Discharge</i> Baterai	29
4.3 .Proses Charging Baterai	34
4.4 .Proses Discharge menggunakan Liitokala	38
4.5 Proses Charging Menggunakan Liitokala	43
4.6 Perbandingan Akurasi Pada Baterai	47
BAB V KESIMPULAN.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
Daftar Pustaka.....	49



DAFTAR GAMBAR

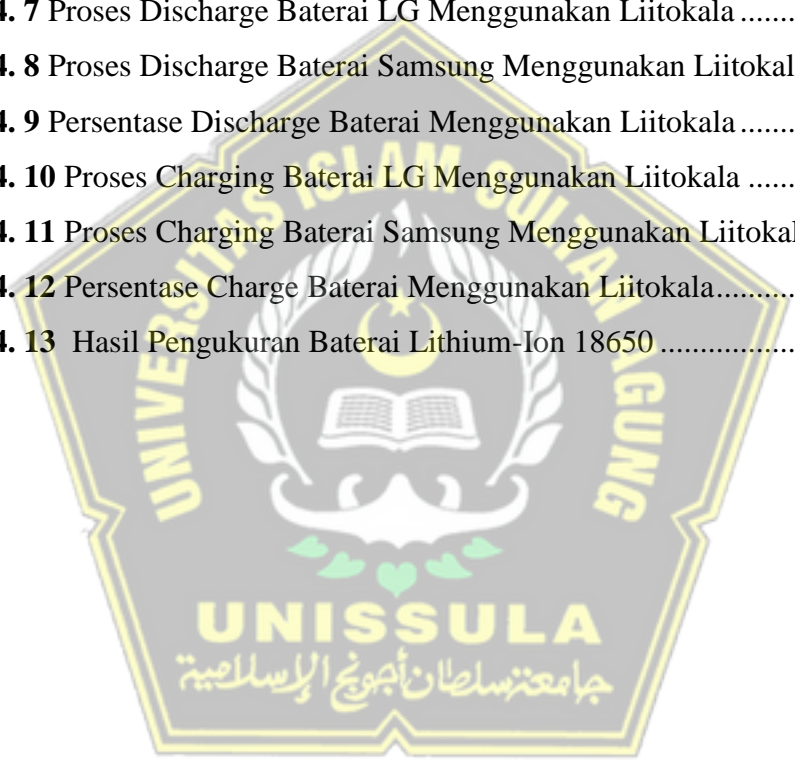
Gambar 2. 1 Struktur Baterai Lithium.....	8
Gambar 2. 2 Proses Charging Menggunakan Imax	11
Gambar 2. 3 Proses Charging Menggunakan Liitokala Lii-500.....	11
Gambar 2. 4 Proses Discharge Baterai Menggunakan Beban Lampu DC	12
Gambar 2. 5 Rangkaian Seri Baterai	14
Gambar 2. 6 Rangkaian Paralel Baterai.....	15
Gambar 3. 1 Diagram Baterai Lithium-Ion 18650 pada saat discharge dengan lampu DC	17
Gambar 3. 2 <i>Diagram proses Charging Baterai 18650 menggunakan Charger Imax</i>	18
Gambar 3. 3 <i>Diagram Blok proses discharge/charge baterai 18650 menggunakan Liitokala</i>	19
Gambar 3. 4 Flowchart Metode Pengujian.....	20
Gambar 3. 5 Proses Pengujian Discharge Baterai	22
Gambar 3. 6 Proses Pengujian Charging Baterai	23
Gambar 3. 7 Baterai Lithium-Ion 18650 pada saat discharge dengan lampu DC 12V 40W	26
Gambar 3. 8 Rangkaian Pengujian Pembebanan Baterai Lithium Menggunakan Lampu DC 12 Volt.....	26
Gambar 3. 9 Rangkaian Pengujian Charging Baterai Lithium menggunakan Charger Imax.....	27
Gambar 4. 1 Rangkaian Seri Baterai yang disambungkan ke wattmeter sebagai indikator pengukuran	28
Gambar 4. 2 Rangkaian Baterai pada proses discharge dengan diberi beban lampu DC	29
Gambar 4. 3 Grafik Discharge Baterai LG dan Samsung	33
Gambar 4. 4 Grafik Kapasitas Baterai LG dan Samung	33
Gambar 4. 5 Grafik Charging Baterai LG dan Samsung.....	36
Gambar 4. 6 Grafik Kapasitas Charge Baterai LG dan Samsung	37

Gambar 4. 7 Grafik Proses Discharge Baterai LG dan Samsung Menggunakan Liitokala	42
Gambar 4. 8 Grafik Kapasitas baterai LG dan Samsung Pada Saat Proses Discharge Menggunakan Liitokala	42
Gambar 4. 9 Grafik Proses Charging Baterai LG dan Samsung Menggunakan Liitokala	45
Gambar 4. 10 Grafik Kapasitas Baterai LG dan Samsung Pada Saat Proses Charging Menggunakan Liitokala.....	46
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Kapasitas Baterai Lithium-Ion	47



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Discharge Baterai LG	29
Tabel 4. 2 Data Discharge Samsung.....	30
Tabel 4. 3 Tabel Persentase Discharge Baterai	31
Tabel 4. 4 Data Charging baterai LG	35
Tabel 4. 5 Data Charging Baterai Samsung	35
Tabel 4. 6 Tabel Persentase Charge Baterai.....	35
Tabel 4. 7 Proses Discharge Baterai LG Menggunakan Liitokala	38
Tabel 4. 8 Proses Discharge Baterai Samsung Menggunakan Liitokala.....	40
Tabel 4. 9 Persentase Discharge Baterai Menggunakan Liitokala	41
Tabel 4. 10 Proses Charging Baterai LG Menggunakan Liitokala	44
Tabel 4. 11 Proses Charging Baterai Samsung Menggunakan Liitokala	44
Tabel 4. 12 Persentase Charge Baterai Menggunakan Liitokala.....	45
Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran Baterai Lithium-Ion 18650	47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, kita semua pasti tidak dapat terlepas dari penggunaan barang atau elektronik. Hal ini terbukti dengan banyaknya barang di sekitar kita yang sering kita gunakan untuk membantu dalam pekerjaan sehari-hari. Dalam penggunaan alat dan barang elektronik, tentunya ada sumber daya yang diperlukan agar alat tersebut dapat digunakan. Sumber daya yang dimaksud adalah baterai, yaitu media penyimpanan energi yang digunakan untuk mengoperasikan alat elektronik. Saat ini, terdapat banyak sekali bentuk dan jenis baterai. Penggunaannya tergantung pada kebutuhan daya, arus, dan tegangan masing-masing perangkat elektronik. Baterai dapat digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan yang potensial seperti biomassa, tenaga air, angin dan matahari [1]. Baterai inilah yang berperan sebagai pemberi sumber daya agar perangkat elektronik yang kita gunakan dapat berfungsi normal sesuai kebutuhan. Dapat dikatakan bahwa baterai merupakan suatu benda yang berguna sebagai pemberi energi bagi suatu alat elektronik agar alat tersebut dapat digunakan sesuai peruntukannya.

Baterai adalah perangkat yang mengubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik portabel seperti ponsel, laptop, senter, dan remote control menggunakan baterai sebagai sumber tenaganya. Namun dalam beberapa tahun terakhir, setelah dilakukan investigasi dan analisa lapangan, ditemukan bahwa situasi jual beli baterai palsu (palsu) yang beredar di masyarakat semakin meningkat, khususnya baterai seri 18650) dan baterai palsu (kloning) yang sesuai dengan sumber listrik dan volt yang tidak sesuai dengan nilai yang tertera pada baterai. Dan akibat yang ditimbulkan jika kita menggunakan baterai palsu bisa sangat

berbahaya dan merusak benda yang kita gunakan, karena baterai palsu harganya lebih murah dibandingkan baterai asli, otomatis kualitasnya kurang baik dan sering timbul permasalahan seperti yang tidak diinginkan dan cepat panas. Kelebihan dari alat ini adalah desainnya yang sangat sederhana, alatnya sangat sederhana, dapat dibawa kemana saja, dan sistemnya mudah dimengerti untuk kita gunakan [2].

Baterai lithium-ion adalah pilihan yang bagus untuk alat ini karena memiliki kelebihan seperti kepadatan energi tinggi, kepadatan energi tinggi, self-discharge rendah, pengisian cepat, tanpa efek memori dan umur panjang. Namun baterai lithium juga memiliki kelemahan yaitu sangat sensitif terhadap suhu. Saat ini tegangan yang dihasilkan baterai lithium-ion hanya sebesar 3,7 V, sedangkan jika ingin digunakan sebagai sumber listrik rumah tangga diperlukan tegangan minimal sebesar 12 Volt [1].

Pada proses discharge, baterai akan mengeluarkan arus listrik yang nantinya akan dialirkan pada beban, pada umumnya, baterai akan mengalami cut off apabila tegangan telah berada di 2,75V-3,00V dengan tanda beban yang tersambung pada baterai sudah tidak menyala lagi.

Selama pengisian baterai dengan pengisi daya, arus mengalir berlawanan arah dengan waktu pengosongan. Pengisian berarti muatan aktif dan elektrolit diubah sehingga energi kimia baterai menjadi maksimal. Prinsip pengoperasian charger adalah sumber tegangan bolak-balik (fasa tunggal) masuk ke input trafo tegangan dari tegangan 220V ke 110V, kemudian menyearahkan dioda/thyristor menjadi arus bolak-balik. (AC) diubah menjadi arus searah dengan *ripple* atau gelombang DC tertentu. Kemudian untuk mengoreksi *ripple* atau gelombang DC yang terjadi diperlukan rangkaian filter dan dipasang terminal keluaran terlebih dahulu. Ada dua jenis pengisi daya (penyearah) tergantung pada sumber tegangannya, yaitu penyearah satu fasa [3].

Untuk pengisian daya baterai, diperlukan sumber daya DC. Pengisi daya ini berfungsi sebagai pengubah daya AC dari sumber menjadi daya DC. Sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik untuk mengisi baterai. Besarnya

tegangan keluaran diatur menurut komponen-komponen penyusun rangkaian penyearah pada charger [4].

Tujuan pengujian baterai *Lithium-ion* 18650 juga agar memastikan apakah kapasitas baterai yang tertera pada *nameplate* baterai sesuai atau tidak, karena banyak juga baterai tipe 18650 yang dijual di pasaran ini kapasitas baterai tidak sesuai dengan *nameplate*

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana menguji baterai *Lithium* 18650 menggunakan metode *Discharge* dan *Charge*?
2. Bagaimana menguji kapasitas terpasang pada *nameplate* baterai *Lithium* 18650?

1.3 Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini menguji 2 merk baterai bertipe *Lithium* 18650 3,7V merk LG dengan kapasitas 3000mAh dan merk Samsung dengan Kapasitas 3200 mAh dengan masing-masing merk berjumlah 3 baterai yang akan diuji
2. Beban menggunakan lampu LED DC 12 volt 40watt yang tertera pada *nameplate*
3. Metode Pengujian menggunakan metode *Discharge* dan *Charge*

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menguji kapasitas baterai dan membandingkan dengan kapasitas yang terpasang pada baterai

1.5 Manfaat

1. Dapat mengetahui karakteristik baterai *Lithium* 18650 pada saat sebelum digunakan
2. Dapat mengetahui pemakaian daya beban yang sesuai pada baterai *Lithium* 18650.
3. Dapat mengetahui arus dan tegangan pada baterai sesuai dengan *Nameplate* atau tidak

1.6 Sistematik Penulisan Laporan

Dalam penulisan tugas akhir ini, sistem penulisannya adalah sebagai

berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang konteks, cara merumuskan masalah, batasan masalah, dan tujuan penulisan Tugas Akhir., Manfaat Tugas Akhir, Dan Sistematika Penulisan Tugas Akhir.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab Ini Membahas Mengenai Penelitian – Penelitian Sebelumnya Serta Teori – Teori Yang Bersangkutan Dan Mendukung Tugas Akhir Ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan beberapa metode pengukuran dan pengumpulan data pada proses *charge* dan *discharge* baterai *lithium-ion* 18650 dengan beban lampu DC 12volt

BAB IV : DATA DAN ANALISA

Pada Bab ini berisikan tentang pembahasan data yang di peroleh setelah melakukan pengukuran dan pengumpulan data, dan menganalisa data tersebut.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisa dan bahasan data akan di dapat kesimpulan dan saran yang akan mendukung laporan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN –

LAMPIRAN –

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian dari Rizky Dwi Prawira tentang kandidat paling menjanjikan untuk teknologi baterai yang digunakan pada kendaraan listrik (EV) adalah baterai lithium-ion, yang juga dianggap sebagai pilihan paling cocok untuk pengembangan kendaraan listrik (EV) saat ini. . Baterai lithium-ion saat ini dipilih untuk penyimpanan energi pada kendaraan listrik (EV) karena kepadatan daya dan kepadatan dayanya lebih tinggi dibandingkan jenis baterai lainnya. Baterai lithium-ion memiliki kinerja yang unggul dan kepadatan energi yang tinggi, memungkinkannya dirancang agar lebih ringan dan lebih kecil dalam ukuran dan berat. Keuntungan lain dari baterai lithium-ion termasuk kemampuannya untuk beroperasi pada rentang suhu yang luas, pengisian cepat, tidak ada efek memori, siklus hidup yang relatif panjang, dan tingkat *self-discharge* yang rendah[5].

Kemudian ada penelitian dari Muhammad Otong tentang Baterai merupakan alat penyimpan energi yang mampu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai *lithium-ion* dapat menghasilkan daya dan kepadatan energi yang tinggi. Keunggulan lainnya termasuk efisiensi tinggi, tidak ada efek memori, dan siklus hidup yang relatif panjang. Kelemahan baterai lithium-ion adalah sangat sensitif terhadap suhu. *Li-ion Battery Management System* atau biasa dikenal dengan BMS (*Battery Management System*) digunakan sebagai solusi untuk menjaga sel Li-ion dalam jangkauan pengoperasian yang aman. Perancangan perangkat keras pada penelitian ini adalah modul baterai litium. Dapatkan modul baterai berdasarkan kebutuhan dan desain modul. *Battery Management System Lithium Ion (BMS)* berfungsi untuk memantau dan melindungi baterai. Sistem monitoring berjalan dengan baik, dengan rata-rata error pengujian pada sensor tegangan

sebesar 0,005%, sensor suhu sebesar 0,0326%, dan sensor arus sebesar 0,284%. Pengujian pengisian dengan metode arus dan tegangan konstan menggunakan arus 0,8 A dan tegangan 42 V berjalan baik dengan rata-rata peningkatan tegangan sel sebesar 0,46 V dengan waktu pengisian 120 menit. Uji pelepasan dengan beban LED 36V 0,6A bekerja dengan baik dengan penurunan tegangan rata-rata 0,56V. Keadaan muatan (soc) menggunakan metode tegangan rangkaian terbuka (ocv) pada saat pengujian beban menunjukkan perbedaan antar sel Li-ion dengan rata-rata peningkatan jumlah sel sebesar 27%. Keadaan muatan (soc) menggunakan metode tegangan rangkaian terbuka (ocv) pada pengujian pelepasan menunjukkan adanya perbedaan pada sel Li-ion dengan rata-rata reduksi sel sebesar 35,75%. [5].

Kemudian ada penelitian dari Achmad Rais Wiguna tentang Beberapa daerah pedesaan di Indonesia masih memiliki tingkat elektrifikasi yang rendah karena letak geografisnya yang menyulitkan pembangunan jaringan listrik. Salah satu alternatif untuk memperoleh energi listrik adalah dengan menggunakan panel surya. Namun produksi panel surya bersifat intermiten sehingga memerlukan penyimpanan energi listrik atau baterai. Teknologi terkini pada baterai adalah baterai lithium-ion yang diklaim memiliki umur panjang dan mudah perawatannya. Namun saat ini tegangan yang dihasilkan baterai lithium-ion hanya sebesar 3,7 V, sedangkan jika ingin digunakan sebagai sumber listrik rumah tangga diperlukan tegangan minimal sebesar 12 Volt. Oleh karena itu, peneliti merancang baterai lithium-ion yang menghasilkan tegangan 12 V dengan menghubungkan sel-sel secara seri dan paralel, serta disusun dalam panel kompak dan dilengkapi dengan *Battery Management System* (BMS). Kinerja baterai ini diuji mulai dari integrasi baterai hingga pembuatan paket baterai. Hasil pengujian menunjukkan baterai menghasilkan tegangan 12V, 60Ah dan mampu digunakan selama 8 jam dengan kecepatan pengisian 57W [1].

2.2.Dasar Teori

Baterai merupakan sumber energi yang mampu mengubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik portabel seperti ponsel, laptop, dan mainan yang dikendalikan dari jarak jauh menggunakan baterai sebagai sumber tenaganya. Dengan baterai, tidak perlu lagi menyambungkan kabel listrik ke terminal untuk mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana saja. Setiap baterai terdiri atas katoda (*Cathode*) dan anoda (*Anode*) serta elektrolit yang berfungsi sebagai konduktor. Arus yang diberikan oleh baterai adalah arus searah atau disebut juga DC (*Direct Current*). Biasanya, baterai terdiri dari dua jenis utama: baterai primer yang hanya dapat digunakan satu kali (baterai sekali pakai) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (baterai isi ulang). Jenis baterai yang dibahas dalam proposal ini yang dapat diisi ulang dan umum digunakan pada kendaraan listrik adalah baterai *lithium-ion* [6].

Jenis baterai yang umum digunakan adalah baterai *lithium-ion* yang memiliki keunggulan luar biasa dibandingkan jenis baterai sekunder lainnya seperti stabilitas penyimpanan energi yang baik (masa pakai hingga 10 tahun atau lebih), kepadatan energi, dan kepadatan energi. efek memori dan bobot yang relatif rendah. lebih ringan dari baterai lainnya. Oleh karena itu, mengingat bobotnya yang sama, energi yang dihasilkan baterai lithium dua kali lipat dibandingkan baterai jenis lainnya [3].

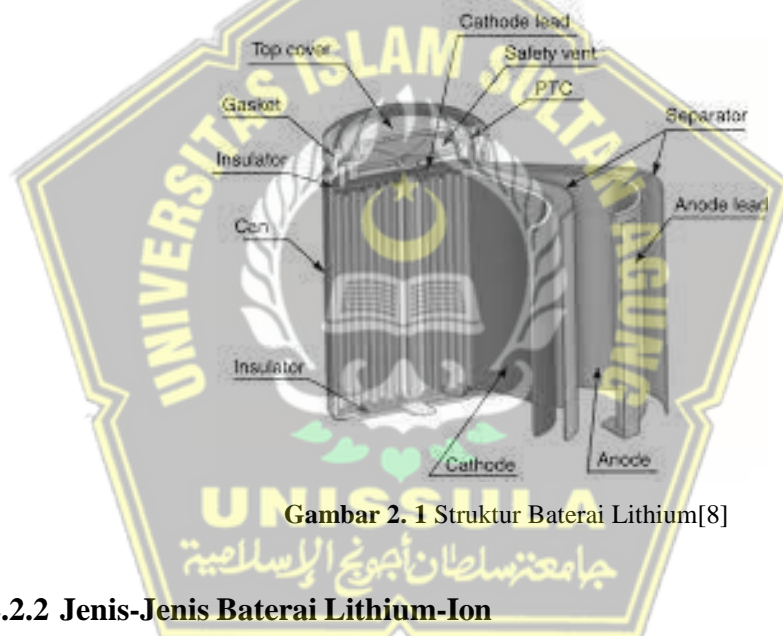
Selain itu, baterai *lithium-ion* juga memiliki keunggulan ramah lingkungan karena tidak mengandung racun, tingkat *self-discharge* yang rendah, dan tegangan pelepasan yang stabil. Selain kelebihan, baterai *lithium-ion* tentunya juga memiliki kekurangan, antara lain biayanya yang relatif mahal dibandingkan baterai NiCd/NiMH, bentuk baterai yang tidak sama dengan baterai standar (AA) seperti baterai NiMH/NiCd dan memerlukan pengamanan. sirkuit perlindungan kelebihan beban. (Hartanto dan Wibowo,2014 [3].

Dengan kata lain, baterai *lithium* adalah baterai yang dapat diisi atau

dikosongkan berkali-kali. Baterai jenis ini biasa digunakan pada perangkat elektronik seperti handphone, laptop dan masih banyak lainnya. [3].

2.2.1 Baterai Lithium-Ion

Baterai lithium-ion adalah jenis baterai yang banyak digunakan. Elektroda aktif baterai lithium-ion adalah oksida logam litium untuk elektroda positif, sedangkan karbon adalah elektroda negatif. Bahan tersebut melekat pada aliran pengumpul logam menggunakan perekat, berupa kopolimer polivinilidena fluorida (PVDF) atau polivinilidena fluorida-heksafluoropropilena (PVDF-HFP), dan pengencer konduktif[5].



Gambar 2. 1 Struktur Baterai Lithium[8]

2.2.2 Jenis-Jenis Baterai Lithium-Ion

Menurut Batteryuniversity.com, berdasarkan senyawa kimia yang digunakan pada baterai Li-ion, baterai ini terbagi menjadi 6 golongan atau tipe, yaitu:

1. Baterai Li-ion menggunakan senyawa kimia LiCoO_2 (litium kobalt oksida), atau disingkat LCO.
2. Baterai Li-ion menggunakan senyawa kimia litium mangan oksida (LiMn_2O_4) atau disingkat LMO.
3. Baterai Li-ion menggunakan senyawa kimia *Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide* (LiNiMnCoO_2) atau disingkat NMC.

4. Baterai Li-ion menggunakan senyawa kimia *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO_4) atau disingkat LFP.
5. Baterai Li-ion menggunakan senyawa kimia litium-nikel-kobalt aluminium oksida (LiNiCoAlO_2) atau disingkat NCA.
6. Baterai Li-ion menggunakan senyawa kimia Lithium Titanate ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) atau disingkat LTO. Enam jenis baterai Li-Ion digunakan pada perangkat berbeda, di antaranya:
 - a. LCO digunakan di ponsel, laptop, kamera, dll.
 - b. LMO digunakan pada perkakas listrik (*power tools*), peralatan medis (*medical equipment*), dan sistem penggerak listrik.
 - c. NMC biasa digunakan pada sepeda listrik, peralatan medis, kendaraan listrik dan industri.
 - d. LFP digunakan pada medan statis yang memerlukan arus beban tinggi serta resistansi tinggi.
 - e. NCA digunakan pada peralatan medis dan industri serta sistem penggerak listrik (Tesla).
 - f. LTO digunakan dalam inverter, sistem penggerak listrik, dan penerangan jalan bertenaga surya [6].

Kelebihan baterai jenis *Lithium-ion* adalah proses pengisian daya yang cepat, pemakaian tahan lebih lama, dan memiliki kepadatan daya yang lebih tinggi untuk kekuatan baterai lebih lama dalam kemasan yang lebih ringan. Namun, kekurangan pada baterai tipe *Lithium-ion* ini adalah baterainya yang mudah terbakar. Jika baterainya memiliki kapasitas besar, maka ukuran baterai juga harus besar

2.2.3 Karakteristik Baterai *Lithium-ion*

Baterai lithium-ion terdiri dari empat komponen utama: katoda, anoda, elektrolit, dan pemisah. Tabel 1 menjelaskan komponen penting, fungsi, bahan umum, dan prinsip pengoperasian reaksi elektrokimia pada baterai litium-ion. Bahan elektroda pada baterai litium ion adalah oksida logam litium untuk bahan katoda berstruktur terowongan pada jalur kolektor aluminium dan grafit berenamel untuk bahan anoda terstruktur berlapis pada jalur kolektor

tembaga[5].

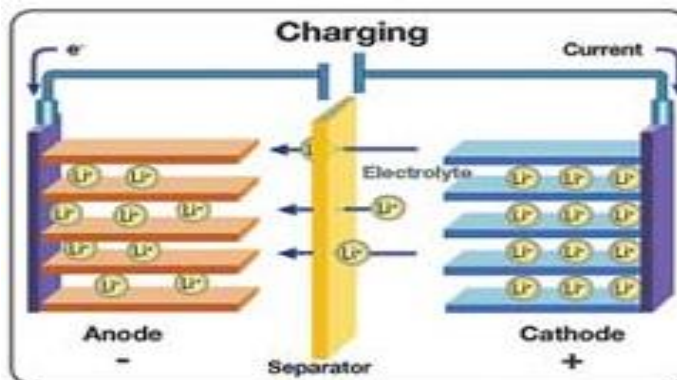
Selama pelepasan, litium yang terkandung dalam anoda terionisasi dan dilepaskan ke elektrolit. Ion litium bergerak melalui pemisah dan kemudian memasuki pori-pori berukuran atom di katoda oksida logam litium. Pada saat yang sama, elektron dilepaskan dari anoda. Hal ini menyebabkan arus bergerak menuju beban eksternal. Selama siklus pengisian, ion litium berpindah dari katoda ke anoda melalui pemisah. Oleh karena itu, sel lithium-ion dapat diisi ulang tergantung pada reaksi reversibel yang terjadi[5].

2.2.4 *Charging Baterai*

Charger adalah pengisi daya baterai. Selama pengisian baterai dengan pengisi daya, arus mengalir berlawanan arah dengan waktu pengosongan. Pengisian berarti muatan aktif dan elektrolit diubah sehingga energi kimia baterai menjadi maksimal. Siklus *charging* pada baterai merujuk pada proses pengisian dan pengosongan baterai dari kondisi kosong hingga penuh, dan kembali lagi. Setiap kali baterai diisi ulang dari kondisi kosong hingga penuh, itu dihitung sebagai satu siklus pengisian [9].

Konsep pengoperasian charger adalah sumber tegangan bolak-balik (fasa tunggal) masuk ke input charger tegangan dari tegangan 220V ke 110V, kemudian menyearahkan dioda/thyristor menjadi arus bolak-balik. (AC) diubah menjadi arus searah dengan riak atau gelombang DC tertentu. Kemudian untuk mengoreksi riak atau gelombang DC yang terjadi diperlukan rangkaian filter dan dipasang terminal keluaran terlebih dahulu. Ada dua jenis pengisi daya (penyearah) tergantung pada sumber tegangannya, yaitu penyearah satu fasa [3].

Untuk metode *charging* pada pengujian ini menggunakan konsep *Constant Current*, yaitu metode pengisian dengan arus yang konstan sampai kapasitas baterai terisi penuh [9].



Gambar 2. 2 Proses Charging Menggunakan Imax [3]

Gambar 2.2. menunjukkan pengisi daya baterai yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk pengisian baterai, diperlukan sumber listrik DC. Pengisi daya ini berfungsi sebagai pengubah daya AC dari sumber menjadi daya DC. Sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik untuk mengisi baterai. Besarnya tegangan keluaran disesuaikan dengan komponen penyusun rangkaian penyearah charger [3]. Pada proses charging saat pengujian ini menggunakan charger Imax B6AC lalu pada charger disetting dengan arus yang mengalir ke baterai sebesar 1A, sebelum menuju baterai, charger akan disambungkan pada input di wattmeter yang tujuannya adalah ketika proses charging wattmeter bisa membaca total tegangan, arus, dan daya baterai pada saat proses pengujian berlangsung.



Gambar 2. 3 Proses Charging Menggunakan Liitokala Lii-500

Gambar 2.3 adalah metode pada saat proses *charging* menggunakan Liitokala yaitu baterai akan dimasukkan ke 4 slot pada Liitokala lalu proses *charging* menggunakan arus 1000mAh, kemudian untuk proses pengambilan data yaitu menggunakan 3 data terbaik pada baterai meliputi tegangan dan mAh pada baterai, data terbaik yang dimaksud adalah data tertinggi pada per baterai, lalu ketika posisi baterai telah full, maka pada indikator Liitokala akan muncul kata “*End*” yang menandakan baterai sudah full

Untuk menghitung kapasitas, akurasi dan *errorr* menggunakan rumus sebagai berikut :

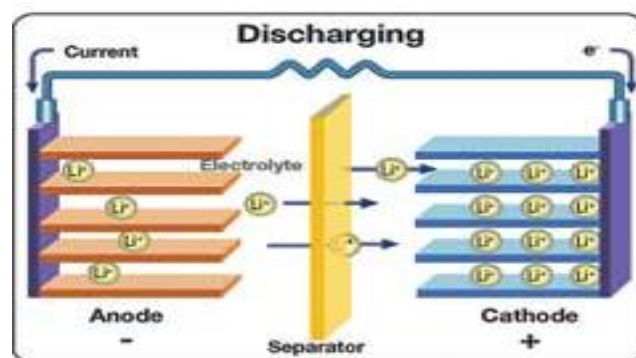
$$\text{Kapasitas(mAh)} = \text{Arus(A)} \times \text{Waktu(H)} \quad 2.1$$

$$\text{Akurasi} : (1 - \text{Error}) \times 100\% \quad 2.2$$

$$\text{Error} : \left| \frac{\text{Nameplate} - \text{Pengujian}}{\text{Nameplate}} \right| \times 100\% \quad 2.3$$

2.2.5 Discharge Baterai

Discharge baterai adalah proses pengosongan kapasitas pada baterai yaitu baterai sebagai perangkat energi listrik akan mengalirkan energi listriknya untuk mengoperasikan alat elektronik atau beban . Konsep dasar dari *discharge* baterai adalah proses pengeluaran energi yang tersimpan di dalam baterai. Saat baterai digunakan untuk memberikan daya pada perangkat atau sistem elektronik, energi kimia di dalam baterai diubah menjadi energi listrik yang mengalir melalui sirkuit dan digunakan untuk melakukan pengujian yang diinginkan. Pada proses *discharge*, baterai akan mengeluarkan arus listrik yang nantinya akan dialirkan pada beban



Gambar 2. 4 Proses Discharge Baterai Menggunakan Beban Lampu DC[3]

Baterai Lithium-ion yang digunakan adalah baterai 18650, dengan voltase dan kapasitas 3000mAh dan 3200 mAh ,baterai merk Samsung 18650 dengan tegangan dan arus pada nameplate 3,7Volt dan 3200mAh,dan baterai merk LG 18650 dengan tegangan dan arus pada nameplate 3,7 Volt dan 3000mAh

Pada penelitian ini, menggunakan 3 buah baterai yang disusun secara Seri dengan cara memasang baterai pada holder lalu holder sebagai input disambungkan pada *source* wattmeter dengan total tegangan 12volt.

Rangkaian Baterai pada holder lalu diberi beban lampu DC pada load wattmeter, dimana nantinya wattmeter akan mendeteksi arus, tegangan, dan daya yang disupply ke lampu DC melalui wattmeter

Pengujian menggunakann metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai, proses pengambilan data, pada saat proses *discharge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai tidak mampu lagi memberi arus dan tegangan pada beban, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter

Untuk menghitung kapasitas, akurasi dan *errorr* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas(mAh)} = \text{Arus(A)} \times \text{Waktu(H)} \quad 2.4$$

$$\text{Akurasi} : (1 - \text{Error}) \times 100\% \quad 2.5$$

$$\text{Error} : \left| \frac{\text{Nameplate} - \text{Pengujian}}{\text{Nameplate}} \right| \times 100 \% \quad 2.6$$

Metode untuk proses *discharge* menggunakan Liitokala yaitu dengan metode *Nor Test* adalah metode pengosongan baterai. Cara pengecekan kapasitas baterai ini dianggap paling akurat namun paling memakan waktu lama, cara metode *Nor Test* adalah dengan diberi arus beban sebesar 1000mAh. Sebab baterai akan diisi terlebih dahulu hingga penuh, kemudian dikosongkan hingga habis ,untuk proses pengambilan data yaitu dengan menggunakan 4 baterai

namun hanya diambil 3 data baterai yang terbaik, untuk proses *cut off* pada metode ini, ketika kapasitas baterai sudah dikatakan kosong pada tegangan 2,8 Volt, maka pada layar yang ada di Liitokala akan keluar indikator kata “End” yang Dberarti kondisi baterai sudah kosong

2.2.6 Rangkaian Seri Pada Baterai

Rangkaian seri merupakan sebuah rangkaian elektronik atau listrik yang proses penyusunannya dilakukan menggunakan cara berurutan. Komponen di dalam rangkaian tersebut disusun dengan satu jalur [7].

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 \quad 2.7$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3.$$



Gambar 2. 5 Rangkaian Seri Baterai

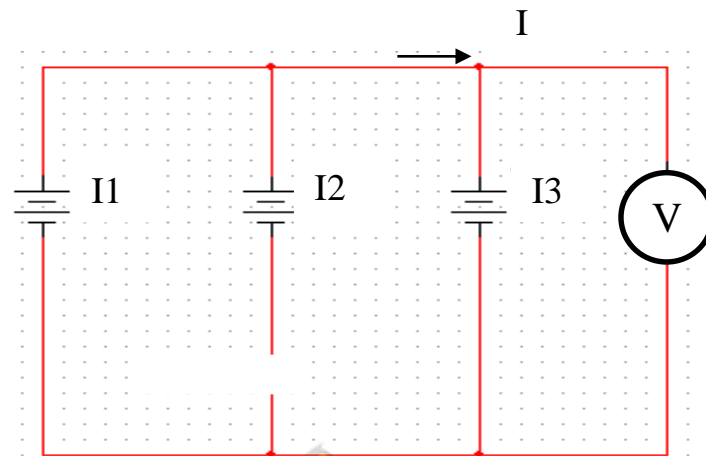
Tujuan rangkaian seri tersebut adalah untuk menaikkan tegangan sesuai kebutuhan saat pengujian.

2.2.7 Rangkaian Paralel Pada Baterai

Rangkaian Paralel adalah rangkaian yang semua komponen inputnya berasal dari sumber yang sama, semua komponen tersebut disusun secara paralel satu sama lain.

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 \quad 2.8$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$



Gambar 2. 6 Rangkaian Paralel Baterai

Tujuan rangkaian paralel tersebut adalah untuk menaikkan arus sesuai kebutuhan saat pengujian.

2.2.8 Teori Daya Baterai

Daya adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam rangkaian . Suatu tegangan menghasilkan energi listrik dan beban yang dihubungkan dengan tegangan tersebut menyerap energi listrik. Daya sesuai dengan konsumsi energi di sirkuit. Semakin tinggi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh baterai udara, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh.[11] Rumus menghitung daya dapat dilihat pada persamaan 2.9.

$$P = V \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

Dengan :

P =Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

2.9

2.2.9 Teori Tegangan

Tegangan, atau sering disebut beda potensial (tegangan), digunakan untuk memindahkan muatan (dari coulomb) pada suatu elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau ke kedua sambungan.[12] Rumus menghitung tegangan dapat dilihat dari persamaan 2.10.

$$V = I \times R \quad 2.10$$

Dengan :

V =Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

R = Hambatan/Beban

2.2.10 Teori Arus

Arus adalah aliran muatan listrik yang mengalir melalui suatu penghantar. Dalam konteks umum, arus dapat dijelaskan sebagai gerakan elektron yang membawa muatan negatif melalui suatu medium seperti kawat listrik. Arus dapat dihasilkan melalui berbagai sumber energi seperti baterai, generator, atau sumber daya listrik lainnya. Rumus menghitung arus dari persamaan 2.11

$$I = \frac{V}{R} \quad 2.11$$

Dengan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (volt)

R = Hambatan/Beban

2.2.11 Rumus Persentase Pada Baterai

Persentase baterai dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari persamaan 2.12, dimana :

$$\text{Persentase Baterai: } \frac{\text{Kapasitas Tersisa Baterai}}{\text{Kapasitas Total Baterai}} \times 100 \quad 2.12$$

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Pengujian penelitian yang akan dilakukan adalah dengan metode rancang bangun atau eksperimen. Tahapan pengujian terdiri dari :

1. Baterai akan disusun secara Seri dengan jumlah baterai sebanyak 3 dan total tegangan 12 Volt
2. Menguji kinerja baterai pack melalui proses *discharge* maupun *charge*
3. Melakukan perbandingan kinerja baterai pack dengan merk yang berbeda



Gambar 3. 1 Diagram Baterai Lithium-Ion 18650 pada saat *discharge* dengan lampu DC

Baterai *Lithium-ion* yang digunakan adalah jenis baterai 18650, dengan tegangan 12,6 Volt dengan kapasitas 3000mAh dan 3200 mAh ,baterai merk Samsung 18650 dengan tegangan dan arus pada nameplate 3,7Volt dan 3200mAh,dan baterai merk LG 18650 dengan tegangan dan arus pada nameplate 3,7 Volt dan 3000mAh

Pada penelitian ini, menggunakan 3 buah baterai yang disusun secara Seri dengan cara memasang baterai pada holder lalu holder sebagai input disambungkan pada *source* wattmeter dengan total tegangan 12 Volt.

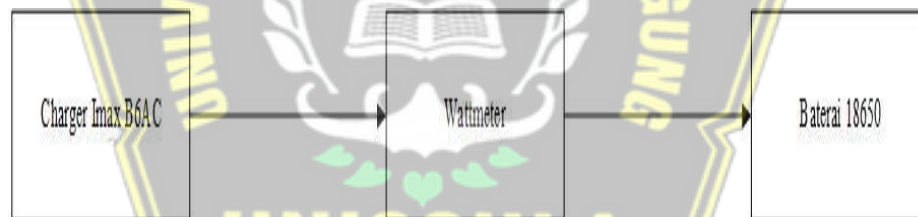
Rangkaian Baterai pada holder lalu diberi beban lampu DC pada load wattmeter, dimana nantinya wattmeter akan mendeteksi arus, tegangan, dan daya yang disupply ke lampu DC melalui wattmeter

Pengujian menggunakann metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai,

proses pengambilan data pada saat proses *discharge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai tidak mampu lagi memberi arus dan tegangan pada beban, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter

Langkah-Langkah pengujian yang akan dilakukan yaitu :

1. Membuat rancangan menggunakan baterai *Lithium-ion*
2. Membuat perhitungan kapasitas baterai *Lithium-ion*
3. Pengambilan dan seluruh tegangan dan arus baterai dengan menghubungkan beban DC, lalu catat data tegangan dan arus hingga baterai habis
4. Pengambilan data pengukuran arus dan tegangan baterai dengan menyambungkan baterai ke pengisi daya, lalu catat data arus dan tegangan yang diperlukan hingga baterai terisi penuh
5. Analisis data yang dihasilkan pengujian



Gambar 3. 2 Diagram proses Charging Baterai 18650 menggunakan Charger Imax

Pada proses *charging*, menggunakan charger Imax B6AC sebagai input yang dipasangkan ke *source* pada wattmeter dan baterai yang akan disambungkan pada load wattmeter sebagai beban sampai kapasitas baterai terisi secara penuh yang akan diketahui ketika total tegangan baterai sampai 12,6V

Pengujian menggunakan metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai, proses pengambilan data. Pada saat proses *charge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai terisi penuh, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter



Gambar 3. 3 Diagram Blok proses *discharge/charge* baterai 18650 menggunakan Liitokala

Metode untuk proses *discharge* menggunakan Liitokala yaitu dengan metode *Nor Test* dengan diberi arus beban sebesar 1000mAh. Cara pengecekan kapasitas baterai ini dianggap paling akurat namun paling memakan waktu. Sebab baterai akan diisi terlebih dahulu hingga penuh, kemudian dikosongkan hingga habis, untuk proses pengambilan data yaitu dengan menggunakan 4 baterai namun hanya diambil 3 data baterai yang terbaik, untuk proses *cut off* pada metode ini, ketika kapasitas baterai sudah dikatakan kosong, maka pada layar yang ada di Liitokala akan keluar indikator kata “*End*” yang berarti kondisi baterai sudah kosong

Metode pada saat proses *charging* menggunakan Liitokala yaitu baterai akan dimasukkan ke 4 slot pada Liitokala lalu proses *charging* menggunakan arus 1000mAh, kemudian untuk proses pengambilan data yaitu menggunakan 3 data terbaik pada baterai meliputi tegangan dan mAh pada baterai, ketika posisi baterai telah full, maka pada indikator Liitokala akan muncul kata “*End*” yang menandakan baterai sudah full

3.2 Metode Pengujian



Gambar 3. 4 Flowchart Metode Pengujian

1. Menentukan Tipe baterai, Kapasitas dan Daya

Identifikasi jenis baterai dilakukan untuk memperoleh data pengujian dan pengukuran awal. Dari tahap ini akan dibuat asumsi-asumsi awal serta hambatan dan permasalahan terkait pengumpulan data pengukuran yang akan dilakukan untuk memperoleh data pengukuran dengan akurasi dan presisi yang tinggi.

2. Studi Literatur

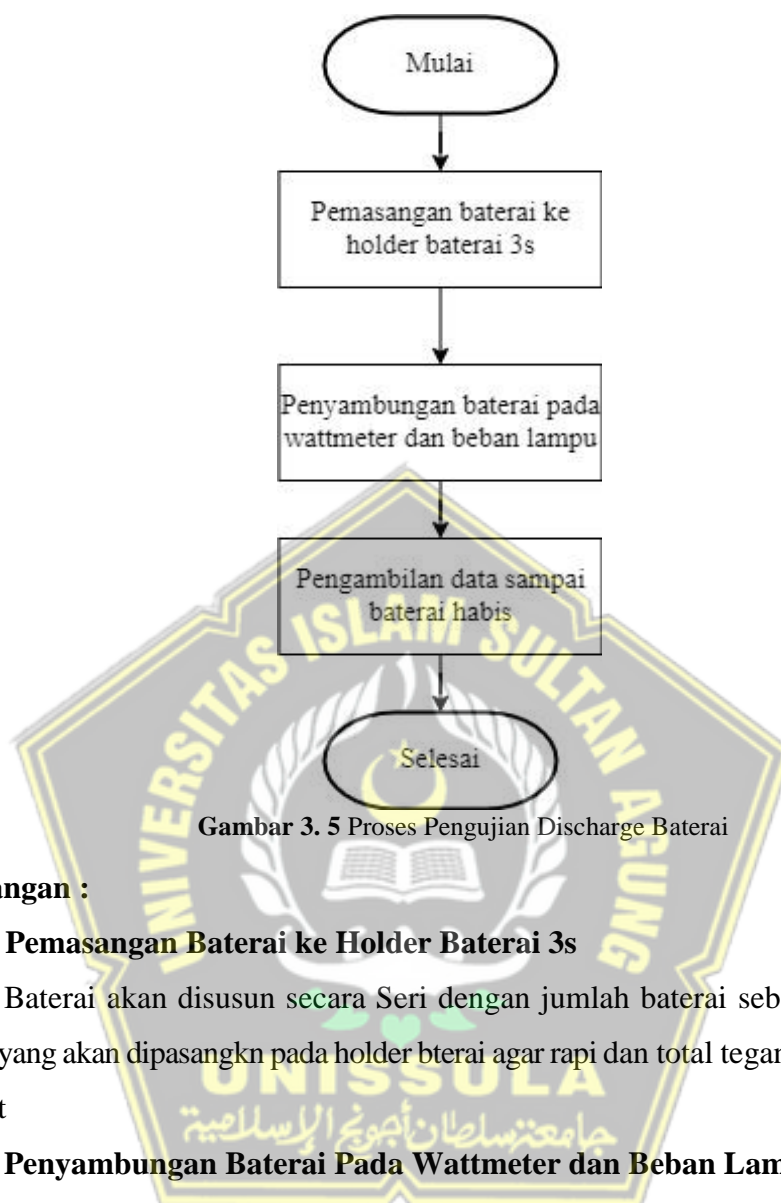
Untuk memantapkan hasil observasi yang telah dilakukan, perlu dilakukan pendalaman materi yang diperoleh dari literatur, baik dari jurnal, prosiding maupun publikasi yang berkaitan dengan topik penelitian. Literatur yang diteliti secara luas mencakup informasi tentang metode pengujian ataupun perancangan yang menggunakan baterai *Lithium-Ion*

3. Menentukan Jumlah Baterai untuk Tegangan dan Kapasitas yang dibutuhkan

Langkah ini meliputi perancangan model metode pengukuran dan pengujian yang akan dilakukan, termasuk persiapan semua bahan yang diperlukan, peralatan pengujian, dan alat ukur.

4. Pengujian

Pada penelitian ini, menggunakan 3 buah baterai yang disusun secara Seri dengan cara memasang baterai pada holder lalu holder sebagai input disambungkan pada *source* wattmeter dengan total tegangan 12volt. Rangkaian Baterai pada holder lalu diberi beban lampu DC 40 watt pada load wattmeter, dimana nantinya wattmeter akan mendeteksi arus, tegangan, dan daya yang disupply ke lampu DC melalui wattmeter. Pengujian menggunakan metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai, pada saat proses *discharge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai tidak mampu lagi memberi arus dan tegangan pada beban, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter



Gambar 3. 5 Proses Pengujian Discharge Baterai

Keterangan :

1. Pemasangan Baterai ke Holder Baterai 3s

Baterai akan disusun secara Seri dengan jumlah baterai sebanyak 3 buah baterai yang akan dipasangkannya pada holder baterai agar rapi dan total tegangan menjadi 12 Volt

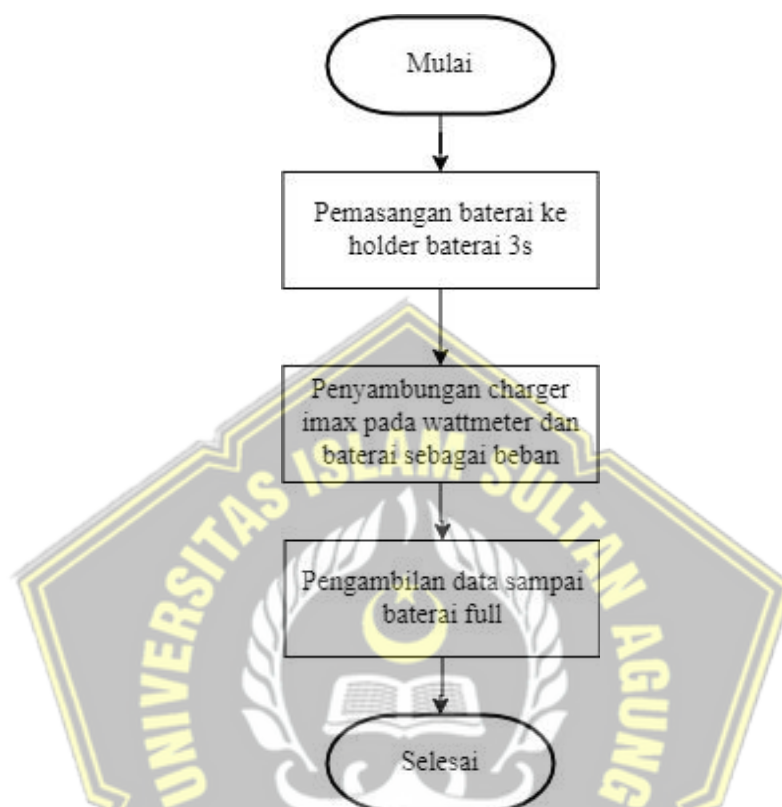
2. Penyambungan Baterai Pada Wattmeter dan Beban Lampu

Rangkaian Baterai pada holder lalu diberi beban lampu DC 40 watt pada load wattmeter, dimana nantinya wattmeter akan mendeteksi arus, tegangan, dan daya yang disupply ke lampu DC melalui wattmeter. Pengujian menggunakan metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai.

3. Pengambilan Data Sampai Baterai Habis/Kosong

Proses pengambilan data pada saat proses *discharge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai tidak mampu lagi memberi arus dan tegangan pada beban, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan

arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter.



Gambar 3. 6 Proses Pengujian Charging Baterai

Keterangan :

1. Pemasangan Baterai Ke Holder Baterai 3s

Baterai akan disusun secara Seri dengan jumlah baterai sebanyak 3 buah baterai yang akan dipasangkannya pada holder baterai agar rapi dan total tegangan menjadi 12 Volt

2. Penyambungan Charger Imax Pada Wattmeter dan Baterai Sebagai Beban

Pada proses charging, menggunakan charger Imax B6AC sebagai input yang dipasangkan ke source pada wattmeter dan baterai yang akan disambungkan pada load wattmeter sebagai beban sampai kapasitas baterai terisi secara penuh yang akan diketahui ketika total tegangan baterai sampai 12V

3. Pengambilan Data Sampai Baterai Full

Pengujian menggunakan metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai, proses pengambilan data. Pada saat proses *charge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai terisi penuh, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter

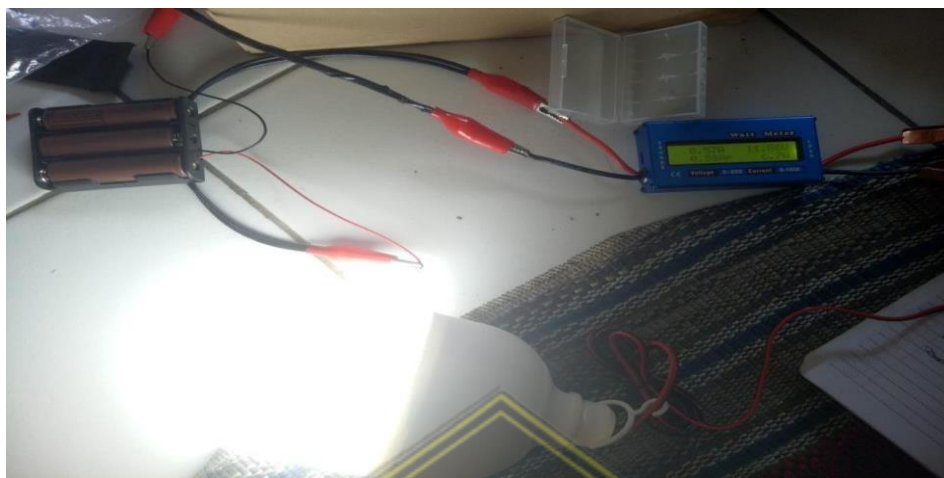
3.3 Peralatan

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian baterai dengan metode *Charge* dan *Discharge* :

No	Merk	Spesifikasi
1	Baterai LG Lithium Ion 18650	Type : LG HE2 18650 LGDBHE21865 Volt : 3,7Volt, Tegangan penuh 4,2Volt Kapasitas : 3000mAh
2	Baterai Samsung Lithium Ion 18650	Type : Samsung ICR18650 Volt : 3,7Volt, Tegangan penuh 4,2Volt Kapasitas : 3200mAh
3	Holder baterai 3S	Holder Baterai 18650 3s Panjang, Lebar, Tinggi : 7,8cm, 5,9cm, 2,1cm Bahan : ABS Plastik Berat : 20 Gram
4	Lampu DC 12Volt 40Watt	Merk : Mitsuyama MS-7340DC Type : Bohlam DC 12Volt Volt : 12Volt Watt : 40 Watt Fluks Cahaya : 2400LM Dimensi : 10cm x 10cm x 17cm
5	Multitester Sanwa CD800a	DCV dengan pengukuran rentang 400m/4/40/400/600V, ACV 4/40/400/600V, DCA 40m/400mA, ACA 40m/400mA Resistansi dan Kapasitansi dengan Pengukuran Rentang 400/4k/40k/400k/4M/40MΩ, 50n/500n/5μ/50μ/100μF

No	Merk	Spesifikasi
		Frekuensi 5Hz-100kHz Ukuran(H x W x D) = 176mm x 104mm x 46mm Berat = 340Gram
6	Charger Imax B6AC	Charger Baterai Lipo dengan AC Adapter Integrated Imax B6AC Watt Max : 80 Watt Discharge Power :5Watt Dimensi : 134mm x 142mm x 36mm
7	Watt Meter 100A	Tegangan : 0V – 60V Arus : 0 - 100 A Energi : 0 – 6554 Wh Tegangan daya tambahan : 4.0V ~ 60V Bahan : Metal
8	Litokala Lii-500	Usb Output berfungsi sebagai powerbank 4 Slot Baterai 1000mAh Kapasitas Maksimal pengisian/pengosongan baterai LED Display untuk menginformasikan status baterai Terdapat metode untuk mengetahui Kapasitas real baterai Proteksi overcharge

3.4 Skenario Penelitian



Gambar 3. 7 Baterai *Lithium-Ion* 18650 pada saat discharge dengan lampu DC 12V 40W



Gambar 3. 8 Rangkaian Pengujian Pembebanan Baterai *Lithium* Menggunakan Lampu DC 12 Volt

Pada penelitian ini, menggunakan 3 buah baterai yang disusun secara Seri dengan cara memasang baterai pada holder lalu holder sebagai input disambungkan pada *source* wattmeter dengan total tegangan 12volt.

Rangkaian Baterai pada holder lalu diberi beban lampu DC 40 watt pada load wattmeter, dimana nantinya wattmeter akan mendeteksi arus, tegangan, dan daya yang disupply ke lampu DC melalui wattmeter

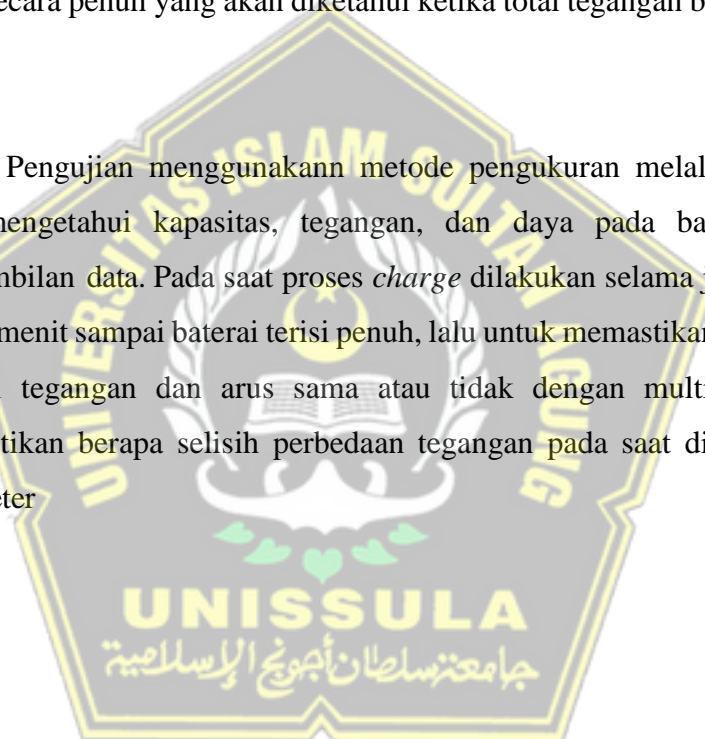
Pengujian menggunakan metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai, proses pengambilan data pada saat proses *discharge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai tidak mampu lagi memberi arus dan tegangan pada beban, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter



Gambar 3. 9 Rangkaian Pengujian Charging Baterai *Lithium* menggunakan Charger Imax

Pada proses charging, menggunakan charger Imax B6AC sebagai input yang dipasangkan ke source pada wattmeter dan baterai yang akan disambungkan pada load wattmeter sebagai beban sampai kapasitas baterai terisi secara penuh yang akan diketahui ketika total tegangan baterai sampai 12,6V

Pengujian menggunakan metode pengukuran melalui wattmeter agar mengetahui kapasitas, tegangan, dan daya pada baterai, proses pengambilan data. Pada saat proses *charge* dilakukan selama jangka waktu per 10 menit sampai baterai terisi penuh, lalu untuk memastikan pengukuran akurasi tegangan dan arus sama atau tidak dengan multi *tester* agar memastikan berapa selisih perbedaan tegangan pada saat diukur dengan wattmeter

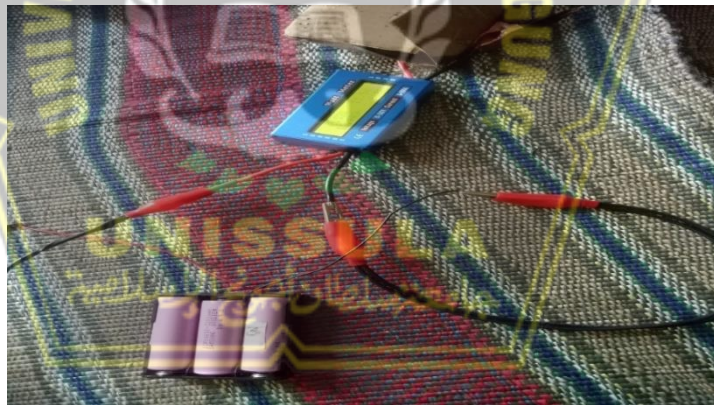


BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 .Proses Perangkaian Baterai

Pengujian ini menggunakan 3 buah baterai dari 2 merk baterai yang berbeda, yaitu merk LG dan Samsung dimana masing-masing baterai memiliki kapasitas yang berbeda yaitu LG 4,2V 3000mAh dan Samsung 4,2V 3200mAh yang dirangkai secara seri untuk menambah tegangan menjadi 12,6V

Tujuan rangkaian seri pada pengujian baterai ini adalah untuk meningkatkan tegangan sesuai kebutuhan. Setiap baterai memiliki tegangan 4,2V dan 3000mAh/3200mAh diseri 3 baterai akan menghasilkan tegangan 12,6V. Namun kapasitas arus pada baterai akan tetap yaitu 3000mAh ataupun 3200mAh. Sehingga dapat digunakan untuk penyimpanan energi listrik yang bisa dimanfaatkan untuk penerangan dengan secontohnya pengujian baterai ini menggunakan beban lampu DC



Gambar 4. 1 Rangkaian Seri Baterai yang disambungkan ke wattmeter sebagai indikator pengukuran



Gambar 4. 2 Rangkaian Baterai pada proses discharge dengan diberi beban lampu DC

4.2 .Proses *Discharge* Baterai

Baterai disusun dengan baterai *holder* sebagai tempat penopang baterai agar rapi. Susunan baterai akan menjadi seri dengan tujuan penambah tegangan, lalu baterai akan disambungkan pada *source* pada wattmeter yang fungsinya bertujuan untuk mengetahui tegangan, arus, dan daya baterai ketika diberi beban lampu DC dengan daya yang tertera pada nameplate sebesar 40 watt dan tegangan sebesar 12 Volt

Proses discharge dilakukan selama baterai mampu mengaliri arus ke beban dengan kondisi lampu yang terus menyala, untuk arus yang dialiri oleh baterai menyesuaikan pada kondisi total tegangan baterai, kalau kondisi tegangan baterai semakin menurun, maka arus yang dialiri baterai juga kecil, lalu didapat data sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data Discharge Baterai LG

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Daya(W)	Arus(A)	Daya Puncak (Wp)	Kapasitas (Ah)	Arus Puncak (Ap)
10	11,66	6,5	0,56	6,8	0,106	0,58
20	11,60	6,2	0,54	6,8	0,186	0,58
30	11,55	6,1	0,53	6,8	0,283	0,58
40	11,52	5,9	0,52	6,8	0,371	0,58
50	11,44	5,7	0,50	6,8	0,457	0,58
60	11,38	5,3	0,47	6,8	0,536	0,58
70	11,32	5,2	0,46	6,8	0,612	0,58
80	11,25	5,0	0,45	6,8	0,689	0,58
90	11,17	4,9	0,44	6,8	0,763	0,58
100	11,12	4,7	0,43	6,8	0,834	0,58

110	11,04	4,6	0,42	6,8	0,906	0,58
120	10,99	4,6	0,42	6,8	0,973	0,58
130	10,91	4,4	0,41	6,8	1,042	0,58
140	10,86	4,3	0,40	6,8	1,119	0,58
150	10,80	4,3	0,40	6,8	1,175	0,58
160	10,74	4,1	0,39	6,8	1,248	0,58
170	10,69	4,0	0,38	6,8	1,312	0,58
180	10,64	3,9	0,37	6,8	1,368	0,58
190	10,60	3,8	0,36	6,8	1,433	0,58
200	10,53	3,6	0,35	6,8	1,489	0,58
210	10,48	3,6	0,35	6,8	1,545	0,58
220	10,44	3,5	0,34	6,8	1,598	0,58
230	10,41	3,5	0,34	6,8	1,656	0,58
240	10,35	3,4	0,33	6,8	1,716	0,58
250	10,30	3,3	0,32	6,8	1,771	0,58
260	10,17	3,1	0,31	6,8	1,821	0,58
270	10,09	3,0	0,30	6,8	1,873	0,58
280	10,00	2,9	0,29	6,8	1,919	0,58
290	9,90	2,7	0,27	6,8	1,965	0,58
300	9,84	2,5	0,26	6,8	2,012	0,58
310	9,77	2,4	0,25	6,8	2,053	0,58
320	9,67	2,4	0,24	6,8	2,093	0,58
330	9,56	2,1	0,22	6,8	2,136	0,58
340	9,34	1,7	0,19	6,8	2,172	0,58
350	9,00	1,2	0,14	6,8	2,198	0,58
360	8,68	0,8	0,10	6,8	2,217	0,58
370	8,35	0,0	0,00	6,8	2,218	0,58
Rata Rata	10,49	3,76	0,35	6,8	1,348	0,58

Dari data di atas diperoleh data baterai *Lithium* merk LG 12V diberi beban hingga cut-off selama 6,10 jam dari tegangan 12,60 Volt sampai dengan tegangan 8,35 Volt dengan daya maksimal 6,8Wp dan arus maksimal sebesar 0,58Ap.

Tabel 4. 2 Data Discharge Samsung

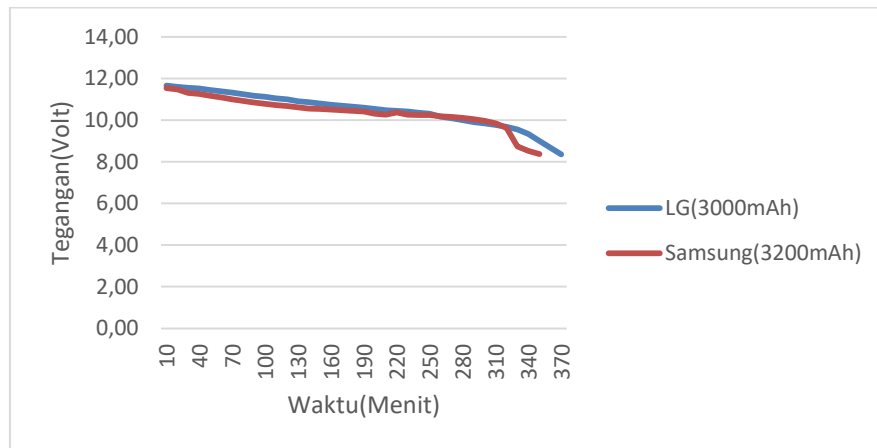
Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Daya(W)	Arus(A)	Daya Puncak (Wp)	Kapasitas (Ah)	Arus Puncak (Ap)
10	11,54	6,00	0,53	6,6	0,090	0,56
20	11,48	5,80	0,51	6,6	0,176	0,56
30	11,31	5,40	0,47	6,6	0,259	0,56
40	11,26	5,20	0,47	6,6	0,334	0,56

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Daya(W)	Arus(A)	Daya Puncak (Wp)	Kapasitas (Ah)	Arus Puncak (Ap)
50	11,17	5,10	0,45	6,6	0,412	0,56
60	11,09	4,80	0,43	6,6	0,483	0,56
70	10,99	4,60	0,42	6,6	0,555	0,56
80	10,92	4,50	0,42	6,6	0,624	0,56
100	10,78	4,00	0,41	6,6	0,762	0,56
110	10,72	4,00	0,38	6,6	0,827	0,56
120	10,67	3,90	0,38	6,6	0,887	0,56
130	10,61	3,80	0,37	6,6	1,010	0,56
140	10,55	3,60	0,36	6,6	1,009	0,56
150	10,53	3,60	0,35	6,6	1,069	0,56
160	10,51	3,60	0,35	6,6	1,127	0,56
170	10,47	3,50	0,35	6,6	1,188	0,56
180	10,44	3,60	0,35	6,6	1,242	0,56
190	10,42	3,60	0,35	6,6	1,299	0,56
200	10,31	3,40	0,33	6,6	1,360	0,56
210	10,26	3,20	0,32	6,6	1,414	0,56
220	10,37	3,50	0,34	6,6	1,467	0,56
230	10,26	3,20	0,32	6,6	1,519	0,56
240	10,24	3,20	0,33	6,6	1,576	0,56
250	10,24	3,20	0,32	6,6	1,622	0,56
260	10,18	3,20	0,31	6,6	1,677	0,56
270	10,15	3,10	0,31	6,6	1,729	0,56
280	10,11	3,10	0,31	6,6	1,780	0,56
290	10,04	3,00	0,31	6,6	1,831	0,56
300	9,97	2,80	0,29	6,6	1,878	0,56
310	9,84	2,50	0,26	6,6	1,925	0,56
320	9,63	2,30	0,24	6,6	1,966	0,56
330	8,74	0,90	0,11	6,6	1,994	0,56
340	8,53	0,50	0,08	6,6	1,998	0,56
344	8,37	0,00	0,00	6,6	2,018	0,56
Rata Rata	10,39	3,54	0,34	6,60	1,195	0,56

Tabel 4. 3 Tabel Persentase Discharge Baterai

Persentase Discharge Baterai LG & Samsung					
Volt	Persentase	Ah	Volt	Persentase	Ah
11,66	92%	0,106	11,54	91%	0,090
11,60	92%	0,186	11,48	90%	0,176
11,55	91%	0,283	11,31	89%	0,259
11,52	91%	0,371	11,26	89%	0,334
11,44	90%	0,457	11,17	88%	0,412
11,38	90%	0,536	11,09	88%	0,483

Persentase Discharge Baterai LG & Samsung					
Volt	Persentase	Ah	Volt	Persentase	Ah
11,32	89%	0,612	10,99	87%	0,555
11,25	89%	0,689	10,92	86%	0,624
11,17	88%	0,763	10,84	86%	0,701
11,12	88%	0,834	10,78	85%	0,762
11,04	87%	0,906	10,72	85%	0,827
10,99	87%	0,973	10,67	84%	0,887
10,91	86%	1,042	10,61	84%	1,010
10,86	86%	1,119	10,55	83%	1,009
10,80	85%	1,175	10,53	83%	1,069
10,74	85%	1,248	10,51	83%	1,127
10,69	84%	1,312	10,47	87%	1,188
10,64	84%	1,368	10,44	82%	1,242
10,60	84%	1,433	10,42	82%	1,299
10,53	83%	1,489	10,31	81%	1,360
10,48	83%	1,545	10,26	81%	1,414
10,44	82%	1,598	10,37	82%	1,467
10,41	82%	1,656	10,26	81%	1,519
10,35	82%	1,716	10,24	81%	1,576
10,30	81%	1,771	10,24	81%	1,622
10,17	80%	1,821	10,18	80%	1,677
10,09	80%	1,873	10,15	80%	1,729
10,00	79%	1,919	10,11	80%	1,780
9,90	78%	1,965	10,04	79%	1,831
9,84	78%	2,012	9,97	79%	1,878
9,77	77%	2,053	9,84	78%	1,925
9,67	76%	2,093	9,63	76%	1,966
9,56	75%	2,136	8,74	69%	1,994
9,34	74%	2,172	8,53	67%	1,998
9,00	71%	2,198	8,37	66%	2,018
8,68	68%	2,217			
8,35	66%	2,218			



Gambar 4. 3 Grafik Discharge Baterai LG dan Samsung

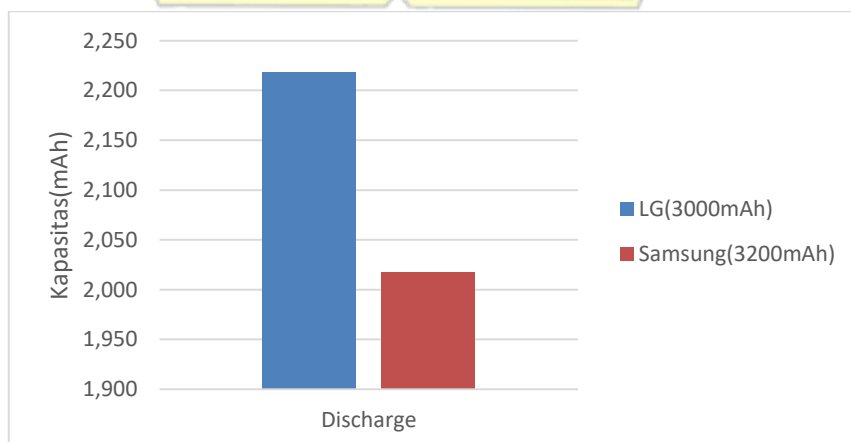
Dari data tabel diperoleh data baterai *Lithium* merk Samsung 12V diberi beban hingga cut-off selama 5,44 jam dari tegangan 12,60 Volt sampai dengan tegangan 8,37 Volt dengan daya maksimal 6,6Wp dan arus maksimal sebesar 0,56Ap

Untuk rata-rata data pengujian *discharge* LG baterai dengan tegangan sebesar 10,49V dan total kapasitas arus yang keluar pada baterai sebesar 2.135 mAh melalui rumus perhitungan di bawah :

$$Kapasitas(mAh) = 0,35A \times 6,1h = 2,135Ah \times 1000 = 2.135mAh$$

Untuk rata-rata data pengujian *discharge* baterai Samsung dengan tegangan sebesar 10,39V dan total kapasitas arus yang keluar pada baterai sebesar 1.849 mAh melalui rumus perhitungan di bawah :

$$Kapasitas(mAh) = 0,34 A \times 5,44 H = 1,836 Ah \times 1000 = 1.836mAh$$



Gambar 4. 4 Grafik Kapasitas Baterai LG dan Samsung

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *discharge* baterai Samsung pada gambar sekian serta *Nameplate* baterai LG sebesar 3000mAh, untuk menghitung error dan akurasinya menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error} &: \left| \frac{3000mAh - 2218mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \% \\ &: \left| \frac{782mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \% \\ &: 0,260 \times 100 \% \\ &: 26 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &: (1 - 0,260) \times 100\% \\ &: 74 \% [14] \end{aligned}$$

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *discharge* baterai Samsung pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai Samsung sebesar 3200mAh, untuk menghitung error dan akurasinya menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error} &: \left| \frac{3200mAh - 2018mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \% \\ &: \left| \frac{1182mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \% \\ &: 0,394 \times 100 \% \\ &: 39,4 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &: (1 - 0,394) \times 100\% \\ &: 60,6 \% [14] \end{aligned}$$

4.3 .Proses Charging Baterai

Pada proses *charging* baterai yaitu menggunakan *charger Imax B6AC*. Charger akan dihubungkan ke source wattmeter sebagai input tegangan ke baterai agar dapat mengetahui tegangan, daya, dan arus yang disupply ke baterai dengan arus yang dialiri ke baterai sebesar 1 Ampere dengan kondisi charger yang terus menyala sampai kondisi tegangan pada baterai full. Baterai akan disusun dengan baterai *holder* sebagai tempat penopang baterai agar rapi, lalu baterai akan disambungkan pada *load* pada wattmeter yang fungsinya bertujuan untuk mengetahui tegangan, arus, dan daya baterai ketika proses *charging* didapat data sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Data Charging baterai LG

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Daya(W)	Arus(A)	Daya Puncak (Wp)	Kapasitas (Ah)	Arus Puncak (Ap)
10	10,92	8,9	0,82	9,1	0,142	0,85
20	11,11	9,1	0,82	9,3	0,277	0,85
30	11,25	9,2	0,82	9,3	0,409	0,85
40	11,35	9,3	0,82	9,5	0,553	0,85
50	11,48	9,1	0,81	9,6	0,677	0,85
60	11,59	9,5	0,82	9,6	0,816	0,85
70	11,71	9,4	0,81	9,7	0,951	0,85
80	11,86	9,5	0,81	9,9	1,093	0,85
90	11,97	9,6	0,81	9,9	1,221	0,85
100	12,09	9,7	0,81	10,1	1,352	0,85
110	12,21	9,8	0,81	10,1	1,489	0,85
120	12,34	10,1	0,82	10,2	1,626	0,85
Rata rata	11,66	9,43	0,82	9,69	0,88	0,85

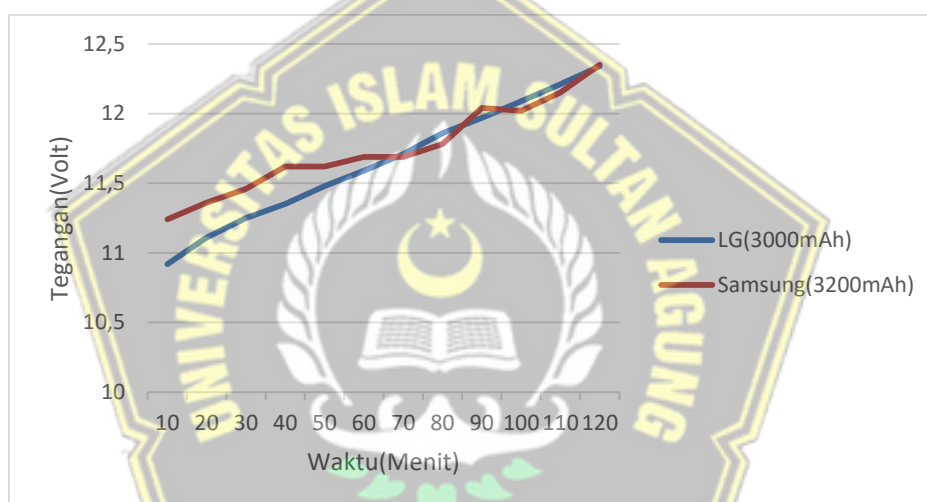
Tabel 4. 5 Data Charging Baterai Samsung

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Daya(W)	Arus(A)	Daya Puncak (Wp)	Kapasitas (Ah)	Arus Puncak(Ap)
10	11,24	9,6	0,86	9,9	0,149	0,90
20	11,36	9,9	0,86	10,1	0,286	0,90
30	11,46	10,1	0,87	10,2	0,358	0,90
40	11,62	10,0	0,86	10,2	0,682	0,90
50	11,62	10,1	0,86	10,2	0,722	0,90
60	11,69	9,9	0,86	10,2	0,859	0,90
70	11,69	9,9	0,86	10,4	1,004	0,90
80	11,78	10,1	0,86	10,4	1,146	0,90
90	12,04	10,3	0,86	10,4	1,292	0,90
100	12,02	10,2	0,86	10,4	1,433	0,90
110	12,15	10,3	0,85	10,7	1,573	0,90
120	12,35	10,4	0,85	10,7	1,714	0,90
Rata Rata	11,75	10,07	0,86	10,32	0,93	0,90

Tabel 4. 6 Tabel Persentase Charge Baterai

Persentase Charge Baterai LG & Samsung					
Volt	Persentase	Ah	Volt	Persentase	Ah
10,92	86%	0,142	11,24	89%	0,149
11,11	88%	0,277	11,36	90%	0,286

Persentase Charge Baterai LG & Samsung					
Volt	Persentase	Ah	Volt	Persentase	Ah
11,25	89%	0,409	11,46	91%	0,358
11,35	90%	0,553	11,62	92%	0,682
11,48	91%	0,677	11,62	92%	0,722
11,59	91%	0,816	11,69	92%	0,859
11,71	92%	0,951	11,69	92%	1,004
11,86	94%	1,093	11,78	93%	1,146
11,97	95%	1,221	12,04	95%	1,292
12,09	95%	1,352	12,02	95%	1,433
12,21	96%	1,489	12,15	96%	1,573
12,34	97%	1,626	12,35	97%	1,714



Gambar 4. 5 Grafik Charging Baterai LG dan Samsung

Dari data gambar tersebut diperoleh data pengisian baterai *Lithium* merk LG 12V dari kapasitas yang kosong hingga penuh selama 2 jam dari tegangan 8,35 Volt sampai dengan tegangan 12,34 Volt dengan daya maksimal 10,2Wp dan arus maksimal sebesar 0,85Ap

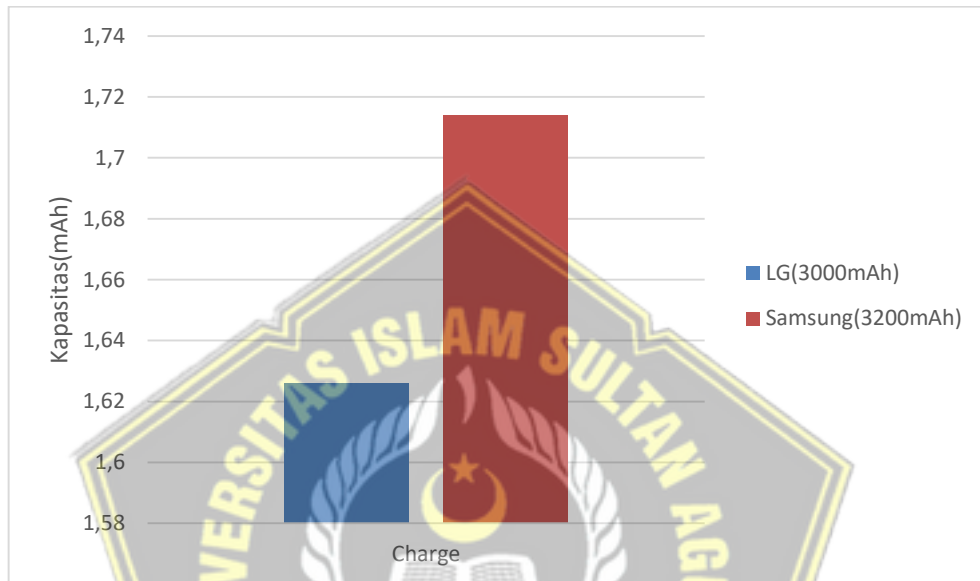
Dari data di atas diperoleh data pengisian baterai *Lithium* merk Samsung 12V dari kapasitas yang kosong hingga penuh selama 2 jam dari tegangan 8,37 Volt sampai dengan tegangan 12,35 Volt dengan daya maksimal 10,7Wp dan arus maksimal sebesar 0,90Ap

Untuk rata-rata data pengujian *charging* baterai LG dengan tegangan sebesar 11,66V dan total kapasitas arus yang masuk pada baterai sebesar 1.640 mAh melalui rumus perhitungan di bawah :

$$Kapasitas(mAh) = 0,82A \times 2h = 1,64Ah \times 1000 = 1.640mAh$$

Untuk rata-rata data pengujian *charging* baterai Samsung dengan tegangan sebesar 11,75V dan total kapasitas arus yang masuk pada baterai sebesar 1,714 mAh melalui rumus perhitungan di bawah :

$$Kapasitas(mAh) = 0,85A \times 2h = 1.700mAh$$



Gambar 4. 6 Grafik Kapasitas Charge Baterai LG dan Samsung

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *charging* pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai LG sebesar 3000mAh, untuk menghitung error dan akurasinya menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error} &: \left| \frac{3000mAh - 1626mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \% \\ &: \left| \frac{1374mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \% \\ &= 0,458 \times 100 \% \\ &= 45,8 \% \\ \text{Akurasi} &: (1 - 0,458) \times 100 \% \\ &: 54,2 \% [14] \end{aligned}$$

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *charging* pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai Samsung sebesar 3200mAh, untuk menghitung error dan akurasinya menggunakan rumus berikut :

$$\text{Error} : \left| \frac{3200mAh - 1714mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \%$$

$$: \left| \frac{1486mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \%$$

$$: 0,464 \times 100 \%$$

$$: 46,4\%$$

$$\text{Akurasi} : (1 - 0,464) \times 100 \%$$

$$: 53,6 \% [14]$$

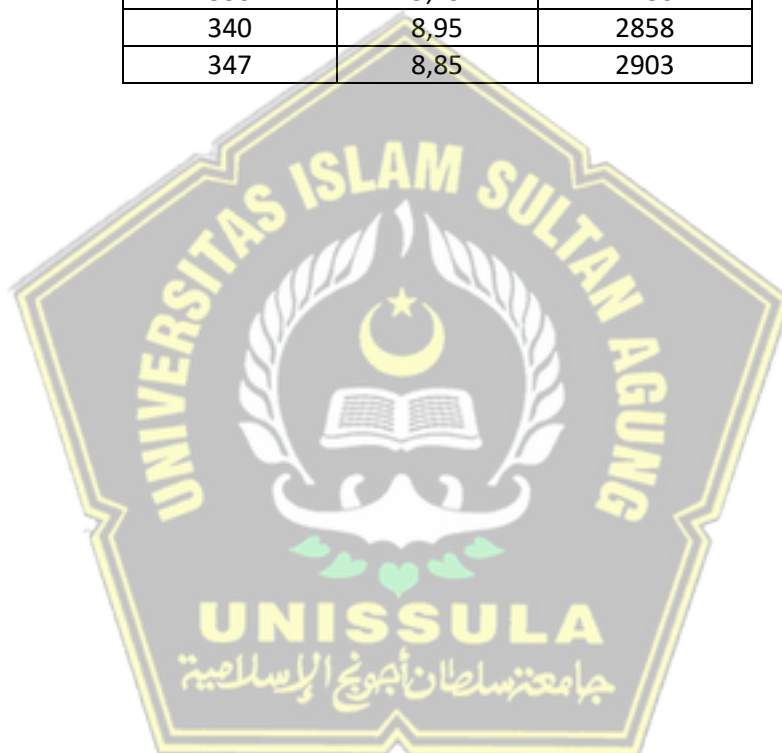
4.4 .Proses Discharge menggunakan Liitokala

Metode untuk proses *discharge* menggunakan Liitokala yaitu dengan metode *Nor Test* dengan diberi arus beban sebesar 1000mAh. Metode pengujian kapasitas baterai ini dianggap paling akurat namun membutuhkan waktu paling lama.,untuk proses pengambilan data yaitu dengan menggunakan 4 baterai namun hanya diambil 3 data baterai yang terbaik,untuk proses *cut off* pada metode ini,ketika kapasitas baterai sudah dikatakan kosong,maka pada layar yang ada di Liitokala akan keluar indikator kata “*End*” yang berarti kondisi baterai sudah kosong

Tabel 4. 7 Proses Discharge Baterai LG Menggunakan Liitokala

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Kapasitas(mAh)
10	12,24	86
20	12,15	171
30	12,06	252
40	12,07	339
50	12,05	424
60	11,98	518
70	11,89	593
80	11,82	677
90	11,72	762
100	11,65	845
110	11,58	928
120	11,50	1013
130	11,43	1097
140	11,34	1181
150	11,26	1266
160	11,16	1350
170	11,09	1434
180	11,00	1519
190	10,93	1605
200	10,85	1696
210	10,79	1772

220	10,74	1856
230	10,67	1941
240	10,59	2025
250	10,51	2110
260	10,43	2195
270	10,32	2278
280	10,27	2364
290	10,16	2447
300	9,95	2531
310	9,70	2616
320	9,44	2700
330	9,19	2786
340	8,95	2858
347	8,85	2903

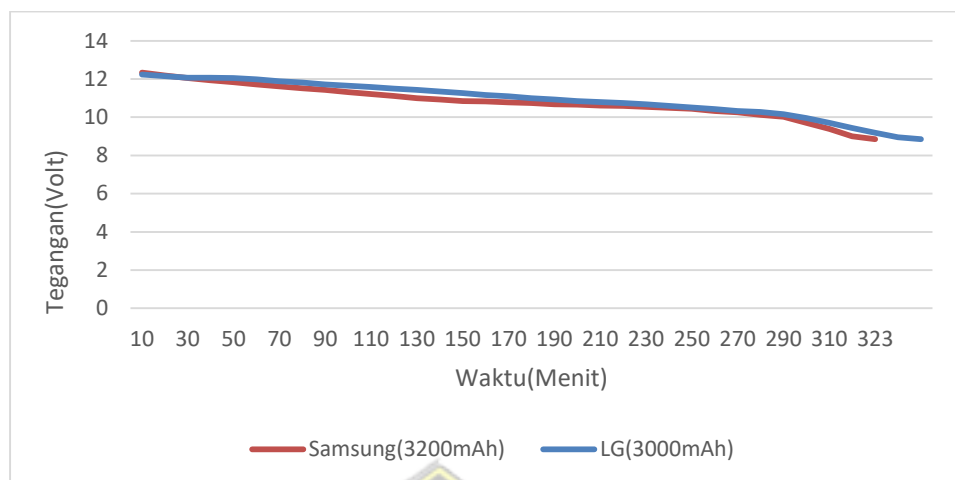


Tabel 4. 8 Proses Discharge Baterai Samsung Menggunakan Liitokala

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Kapasitas(mAh)
10	12,33	91
20	12,19	170
30	12,05	264
40	11,93	338
50	11,84	422
60	11,72	508
70	11,61	591
80	11,51	677
90	11,43	762
100	11,32	846
110	11,21	931
120	11,12	1016
130	11,00	1099
140	10,93	1182
150	10,85	1279
160	10,83	1351
170	10,78	1435
180	10,74	1521
190	10,68	1629
200	10,66	1689
210	10,61	1773
220	10,59	1860
230	10,54	1945
240	10,49	2027
250	10,44	2110
260	10,33	2200
270	10,25	2280
280	10,12	2367
290	10,03	2447
300	9,70	2534
310	9,39	2621
320	9,00	2735
323	8,85	2785

Tabel 4. 9 Persentase Discharge Baterai Menggunakan Liitokala

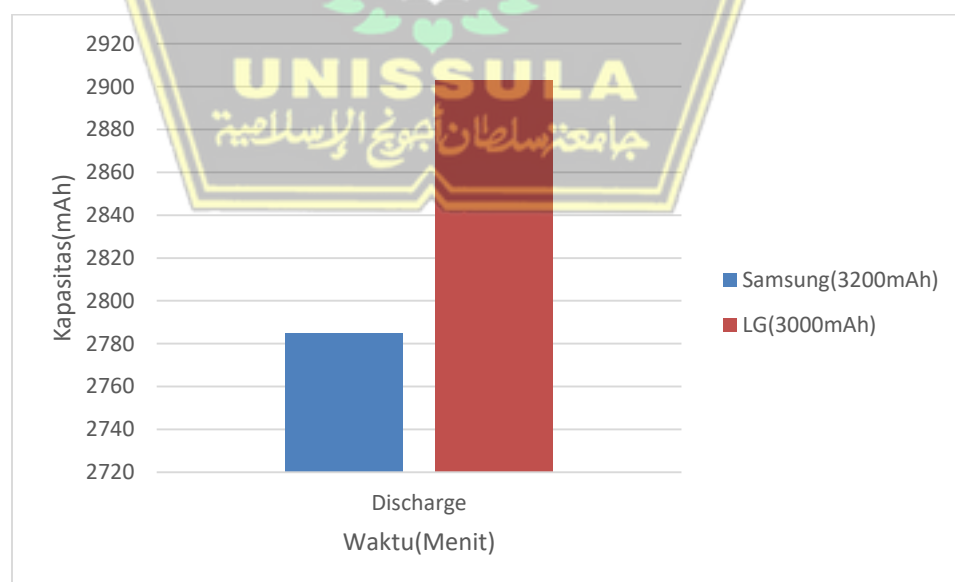
Persentase Discharge Baterai Samsung & LG menggunakan Liitokala					
Volt	Persentase	mAh	Volt	Persentase	mAh
12,33	97%	91	12,24	97%	86
12,19	96%	170	12,15	96%	171
12,05	95%	264	12,06	95%	252
11,93	94%	338	12,07	95%	339
11,84	93%	422	12,05	95%	424
11,72	93%	508	11,98	95%	518
11,61	92%	591	11,89	94%	593
11,51	91%	677	11,82	94%	677
11,43	90%	762	11,72	93%	762
11,32	89%	846	11,65	92%	845
11,21	88%	931	11,58	91%	928
11,12	88%	1016	11,50	91%	1013
11,00	87%	1099	11,43	90%	1097
10,93	86%	1182	11,34	90%	1181
10,85	86%	1279	11,26	89%	1266
10,83	85%	1351	11,16	88%	1350
10,78	85%	1435	11,09	88%	1434
10,74	85%	1521	11,00	87%	1519
10,68	84%	1629	10,93	86%	1605
10,66	84%	1689	10,85	86%	1696
10,61	84%	1773	10,79	85%	1772
10,59	84%	1860	10,74	85%	1856
10,54	83%	1945	10,67	84%	1941
10,49	83%	2027	10,59	84%	2025
10,44	82%	2110	10,51	83%	2110
10,33	81%	2200	10,43	82%	2195
10,25	81%	2280	10,32	81%	2278
10,12	80%	2367	10,27	81%	2364
10,03	79%	2447	10,16	80%	2447
9,70	76%	2534	9,95	78%	2531
9,39	74%	2621	9,70	76%	2616
9,00	71%	2735	9,44	74%	2700
8,85	70%	2785	9,19	72%	2786
			8,95	71%	2858
			8,85	70%	2903



Gambar 4. 7 Grafik Proses Discharge Baterai LG dan Samsung Menggunakan Liitokala

Dari data diatas adalah data yang diperoleh dari proses *discharge* baterai LG dengan total waktu *discharge* selama 5,47 jam dengan awal tegangan penuh sebesar 12,60V hingga tegangan baterai dinyatakan kosong menjadi sebesar 8,85V dan dengan total arus sebesar 2903mAh

Dari data diatas adalah data yang diperoleh dari proses *discharge* baterai Samsung dengan total waktu *discharge* selama 5,23 jam dengan awal tegangan penuh sebesar 12,60V hingga tegangan baterai dinyatakan kosong menjadi sebesar 8,85V dan dengan total arus sebesar 2785mAh



Gambar 4. 8 Grafik Kapasitas baterai LG dan Samsung Pada Saat Proses Discharge Menggunakan Liitokala

Dari data pada gambar hasil pengukuran dan pengujian *discharge* pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai LG sebesar 3000mAh, untuk menghitung error dan akurasi menggunakan rumus berikut :

$$\text{Error} : \left| \frac{3000mAh - 2903mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Error} : \left| \frac{97mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \%$$

$$: 0,03 \times 100\%$$

$$: 3 \%$$

$$\text{Akurasi} : (1 - 0,03) \times 100 \%$$

$$: 97\% [14]$$

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *discharge* pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai Samsung sebesar 3200mAh, untuk menghitung error dan akurasi menggunakan rumus berikut :

$$\text{Error} : \left| \frac{3200mAh - 2785mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \%$$

$$: \left| \frac{415mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \%$$

$$: 0,129 \times 100 \%$$

$$: 12,9 \%$$

$$\text{Akurasi} : (1 - 0,129) \times 100 \%$$

$$: 87,1 \% [14]$$

4.5 Proses Charging Menggunakan Liitokala

Metode pada saat proses *charging* menggunakan Liitokala yaitu baterai akan dimasukan ke 4 slot pada Liitokala lalu proses *charging* menggunakan arus 1000mAh, kemudian untuk proses pengambilan data yaitu menggunakan 3 data terbaik pada baterai meliputi tegangan dan mAh pada baterai, ketika posisi baterai telah full, maka pada indikator Liitokala akan muncul kata “End” yang menandakan baterai sudah full

Tabel 4. 10 Proses Charging Baterai LG Menggunakan Liitokala

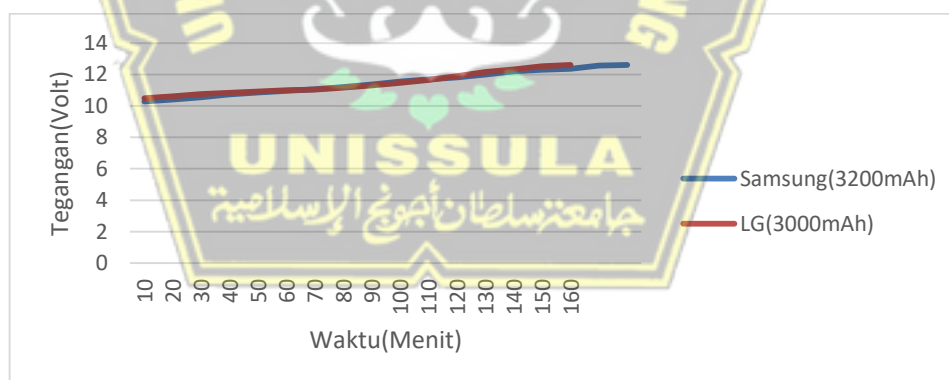
Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Kapasitas(mAh)
10	10,29	169
20	10,41	340
30	10,56	502
40	10,74	670
50	10,86	837
60	10,95	1004
70	11,07	1181
80	11,20	1338
90	11,37	1507
100	11,55	1678
110	11,69	1845
120	11,82	2008
130	11,99	2176
140	12,21	2402
150	12,30	2510
160	12,36	2687
170	12,56	2844
173	12,60	2867

Tabel 4. 11 Proses Charging Baterai Samsung Menggunakan Liitokala

Waktu(Menit)	Tegangan(V)	Kapasitas(mAh)
10	10,49	169
20	10,61	343
30	10,75	504
40	10,84	672
50	10,91	813
60	11,00	1047
70	11,05	1174
80	11,17	1340
90	11,30	1509
100	11,46	1675
110	11,65	1843
120	11,89	2079
130	12,16	2234
140	12,32	2349
150	12,53	2491
160	12,60	2560

Tabel 4. 12 Persentase Charge Baterai Menggunakan Liitokala

Persentase Charge Baterai Samsung & LG menggunakan Liitokala					
Volt	Persentase	mAh	Volt	Persentase	mAh
10,49	83%	169	10,29	81%	169
10,61	84%	343	10,41	82%	340
10,75	85%	504	10,56	83%	502
10,84	86%	672	10,74	85%	670
10,91	86%	813	10,86	86%	837
11,00	87%	1047	10,95	86%	1004
11,05	87%	1174	11,07	87%	1181
11,17	88%	1340	11,20	88%	1338
11,30	89%	1509	11,37	90%	1507
11,46	90%	1675	11,55	91%	1678
11,65	92%	1843	11,69	92%	1845
11,89	94%	2079	11,82	93%	2008
12,16	96%	2234	11,99	95%	2176
12,32	97%	2349	12,21	96%	2402
12,53	99%	2491	12,30	97%	2510
12,60	100%	2560	12,36	97%	2687
			12,56	99%	2844
			12,60	100%	2867

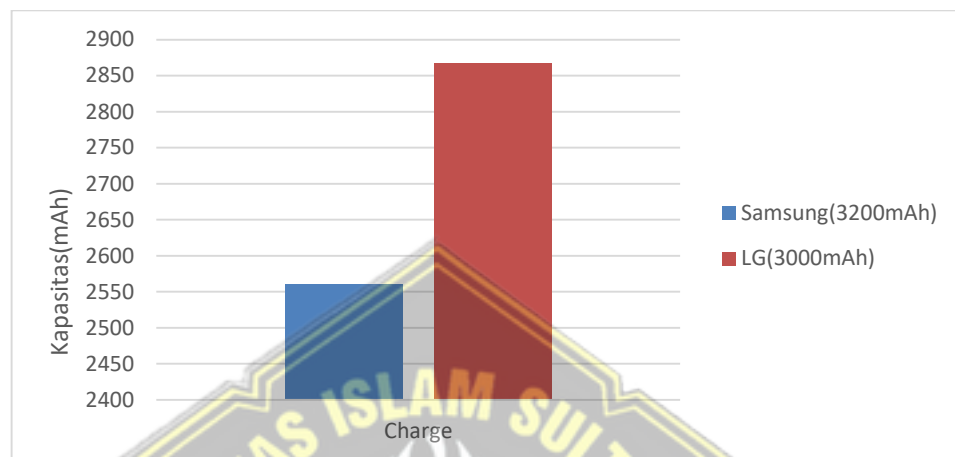


Gambar 4. 9 Grafik Proses *Charging* Baterai LG dan Samsung Menggunakan Liitokala

Dari data gambar tersebut adalah data yang diperoleh dari proses *charging* baterai menggunakan Liitokala dimana pada sebelumnya total tegangan kosong pada baterai yang terbaca di liitokala adalah 8,85V dengan total waktu *charging* selama 2,53 jam dan dengan total tegangan full sebesar 12,60 dan arus total yang masuk ke baterai sebesar 2867mAh.

Dari data gambar adalah data yang diperoleh dari proses *charging* baterai

menggunakan Liitokala dimana pada sebelumnya total tegangan kosong pada baterai yang terbaca di liitokala adalah 8,85V dengan total waktu *charging* selama 2,40 jam dan dengan total tegangan full sebesar 12,60 dan arus total yang masuk ke baterai sebesar 2560mAh.



Gambar 4. 10 Grafik Kapasitas Baterai LG dan Samsung Pada Saat Proses *Charging* Menggunakan Liitokala

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *charging* pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai LG sebesar 3000mAh, untuk menghitung error dan akurasi menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error} &: \left| \frac{3000mAh - 2867mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \% \\ &: \left| \frac{133mAh}{3000mAh} \right| \times 100 \% \\ &: 0,04 \times 100\% \\ &: 4 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &: (1 - 0,04) \times 100 \% \\ &: 96 \% [14] \end{aligned}$$

Dari data hasil pengukuran dan pengujian *charging* pada tabel di atas serta *Nameplate* baterai Samsung sebesar 3200mAh, untuk menghitung error dan akurasi menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error} &: \left| \frac{3200mAh - 2560mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \% \\ &: \left| \frac{640mAh}{3200mAh} \right| \times 100 \% \\ &: 0,2 \times 100 \% \end{aligned}$$

: 20 %

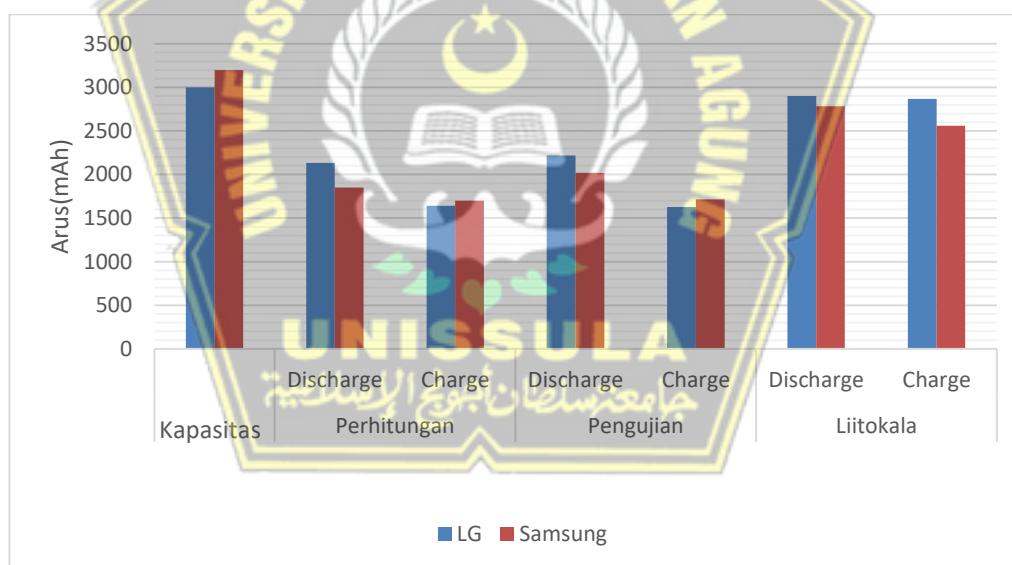
Akurasi : $(1 - 0,2) \times 100 \%$

: 80 % [14]

4.6 Perbandingan Akurasi Pada Baterai

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Baterai Lithium-Ion 18650

Kapasitas		Perhitungan		Pengujian		Liitokala	
		Discharge	Charge	Discharge	Charge	Discharge	Charge
LG	3000	2.135	1.640	2.218	1.626	2.903	2.867
Samsung	3200	1.849	1.700	2.018	1.714	2.785	2.560



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Kapasitas Baterai Lithium-Ion

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas baterai Samsung lebih besar dari baterai LG, namun pada saat pengujian menggunakan beban atau pengujian menggunakan Liitokala, hasil dari baterai Samsung cenderung sama sekali tidak mendekati kapasitas yang tertera pada *nameplate* yaitu sebesar 3200mAh

Berbeda dengan baterai LG yang memiliki kapasitas yang lebih rendah dari baterai Samsung yaitu 3000mAh namun pada pengujian menggunakan Liitokala, baterai LG cenderung lebih mendekati kapasitasnya ketika proses *discharge* maupun *charge*

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada proses discharge, ditemukan bahwa baterai *Lithium-ion* 18650 mampu memberikan daya secara konsisten pada berbagai tingkat *discharge*. Kurva discharge menunjukkan karakteristik yang stabil dan dapat diandalkan dalam memberikan daya pada beban. Dimana pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali, namun untuk data yang tercantum hanya data pengujian pertama, untuk pengujian kedua dan ketiga untuk mengetahui apakah kapasitas yang masuk atau keluar pada baterai mengalami atau tidak. Untuk hasilnya baterai tetap memberikan daya secara konsisten dengan acuan waktu yang dibutuhkan pada saat proses pengujian.

2. Pada pengujian ini baterai LG dapat diunggulkan dalam penggunaan pembebanan dikarenakan aplikasi pemakaian yang lebih lama daripada baterai Samsung walaupun dari segi *Nameplate* kapasitas baterai LG lebih kecil dari baterai Samsung dimana pada pengujian kali ini baterai LG memiliki tingkat *Error* sebesar 26% dan Akurasi sebesar 74% pada proses *Discharge*, tingkat *Error* sebesar 45,8% dan Akurasi sebesar 54,2% pada proses *Charge*, lalu untuk baterai Samsung sendiri memiliki tingkat *Error* sebesar 39,4% dan Akurasi sebesar 60,6% pada proses *Discharge*, tingkat *Error* sebesar 46,4% dan Akurasi sebesar 53,6% untuk proses

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya mahasiswa dapat membandingkan juga dengan baterai merk lainnya namun dengan kapasitas yang sama
2. Pengujian harus menggunakan alat wattmeter yang dapat menyimpan data charging/discharging secara realtime
3. Pastikan sebelum pengujian mahasiswa agar memilih baterai dengan kapasitas yang rea

Daftar Pustaka

- [1] A. R. Wiguna, T. Toha, N. Nadhiroh, S. L. Kusumastuti, and M. Dwiyanti, "Rancang Bangun Dan Pengujian Battery Pack Lithium Ion," *Electrices*, vol. 3, no. 1, pp. 28–33, 2021, doi: 10.32722/ees.v3i1.4030.
- [2] R. Saputra and B. Yulianti, "Alat Pendeteksi Originalitas Baterai Tipe 18650 Berbasis Arduino Nano," *J. ...*, pp. 2–6, 2021, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/776%0Ahttps://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/viewFile/776/751>
- [3] A. Borrego, "Analisis Konsumsi Baterai Lithium-ion 18650 Rakitan Pada Sepeda Listrik Berpenggerak Motor BLDC 24Volt 250W," vol. 10, p. 6, 2021.
- [4] C. N. Karimah *et al.*, "Pelatihan Perakitan Battery Pack Lithium Ion 18650 Untuk Guru SMK di Kabupaten Jember," *J. Community Dev.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–34, 2023, doi: 10.47134/comdev.v4i1.121.
- [5] SKRIPSI Oleh : RIZKY DWI PRAWIRA NIM 141910201013 PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO J. Teknik, E. Fakultas, and T. U. Jember, "UJI KARAKTERISTIK BATERAI LITHIUM-ION TERHADAP VARIASI PEMBEBANAN," 2018.
- [6] M. Otong, "Perancangan Modular Baterai Lithium Ion (Li-Ion) untuk Beban Lampu LED," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 8, no. 2, p. 260, 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6808.
- [7] Y. Hilal, P. Muliandhi, E. Ardina, "Analisa Balancing BMS(Battery Management System) Pada Pengisian Baterai Lithium-ion Tipe Inr 18650 Dengan Metode Cut-off" *Simetris : Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer* vol 14, 2023.
- [8] D. Bagenda, "Alat Uji Kapasitas Baterai Dengan Tegangan Konstant," *Jurnal LPKIA* vol 12 pp. 1–23, 2016.
- [9] W. Dany Mufty, O. Anggriawan, and M. Z. Efendi, "Baterai Charger VRLA dengan Metode Constant Current Constant Voltage Berbasis Kontrol PI," *Semin. Nas. Terap. Ris. Inov.*, vol. 6, no. 1, pp. 235–243, 2020.
- [10] F. Fitriono, G. H. Saputra, and A. Ancolo, "Studi Pemanfaatan Baterai Lithium 18650 Bekas Sebagai Penyimpan Energi Listrik Untuk Penerangan," *J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 13–17, 2022, doi: 10.36269/jtr.v4i1.987.
- [11] B. Mardwianta, "Pembangkitan Energi Listrik Pada Baterai Udara Dengan Bahan Karbon Aktif Dan Elektrolit Air Laut," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 3, pp. 0–7, 2017, doi: 10.28989/senatik.v3i0.123.
- [12] A. Rosman, Risdaryana, E. Yuliani, and Vovi, "Karakteristik arus dan

tegangan pada rangkaian seri dan rangkaian paralel dengan menggunakan resistor,” *J. Ilm. d’Computare*, vol. 9, pp. 40–43, 2019.

- [13] A. N. Sifa, A. J. Firdaus, and M. Khambali, “Rancang Bangun Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) 200WP Untuk Suplai Daya Sistem Kendali Dan Monitoring Pemeliharaan Tanaman Media Air,” *J. ORBITH*, vol. 19, no. 2, pp. 187–200, 2023.
- [14] Muhammad Khosyi’in , Agus Suprajitno, “Alat Penghitung Volume dan Timer Penggunaan Oksigen,” *Alat Penghitung Vol. dan Timer Pengguna. Oksigen*, vol. d, pp. 1–8, 2017.

