MONITORING PENGISIAN DAYA MULTI-BATERAI MOBIL LISTRIK DENGAN SEL SURYA MENGGUNAKAN *INTERNET of THINGS* (IoT)

(Skripsi)

Oleh

Herlambang Sihombing

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

ABSTRAK

MONITORING PENGISIAN DAYA MULTI-BATERAI MOBIL LISTRIK DENGAN SEL SURYA MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)

Oleh

Herlambang Sihombing

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem monitoring pengisian daya baterai Lithium Ion 48 volt 20 Ah dengan menggunakan *platform Thingspeak*. Alat monitoring terdiri dari rangkaian monitoring dan kontrol pengisian daya. Sistem monitoring menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP 32 sebagai media hubung dari sensor ke platform *Thingspeak* dan LCD yang dilengkapi dengan modul I2C. Rangkaian kontrol menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan r*elay*. Sensor dilakukan tahap kalibrasi sehingga mendapatkan akurasi, ralat dan presisi berurutan sebesar 97,53%, 2,47% dan 99,83% untul sensor I dan 96,65%, 3,35% dan 100% untuk sensor II. Selanjutnya melakukan monitoring selama 2 hari dengan waktu pengukuruan 390 menit/hari. Monitoring dilakuakan pada baterai dalam 2 kondisi yaitu pengisian dan pengosongan. Untuk waktu penerimaan data pada *platform Thingspeak* diperlukan waktu selama 10,3 detik per datanya dan memerlukan waktu kurang lebih sebesar 3,72 detik untuk melaksanakan perintah yang dikirimkan melalui *WhatsApp Bot*.

Kata kunci: *Thingspeak*, NodeMCU ESP32, Monitoring, Lithium Ion, Sensor

ABSTRACT

MONITORING MULTI-BATTERY CHARGING OF ELECTRIC CARS WITH SOLAR CELLS USING THE INTERNET OF THINGS (IoT)

By

Herlambang Sihombing

In this research, a monitoring system for charging a Lithium Ion 48 volt and 20 Ah battery has been designed using the Thingspeak platform. The monitoring device consists of a charging monitoring and control circuit. The monitoring system uses the NodeMCU ESP 32 microcontroller as the connecting medium from the sensor to the Thingspeak platform and LCD which is equipped with an I2C module. The control circuit uses the NodeMCU ESP32 microcontroller and relay. The sensor was calibrated to obtain sequential accuracy, error, and precision of 97.53%, 2.47%, and 99.83% for sensor I and 96.65%, 3.35%, and 100% for sensor II. Furthermore, monitoring for 2 days with a measurement time of 390 minutes/day. Monitoring is carried out on the battery under 2 conditions, namely charging and discharging. Data reception time on the Thingspeak platform takes 10.3 seconds per data and takes approximately 3.72 seconds to carry out commands sent via WhatsApp Bot.

Keywords*: Thingspeak, NodeMCU ESP32, Monitoring, Lithium Ion, Sensors*

MONITORING PENGISIAN DAYA MULTI-BATERAI MOBIL LISTRIK DENGAN SEL SURYA MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)

Oleh
Herlambang Sihombing

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatuhan Alam

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi : **Monitoring Pengisian Daya Multi-Baterai Mobil Listrik dengan Sel Surya Menggunakan *Internet of Things* (IoT)**

Nama Mahasiswa : ***Herlambang Sihombing***

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041077**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.	**Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**
NIP 19801010 200501 1 002	NIP 19820618 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.** .....

Sekretaris : **Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Sri Wahyu Suciytati, S.Si., M.Si.** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **01 Februari 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 06 Februari 2023

Herlambang Sihombing

NPM. 1817041077

RIWAYAT HIDUP

Penulis skripsi ini bernama Herlambang Sihombing, lahir di Sidikalang pada tanggal 12 Juni 2000. Penulis ini merupakan anak keempat dari 5 bersaudara dari pasangan Bapak Mangasal Sihombing dan Ibu Fenny Tuti Ida br Manurung. Penulis menyelesaikan pendidiakan di SDN 030287 Sidikalang tahun 2012, SMPN 3 Sidikalang tahun 2015 dan SMAN 1 Sidikalang tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2018. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung pada organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang sosial masyarakat periode 2019-2020, organisasi UKM Kristen Universitas Lampung sebagai anggota divisi Pelayanan dan Doa pada tahun 2019 serta sebagai ketua divisi Pelayanan dan Doa tahun 2021, dan organisasi Ikatan Mahasiswa Dairi Lampung (IMADALA) sebagai wakil ketua umum periode 2020-2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Elektronika Digital dan praktikum Elektronika.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT.PLN ULP Kota Metro tahun 2021. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kebangsaan tahun 2021 di desa

Mencolok, Kecamatan Mendahara Ulu, Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Penulis telah menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul "**Monitoring Pengisian Daya Multi-Baterai Mobil Listrik dengan Sel Surya Menggunakan *Internet of Things* (IoT)**".

MOTTO

"The best way to get started is to quit talking and begin doing."
Walt Disney

"Akhir suatu hal, lebih baik daripada awalnya, panjang sabar lebih baik daripada tinggi hati." (Pengkhotbah 7:8)

PERSEMBAHAN

Terpujilah Nama Tuhan

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yesus Kristus untuk

berkat dan penyertaanNya, kupersembahkan karya ini untuk

semua orang yang ku sayangi dan cintai

Kedua Orang Tuaku:

Bapak Mangasal Sihombing dan Ibu Fenny Tuti Ida br Manurung

Terimakasih atas segala doa dan motivasi serta penguatan yang diberikan demi keberhasilan anaknya sehingga dapat menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Lampung

Kakak-kakaku dan Adikku

Terimakasih telah memberikan semangat, bantuan, dan

dukungan kepadaku baik dalam bentuk materi maupun hal lain

yang sangat berharga

Almamaterku tercinta

"**UNIVERSITAS LAMPUNG**"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah memberikan kesehatan, berkat dan kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah serta skripsi yang berjudul "Monitoring Pengisian Daya Multi-Baterai Mobil Listrik dengan Sel Surya Menggunakan *Internet of Things* (IoT)". Tujuan penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar S1 jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung serta melatih berfikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 06 Februari 2023

Penulis

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia yang telah dilimpahkan oleh Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Monitoring Pengisian Daya Multi-Baterai Mobil Listrik dengan Sel Surya Menggunakan *Internet of Things* (IoT)**".Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dari pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan ketua jurusan Fisika FMIPA Unila yang telah memberikan ilmu serta rela memberkan waktu untuk mengarahkan penulis.
2. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi.
3. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.

4. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan bimbingannya selama perkuliahan.
5. Bapak Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak/Ibu dosen di Jurusan FMIPA Universitas Lampung.
7. Para karyawan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
8. Orang tua Bapak Mangasal Sihombing dan Ibu Fenny Tuti Ida br Manurung yang selalu memotivasi serta memeberikan kasih sayang kepada penulis.
9. Saudara/i Adithya Martin Rainhard, Debora Bernaditha, Yudhistira Fransisco dan Devanand Hans Michael yang sudah sangat banyak mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Regina Anastasya Manihuruk yang memberikan dukungan dan menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Sahabat-sahabat yang sangat baik, Rizky Esa R, Hauzan Khairullah M, I Made Agus R dan teman satu bimbingan yaitu Juana, Intan W, Nindya F dan Yola. Terimakasih untuk segala bantuan kalian yang sangat bermakna dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Saudara-saudaraku Aditya, Andre, David, Daud dan Jeremi. Terimakasih untuk suka dan duka yang kita alamin selama ini.
13. Teman-teman UKM Kristen Universitas Lampung terkhusus Divisi 3 UKM Kristen kepengurusan 2021 yang sangat bermakna bagi penulis.
14. Teman-teman dan keluarga besar Himafi dan yang telah memberikan pengalaman yang sangat luar biasa.

15. Keluarga besar IMADALA yang telah menjadi salah satu tempat bertemunya teman seperantauan.
16. Seluruh pihak yang telah ikut serta membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan Yesus Kristus senantiasa memberikan berkat dan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat selesai dan bermanfaat.

Bandar Lampung, 17 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK i
ABSTRACT i
LEMBAR PENGESAHAN iv
PERNYATAAN vi
RIWAYAT HIDUP vii
MOTTO ix
PERSEMBAHAN x
KATA PENGANTAR xi
SANWACANA xii
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xix
I. PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Masalah 5
II. TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Penelitian Terkait 7
2.2 *Photovoltaic* 10
2.3 Mobil Listrik 14
2.4 Baterai 16
2.5 *Charger controller* 18
2.6 *Boost Connverter* 20
2.7 *Internet Of Things* 22
2.8 NodeMCU ESP32 23

2.9 Sensor Tegangan DC 24
2.10 *Thingspeak* 25
III. METODE PENELITIAN
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 27
3.2 Alat dan Bahan 27
3.3 Prosedur Penelitian 28
III. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Realisasi Perancangan Perangkat 33
4.1.1 Pengujian Sensor Tegangan DC 36
4.1.2 Pengujian Kontrol *Relay* 41
4.1.3 Pengujian Hasil Monitoring menggunakan *Thingspeak* 44
4.2 Realisasi Perangkat 45
4.3 Data Monitoring Pengukuran Tegangan Multi-Baterai 48
V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 53
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Rangkaian sistem alat 8
Gambar 2.2 (a) Tampilan grafik secara real-time di Thingspeak,
(b) Tampilan grafik aplikasi 9
Gambar 2.3 Data pembacaan tegangan 10
Gambar 2.4 Prinsip kerja Panel Surya.....12
Gambar 2.5 Kurva keadaan arus (I) dan tegangan (V).....13
Gambar 2.6 Kuat sinar terhadap daya yang dihasilkan 13
Gambar 2.7 Diagram blok sistem mobil listrik 15
Gambar 2.8 Struktur baterai Li-Ion bentuk silinder 17
Gambar 2.9 Skematik *charge controller* 19
Gambar 2.10 *Boost Converter* 21
Gambar 2.11 NodeMCU ESP 32.....24
Gambar 2.12 Prinsip kerja sensor Tegangan DC 25
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 29
Gambar 3.2 Desain sistem monitoring 30
Gambar 3.3 Rancangan Tampilan hasil monitoring pada *Thingspeak*.....32
Gambar 3.4 Rancangan sistem kontrol.....32
Gambar 4.1 Realisasi perangkat monitoring pengisian daya multi-baterai.....33
Gambar 4.2 Tampilan dalam perangkat 34
Gambar 4.3 Tampilan depan perangkat.....35
Gambar 4.4 Tampilan belakang perangkat.....35
Gambar 4.5 Program sensor tegangan DC 36
Gambar 4.6 Grafik pengujian sensor tegangan (a) dan (b).....38
Gambar 4.7 Tampilan *website thingESP* 41
Gambar 4.8 Tampilan pengatur *WhatsApp sandbox* 42
Gambar 4.9 Kontrol melalui *WhatsApp* 44
Gambar 4.10 Realisasi perangkat secara keseluruhan.....46

Gambar 4.11 Tampilan LCD 47
Gambar 4.12 Data hasil monitoring dan pengukuran tegangan(a) baterai I pada proses *charge* dan (b) baterai II pada proses *discharge* 390 menit 49
Gambar 4.13 Data hasil monitoring dan pengukuran tegangan (a) baterai I pada proses discharge dan (b) baterai II pada proses charge 390 menit 50

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Data pengujian pengukuran tegangan pada sensor tegangan DC 31

Tabel 4.1 Hasil pengujian persamaan linieritas tegangan sensor Tegangan DC I..... 39

Tabel 4.2 Hasil pengujian persamaan linieritas tegangan sensor Tegangan DC II..... 40

Tabel 4.3 Hasil pengujian waktu respon kontrol *relay* 43

Tabel 4.4 Hasil pengujian waktu *delay* penerimaan data pada *Thigspeak*..... 44

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan sarana transportasi terutama transportasi pribadi kini sudah sangat jauh berkembang. Hal ini dapat dilihat dari bentuk kendaraan, material yang digunakan dalam bahan pembuatan dan bahan bakar yang tidak menggunakan bahan bakar minyak. Perkembangan ini terlihat dari munculnya mobil listrik. Mobil ini menjadi kendaraan alternatif yang ramah lingkungan dan diharapkan mampu mengurangi penggunakan bahan bakar fosil secara signifikan. Beberapa kelebihan mobil listrik dengan mobil berbahan bakar cair adalah suara yang halus, tidak berbau, dan bebas dari asap (Efendi, 2020).

Mobil listrik ini masih memiliki banyak keunggunlan lain. Namun banyak juga terdapat beberapa kelemahan yang dimiliki mobil listrik pada saat ini. Baik dalam pengisian daya listrik pada mobil maupun masalah pada mobilnya sendiri. Mobil listrik membutuhkan pengisian daya untuk mengisi daya pada baterai yang digunakan. Namun pada wilayah Indonesia, stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) masih belum tersebar. Bahkan SPKLU masih hanya terdapat di beberapa kota besar di Indonesia dengan kuantitas yang masih terbilang masih sedikit (Wibowo, 2012).

Kurang berkembangnya SPKLU menjadi salah satu pertimbangan penggunaan mobil listrik di Indonesia masih terbilang cukup sedikit. Untuk itu perlu adanya pengembangan yang efektif dan sangat diperlukan untuk kebutuhan mobil listrik dimasa depan. Salah satunya pengembangan pada pengisian daya pada mobil listrik (Suhendra, 2019).

Baterai pada mobil listrik menjadi salah satu komponen terpenting. Peran baterai yang begitu penting menjadi pusat perhatian para peneliti untuk menemukan baterai yang memiliki efisiensi paling tinggi. Baterai pada mobil listrik berfungsi sebagai *supply* energi agar mobil listrik dapat dioperasikan. Baterai memiliki kapasitas tertentu dalam menyimpan energi listrik sehingga energi listrik pada baterai akan dapat habis jika digunakan dalam kurun waktu tertentu. Semakin besar kapasitas baterai, maka semakin besar juga energi yang dapat disimpan oleh baterai. Pada bidang material yang semakin maju, sedikit demi sedikit terjadi peralihan penggunaan baterai Lithium sebagai pengganti baterai asam timbal. Baterai Lithium memiliki banyak keunggulan, antara lain: memiliki kerapatan energi yang tinggi dan mampu bertahan relatif lebih lama (Junaidi, 2016).

Pengisian daya pada baterai tentu sangat mempengaruhi keawetan serta kondisi dari baterai. Pengisian daya pada baterai mobil listrik sangat tidak aman untuk usia baterai jika baterai tidak segera dilepas dari penghubung daya ketika pengisian telah penuh. Untuk efisiensi pengisian dan penggunaan baterai maka diperlukannya aktifitas dalam pengumpulan informasi (monitoring*)* dari baterai mobil listrik. Pada dasarnya kondisi baterai dapat dilihat dari tegangan (*volatage*), arus (*current*) dan daya (*power*). Tegangan, arus dan daya dapat diukur menggunakan multimeter. Namun untuk mendapatkan data secara digital dapat

menggunakan sensor. Penggunaan sensor juga dapat mendukung dalam memonitor pengisian dan penggunaan baterai mobil listrik dengan bentuk dan konsumsi daya yang cukup kecil.

Secara konsep monitoring dapat dilakukan dengan secara kabel maupun secara nirkabel. Monitoring secara nirkabel dapat mempermudah memonitor saat mobil dalam keadaan bergerak. Monitoring secara nirkabel pada umumnya menggunakan internet sebagai sarana transmisi data atau dapat disebut dengan *internet of things* (IoT). Monitoring menggunakan IoT berupa komunikasi *machine to machine* (M2M) dengan memanfaatkan protokol *message queueing telementry transport* (MQTT). MQTT menggunakan arsitektur *publish*/*subscribe* yang dirancang secara terbuka dan mudah untuk diimplementasikan yang mampu menangani ribuan *client* jarak jauh dengan hanya satu server (Handarly, 2018).

Berkaitan dengan sistem monitoring pada mobil listrik, Ashari dkk (2018) melakukan penelitian tentang sistem monitoring dan manajemen baterai pada mobil listrik yang pertama akan dibaca kapasitas baterai dan juga kecepatan serta rpm pada as roda oleh sensor pembagi tegangan dan sensor kecepatan kemudian akan diproses pada mikrokontroler untuk mendapatkan info kapasitas baterai, kecepatan mobil, serta estimasi jarak tempuh maksimal, setelah mendapatkan informasi maka seluruh data akan ditampilkan pada LCD secara realtime. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hilmansyah dkk (2020) yaitu rancang bangun *wireless battery monitoring system* berbasis NodeMCU ESP32 yang langsung terhubung pada *platform Thingspeak* sebagai media menampilkan data secara *real-time.* Penelitian lainnya dilakukan oleh Setiaji dkk (2018) dimulai dengan membaca data sensor dari sensor tegangan dan sensor ACS712 pada panel

surya dan sensor tegangan pada baterai. Nilai tegangan yang didapat dibandingkan dengan *setpoint* yang telah ditetapkan. Terdapat 3 kondisi pada proses *charging*, yaitu *charging, battery full* dan *battery supply*. Sistem ini menggunakan internet yang terintegrasi *database* dan aplikasi *android* sebagai media untuk melakukan monitoring daya secara *real-time* dan *online* sehingga sistem berjalan dengan prinsip IoT.

Berdasarkan penjelasan di atas, mendorong penulis untuk membuat sistem monitoring pengisian dan penggunaan baterai mobil listrik berbasis IoT untuk memonitor kondisi baterai. Dalam penelitian ini akan dibuat sebuah sistem monitoring yang dapat mengklasifikasikan hasil monitoring baterai mobil listrik berdasarkan tegangan dari baterai yang sedang digunakan dan yang sedang diisi menggunakan sistem *charging* dengan panel surya. Sistem monitoring berikut menggunakan *voltage* sensor DC. Selain itu akan digunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler serta media penghubung ke internet. Sebelum digunakan, semua sensor akan dikalibarsi dan diuji tingkat sensitivitasinya. Rangkaian keseluruhan diharapkan dapat menentukan hasil monitoring kapasitas baterai dengan akurat. Setelah itu data akan ditampilkan ke LCD dan juga dapat dilihat secara *real-time* dan tersimpan dalam media *Thingspeak* serta dapat diakses menggunakan *website*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

a. Bagaimana merancang dan mengembangkan perangkat keras serta perangkat lunak agar dapat memonitor kapasitas multi-baterai pada mobil listrik menggunakan IoT?.
b. Bagaimana keakuratan penyampaian informasi kapasitas multi-baterai menggunakan IoT?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Mendapatkan prototipe perangkat keras dan lunak sistem monitoring multi-baterai pada mobil listrik menggunakan IoT.
b. Mengetahui keakuratan penyampaian informasi kapasitas baterai menggunakan IoT.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Terealisasinya sistem monitoring pengisian daya multi-baterai mobil listrik dengan menggunakan sel surya berbasis *internet of things* (IoT).
b. Dapat memudahkan dalam memantau kondisi baterai mobil lsitrik dalam jarak jauh.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Penelitian ini mengguanakan panel surya sebagai sumber daya sistem *charging* dalam monitoring.

b. *Boost converter* digunakan untuk meningkatkan tegangan pada sistem *charging*.

c. Penelitian ini menggunakan sensor *voltage* DC yang dimodifikasi untuk tegangan DC 60 volt.

d. NodeMCU modul Wi-Fi ESP32 digunakan sebagai komponen utama dalam sistem IoT.

e. Penelitian ini dilakukan untuk memonitor tegangan multi-baterai dalam jarak jauh.

f. *Thingspeak* digunakan untuk monitoring sistem IoT.

II. TINJAUAN PUSTAKA

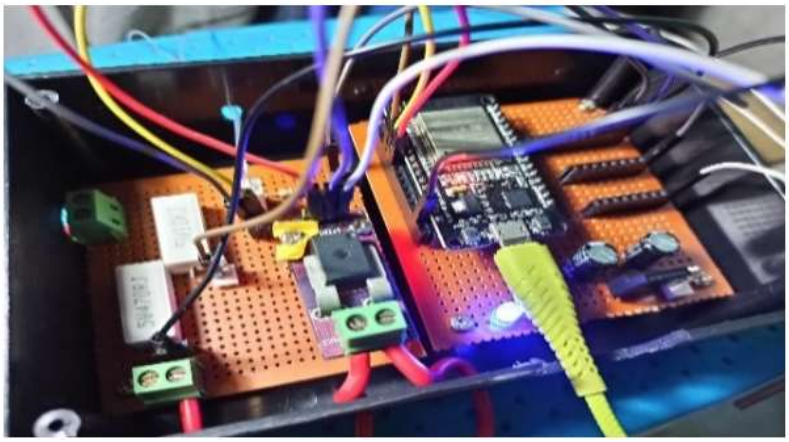
2.1 Penelitian Terkait

Penelitian untuk monitoring berbasis IoT telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung penelitian ini.

Ashari *et al* (2018) melakukan penelitian sistem monitoring dan manajemen baterai pada mobil listrik. Monitoring ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (*on the track*) dan dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan. Pada pelaksanaannya, monitoring dilakukan ketika suatu proses sedang berlangsung. Sistem monitoring dan manajemen baterai adalah perangkat elektronik yang dapat memantau keadaan baterai, menghitung data sekunder, melaporkan data baterai, menjaga kesehatan maupun keseimbangan baterai, serta memperkirakan energi tersisa yang dapat digunakan. Sebuah sistem monitoring dan manajemen baterai dapat memantau kondisi dari baterai melalui beberapa variabel. Pada penelitian ini didapat hasil pengukuran untuk pembacaan refrensi tegangan pada rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan pembanding

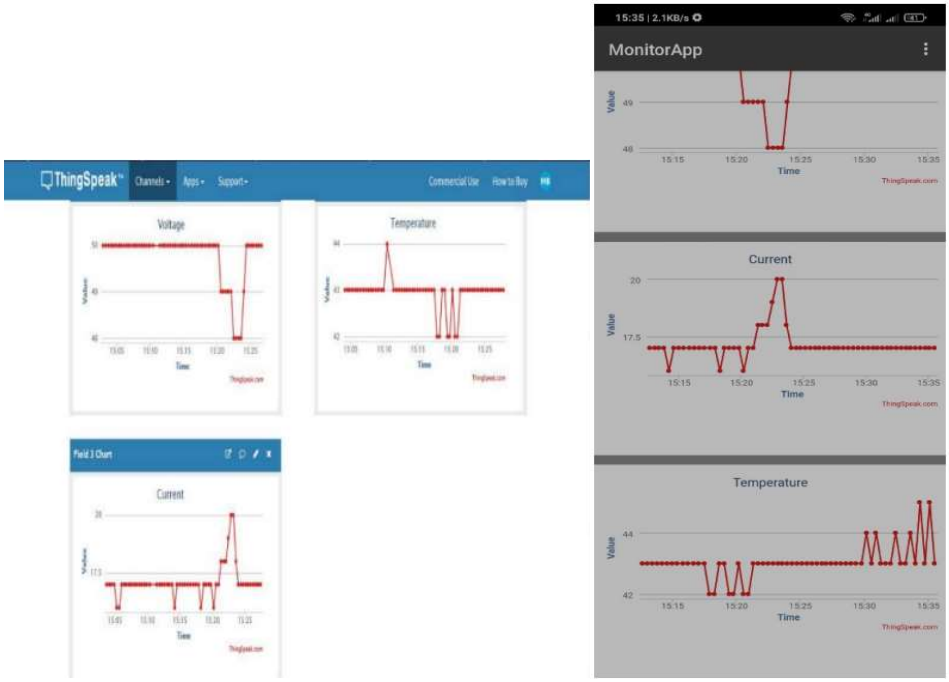
berupa voltmeter digital memiliki nilai rata-rata error yang rendah pada nilai 0,129.

Hilmansyah *et al* (2020) melakukan penelitian rancang bangun dalam memantau sistem baterai secara *wireless* berbasis NodeMCU ESP32. Penelitian ini menggunakan *platform Thingspeak* sebagai media penyimpanan data dan juga aplikasi dari *MIT App Inventor* sebagai *interface* data pada *smartphone Android*. **Gambar 2.1** berikut rangkaian sistem alat.



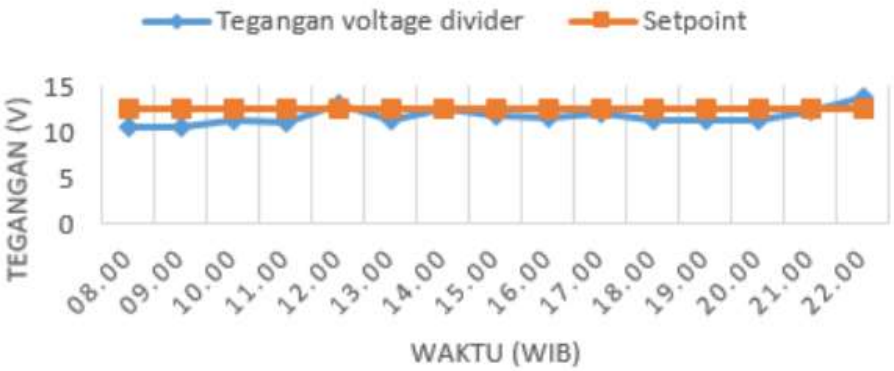
Gambar 2.1 Rangkaian sistem alat (Hilmansyah *et al* 2020).

Firebase dan *Thingspeak* pada sistem monitoring ini dirancang agar proses pemantauan sumber daya baterai dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja melalui *smartphone* yang terhubung ke jaringan internet. Alat ini didesain dan dirancang menggunakan *board mikrokontroler* ESP32 *DevKit* yang dapat mengirimkan data melalui jaringan internet menggunakan modul WiFi yang terhubung dengan sebuah akses poin. Pada **Gambar 2.2** dapat dilihat tampilan pada *platform Tihingspeak* dan *smartphone*.



Gambar 2.2 (a) Tampilan grafik secara *real-time* di *Thingspeak*, (b) Tampilan grafik aplikasi (Hilmansyah et al., 2020).

Setiaji dkk (2018) melakukan penelitian merancang *power monitoring system* pada panel surya. *Power monitoring system* merupakan sebuah sistem yang dapat memantau tegangan (panel surya dan baterai), arus (panel surya), daya (panel surya) dan suhu alat secara *real-time* serta *online* untuk mengetahui optimalisasi panel surya yang digunakan sebagai sumber listrik utama dari *smart open parking*. Untuk mengetahui parameter yang akan diukur maka digunakan sensor ACS712 dan sensor tegangan untuk mengukur parameter dari panel surya (tegangan, arus, dan daya), sensor tegangan untuk mengukur tegangan baterai, dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu alat. Kemudian untuk mengolah data digunakan *Raspberry Pi* 3. Sebagai *server* serta alat untuk menyimpan data ke dalam bentuk database, lalu data dikirim ke internet agar dapat diakses secara *online* dan *realtime.* **Gambar 2.3** menunjukkan data pembacaan tegangan pada *voltage divider*.



Gambar 2.3 Data pembacaan tegangan (Setiaji dkk, 2018).

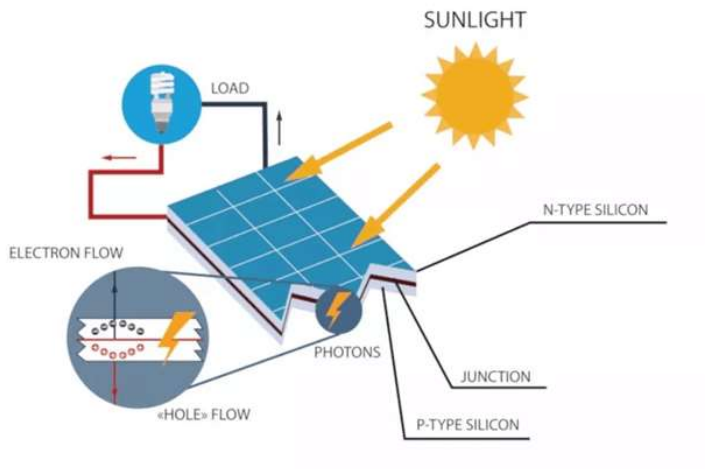
2.2 *Photovoltaic*

Photovoltaic terdiri dari dua kata terpisah yaitu foto dan *voltaic*. Foto berasal dari kata Yunani kuno *Phos* yang berarti cahaya dan *voltaic* berasal dari nama satuan pengukuran arus listrik yaitu volt. *Photovoltaic* disebut juga dalam Bahasa Indonesia dengan fotovoltaik ataupun sel surya. Sel surya adalah piranti *semiconductor* yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik DC (arus searah) dengan menggunakan kristal Si (silikon) yang tipis.

Sebuah Kristal silindris Si diperoleh dengan cara memanaskan Si dengan tekanan yang diatur sehingga Si berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, maka terbentuk sel-sel silikon yang tipis. Sel-sel silikon itu dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari alumunium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel diberi sambungan yang berbeda potensial yang menyatu disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*). Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan akan mengalir arus listrik. Besarnya

arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon dan luas permukaan sel (Ariyono, 2019).

1. Monokristal (*Mono-crystalline*) merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.
2. Polikristal (*Poly-Crystalline*) merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.
3. *Thin Film Photovoltaic* merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis *mikrokristalsilicon* dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polikristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.



Gambar 2.4 Prinsip kerja Panel Surya (Aryza dkk, 2017).

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya seperti pada **Gambar 2.4** adalah sebagai berikut:

1) Cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.

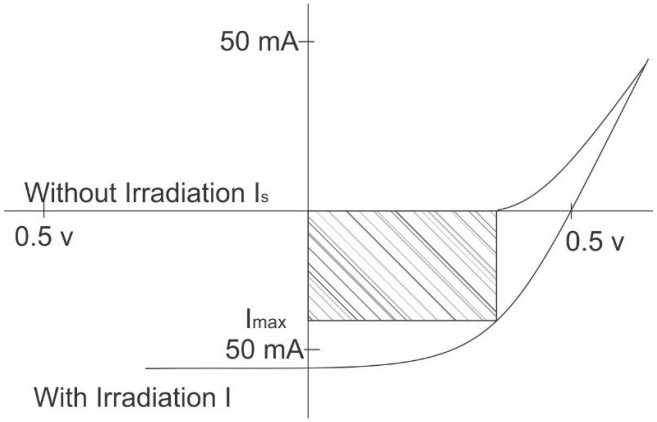
2) Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Arus listrik mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.

3) Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

(Albahar, 2020).

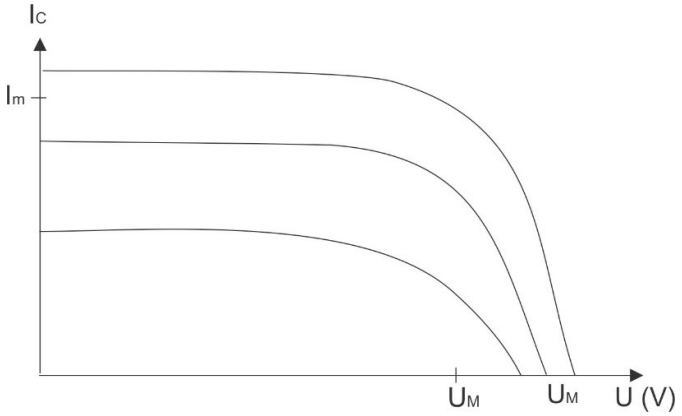
Pada dasarnya sel surya adalah suatu prinsip dioda dengan daerah luas permukaan yang lebih lebar. Dari **Gambar 2.5** menunjukkan bahwa kurva dari arus (I) dan

tegangan (V) sebagai suatu dioda dalam 2 kondisi, yaitu pada saat kondisi (i) dimana sel surya terkena iradiasi dan kondisi (ii) pada saat tidak terkena iradiasi.



Gambar 2.5 Kurva keadaan arus (I) dan tegangan (V) (Wibawa, 2008).

Daya yang dihasilkan oleh sel surya sangat dipengaruhi oleh besarnya kuat sinar yang diterima oleh sel surya. **Gambar 2.6** memperlihatkan pengaruh kuat sinar terhadap daya yang dihasilkan (Wibawa, 2008).



Gambar 2.6 Kuat sinar terhadap daya yang dihasilkan (Putri, 2015).

Sel surya memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, yang mana cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak mempunyai sifat dualisme gelombang, yaitu dapat sebagai gelombang dan sebagai partikel yang biasa disebut dengan foton. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh seorang fisikawan ternama

yaitu Einstein pada tahun 1905. Besarnya energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya, dengan panjang gelombang tertentu dapat dicari dengan **Persamaan 2.1** berikut.

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \tag{2.1}$$

dengan:

h = konstanta *Plancks* (6,62 x 10^{-34} J. s)

c = kecepatan cahaya dalam vacuum (3 x 10^{8} m/s)

E = Energi (Joule)

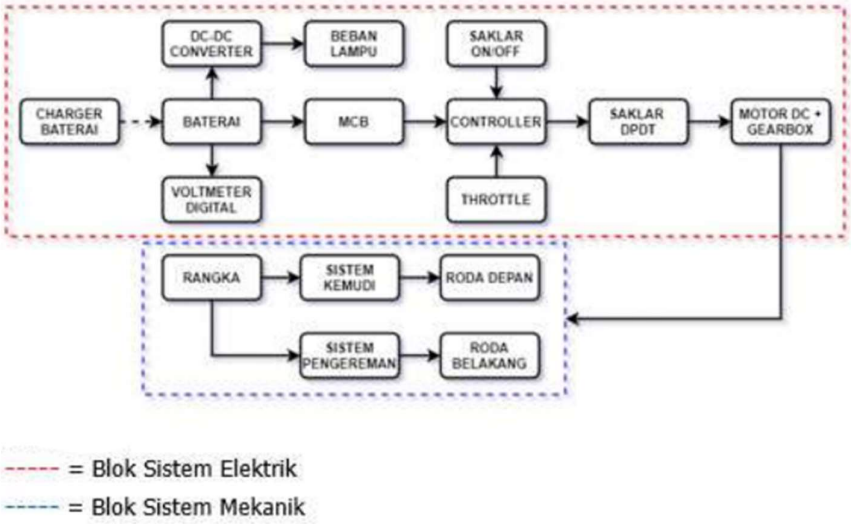
λ = panjang gelombang cahaya (meter)

Persamaan diatas menunjukkan bahwa foton dapat dilihat sebagai sebuah gelombang dengan nilai panjang gelombang tertentu (Green, 2006).

2.3 Mobil Listrik

Berbagai pabrikan kini sudah mulai memproduksi mobil listrik. Hal ini dilakukan sebagai salah satu upaya mengurangi dampak pemanasan *global. International Energy Agency* menetapkan target untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang terkait dengan energi sekitar 15 Gigaton pada tahun 2050. Target ini berarti mengurangi setengah dari total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tahun 2013 sebesar 33 Gigaton. Sektor transportasi menyumbang emisi gas yang cukup besar, yaitu sebesar 23 % dari total emisi gas rumah kaca. Pengurangan emisi gas rumah kaca yang dibutuhkan untuk membatasi pemanasan global hingga kurang dari 2 C kemungkinan tidak dapat tercapai tanpa kontribusi besar dari sektor transportasi (Parinduri, 2018).

Mobil listrik dapat bergerak karena terdapat komponen motor listrik. Salah satunya adalah motor listrik DC. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Motor DC memiliki yaitu kutub magnet dan komutator. Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan dinamo dan arus medan. Tampilan mobil listrik dapat dilihat pada **Gambar 2.7** berikut.



Gambar 2.7 Diagram Blok Sistem Mobil Listrik (Rizky, 2022).

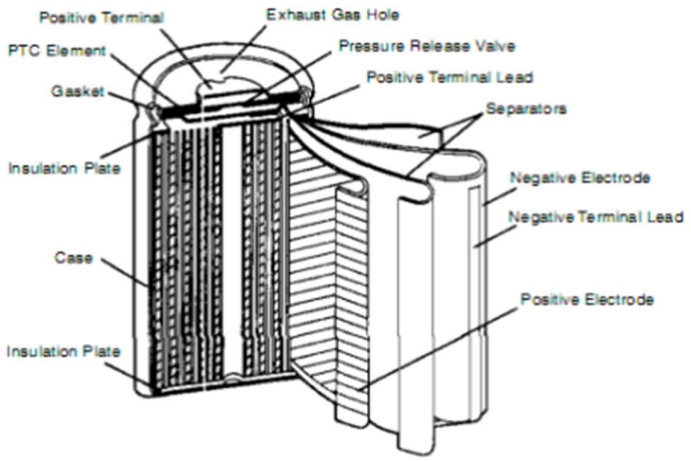
Rangka mobil atau sering disebut *chasis* mobil adalah bagian dari kendaraan yang mendukung mesin, kopling, transmisi, sistem, sistem rem, bodi, differensial dan komponen lainya. Rangka mobil umumnya mempunyai banyak variasi bentuk. Pada umumnya, rangka disusun dari dua buah balok memanjang dan dihubungkan dengan balok melintang. Bagian depan rangkaian dibuat sedikit mengecil ke dalam yang berfungsi sebagai tempat pemasangan sistem kemudi untuk dapat memberikan keleluasaan penggerakan kemudi. Pengereman adalah perubahan

tenaga kinetis (gerak) menjadi tenaga panas yang timbul karena gesekan pada tromol dengan kanvas dan roda dengan jalan. Proses pengereman adalah dari saat keterkejutan pengemudi waktu menginjak pedal rem, hingga terjadi perlambatan kendaraan sampai pedal rem dilepas lagi, terbagi dalam 5 hal yaitu pada waktu melihat jalan/keadaan, reaksi pengemudi, gerak bebas torak dan waktu reaksi serta waktu pengereman. Agar lebih cepat*, gear* pada poros belakang mobil diperbesar. Semakin besar dimeter *gear* yang digerakkan, ini berarti semakin kecil rpm yang dihasilkan dan torsi yang dihasilkan lebih besar dari pada penggerak, sehingga dapat membuat akselerasi yang bagus (Rahma, 2020).

2.4 Baterai

Baterai adalah sebuah sumber energi yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan seperti perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti *handphone*, laptop, dan mainan *remote control* menggunakan baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya baterai, tidak perlu menyambungkan kabel listrik ke terimanal untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Setiap baterai terdiri dari terminal positif (Katoda) dan terminal negatif (Anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Keluaran arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC *(Direct Current*). Pada umumnya, baterai terdiri dari 2 jenis utama yakni baterai primer yang hanya dapat sekali pakai (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*). Jenis baterai yang popular digunakan saat ini yaitu jenis baterai *lithium ion*. Baterai *lithium ion*

adalah baterai isi ulang yang digunakan dalam perangkat elektronik portabel. Baterai ini terdiri dari anoda, separator, elektrolit dan katoda. Elektroda positif dan elektroda negatif terdiri dari dua bagian, yaitu masuk dan keluarnya bahan aktif atau *ion lithium*, dan bagian pengumpul elektron yang disebut kolektor arus.



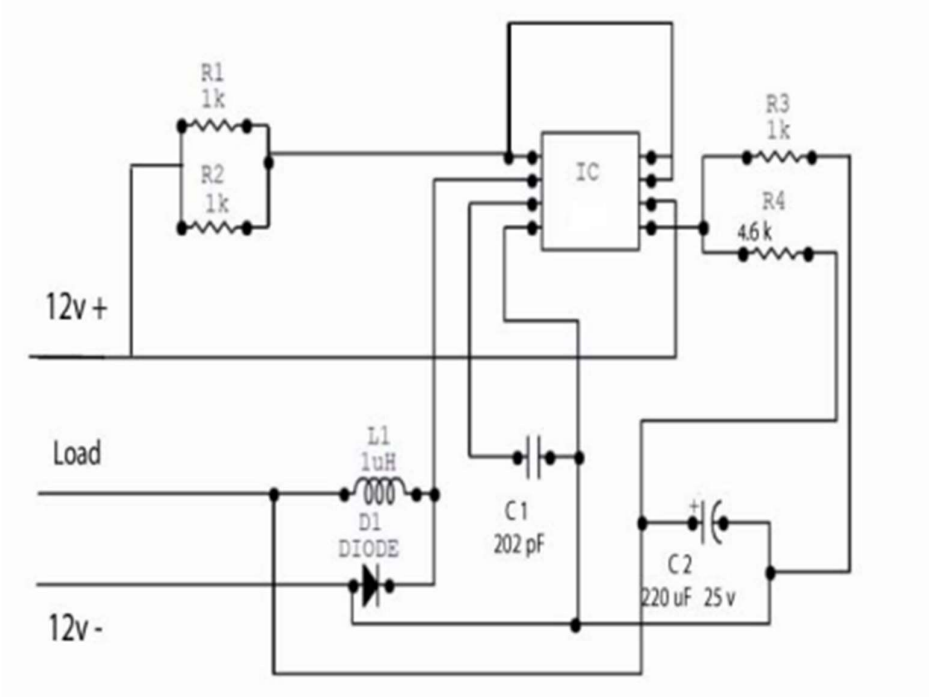
Gambar 2.8 Struktur Baterai Li-Ion bentuk Silinder (Prayogo, 2010).

Permintaan baterai Lithium-Ion Battery dari tahun ke tahun selalu meningkat dan juga permintaan akan kemampuan menyimpan energi yang lebih lama dan juga siklus hidup yang meningkat, itu semua berkaitan dengan perkembangan dunia industri elektronika dan telekomunikasi yang berkembang sedemikian cepat. misalnya telepon selular, komputer tablet ataupun mobil listrik. Lithium-Ion Battery adalah baterai dapat menyimpan energi listrik dalam jangka waktu yang panjang, dan salah satu faktor yang mempengaruhi sifatnya adalah kualitas bahan elektroda (anoda/katoda), di samping faktor lainnya. Dan salah satu usaha untuk memperbaiki performa dari baterai, maka salah satu jalannya adalah memperbaiki kualitas dari elektroda yang digunakan (Perdana, 2020).

Lithium Iron Phospate ($LiFePO_4$) telah diperkenalkan sebagai bahan untuk katoda pada baterai Li-ion oleh Padhi et al. pada tahun 1997. $LiFePO_4$memiliki berbagai keunggulan diantaranya berbiaya rendah, tegangan kerja tinggi (kurva tegangan mendekati linear pada 3,4 V dibandingkan dengan bahan litium), kapasitas spesifik tinggi (170 mAh dibandingkan 100 mAh pada $LiCoO_2$), memiliki kestabilan yang baik pada suhu tinggi, *life cycle* yang panjang (lebih dari 1000 siklus pemakaian) dan ramah lingkungan. $LiFePO_4$adalah logam mineral alami yang memiliki nama *Triphylite* (Satriadi, 2016).

2.5 *Charge Controller*

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi kebaterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* mengatur kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh (*overcharging*) dan kelebihan voltase dari panel surya/solar sel. *Charge Controller* panel surya terbagi 2 yaitu PWM (*Pulse With Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). *Charge Controller* PWM (*Pulse Wide Modulation*) merupakan *charge controller* yang menggunakan 'lebar' pulse dari *on* dan *off electrikal*, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. *Charge controller* PWM adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecas baterai dari panel surya dengan mengunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Tampilan dari *charge controller* dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Skematik *Charge controller* (Al-Mamun, 2013).

Penggunaan *charger* baterai dengan sistem *cut-off* sendiri merupakan sebuah terobosan yang digunakan untuk mengatasi keluhan mengenai keawetan baterai yang dipengaruhi oleh kelebihan muatan (*over charging*). Sistem *cut-off* ini bekerja apabila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis, atau terhenti sesuai dengan setting yang diberikan, sehingga indikator menyala menandakan baterai telah terisi penuh. *Charger* dibuat sedemikian rupa untuk menunjang keawetan dan keamanan baterai (Sardju, 2021).

Dalam *charging* mode, umumnya baterai diisi dengan metoda *three stage charging*:

1. Fase *bulk*: baterai akan di-*charge* sesuai dengan tegangan *setup* (*bulk* - antara 14,4 – 14,6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup* (*bulk*) dimulailah fase *absorption*.

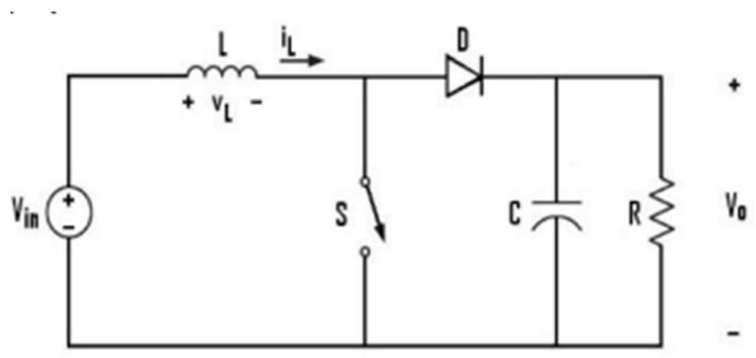
2. Fase *absorption*: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

3. Fase *flloat*: baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13,4 – 13,7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimun dari panel surya pada *stage* ini.

2.6 *Boost Converter*

Boost Converter adalah sebuah rangkaian elektronik untuk keperluan *power supply. Boost Converter* dikenal juga sebagai konverter penaik tegangan DC ke DC, sama halnya dengan *buck-converter*, *boost converter* menggunakan sistem SMPS (*switched-mode power supply*) yang mempunyai setidaknya dua buah komponen semi konduktor sebagai *switch* sehingga dengan menggunakan sistem seperti ini diharapkan dapat lebih efisien dalam mengkonversi tegangan DC (Prianto, 2020).

Boost converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan output lebih besar dari tegangan inputnya. Tegangan *output* yang dihasilkan dari *boost converter* memiliki polaritas yang sama dengan tegangan *input*. Konverter ini bekerja secara periodik saat saklar terbuka dan tertutup. Rangkaian sederhana *boost converter* dapat dilihat pada **Gambar 2.10** berikut.



Gambar 2.10 *Boost Converter* (Febrianto, 2018).

Boost converter bekerja pada dua kondisi yaitu saat saklar *ON* dan saat saklar *OFF*. Ketika saklar pada kondisi *ON*, dioda menjadi *reverse* bias sehingga besarnya arus induktor sama dengan arus masukan. Pada kondisi ini induktor akan menyimpan energi. Sedangkan ketika saklar pada kondisi *OFF*, dioda akan menjadi *forward* bias dan induktor akan melepaskan energi yang telah tersimpan sebelumnya. Sehingga pada kondisi ini besarnya tegangan beban adalah tegangan masukan ditambah dengan tegangan. Besarnya tegangan keluaran dari *boost converter* ditentukan berdasarkan **Persamaan 2.2**.

$$V_0 = \frac{V_i}{1-D} \tag{2.2}$$

Keterangan:

$V_0 =$ tegangan keluaran (volt)

$V_i =$ tegangan masukan (volt)

$D =$ *duty cycle* (%)

(Febrianto, 2018).

2.7 *Internet Of Things*

Pengggunaan komputer dimasa datang mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan kemampuan komputasi manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet atau disebut dengan *Internet Of Things* (IoT). IoT memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet. Hal ini berspekulasi bahwa disebagian waktu dekat komunikasi antara komputer dan peralatan elektronik mampu bertukar informasi di antara mereka sehingga mengurangi interaksi manusia. Hal ini juga akan membuat pengguna internet semangkin meningkat dengan berbagai fasilitas dan layanan internet (Junaidi, 2015).

Internet of Things mengacu pada pengidentifikasian suatu objek yang direpresentasikan secara virtual di dunia maya atau internet. Jadi dapat dikatakan bahwa *Internet of Things* adalah bagaimana suatu objek yang nyata di dunia ini digambarkan di dunia maya (Adani, 2019).

IoT dapat menciptakan sebuah lingkungan internet yang lengkap dan memudahkan masyarakat untuk mengakses berbagai teknologi pintar yang telah terintegrasi dengan otomasi yang dapat digunakan kapanpun, dan dimanapun. IoT mempunyai tiga karakteristik utama yaitu sebagai berikut.

1) Objek-objek diberi perangkat/alat pengukur,
2) Terminal-terminal otonom yang saling terhubung, dan
3) Layanan-layanan yang bersifat cerdas.

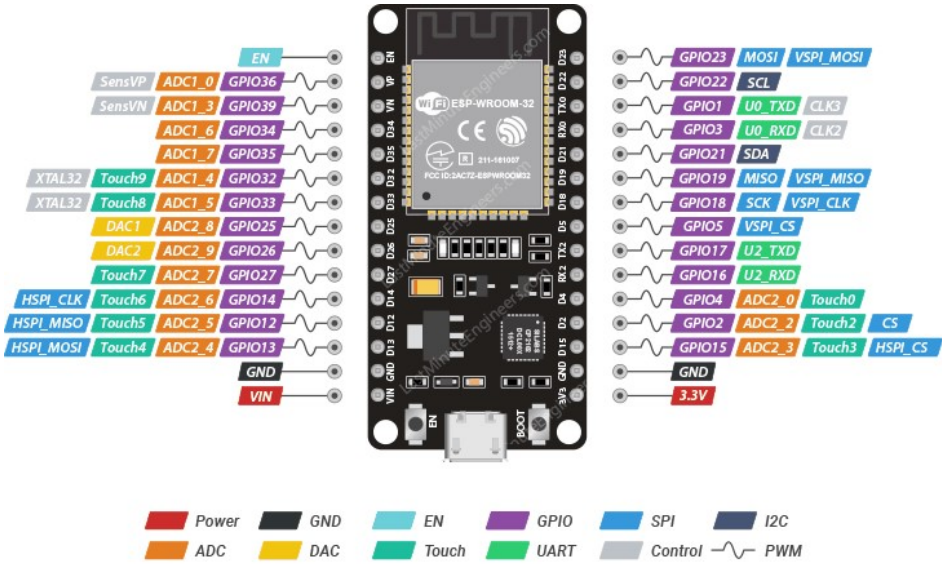
IoT yang telah memiliki 3 komponen penting ini, dapat menjalankan berbagai perintah, dengan cara sebagai berikut.

1) Perangkat akan terhubung dengan *platform* IoT,
2) Perangkat mengintegrasikan data-data dari berbagai perangkat dengan bantuan internet.
3) Penerapan cara analisis terhadap data yang diperoleh *platform* IoT yang kuat dapat menunjukkan dengan tepat informasi apa yang berguna dan apa yang dapat diabaikan.
4) Informasi dapat digunakan untuk mendeteksi pola, membuat rekomendasi, dan mendeteksi kemungkinan masalah sebelum terjadi.

(Megawati, 2021).

2.8 NodeMCU ESP 32

Mikrokontroler ESP32 sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul *WiFi* dan *bluetooth* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things.* Memiliki 15 ADC (*Analog Digital Converter*), 2 DAC (*digital to analog converter*), 16 PWM, 10 Sensor sentuh, 2 jalur antarmuka UART, pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI. Bentuk dari NodeMCU ESP 32 dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 NodeMCU ESP 32 (Muliadi, 2020).

Berikut ini adalah spesifikasi NodeMCU ESP32 DEVKIT V1:

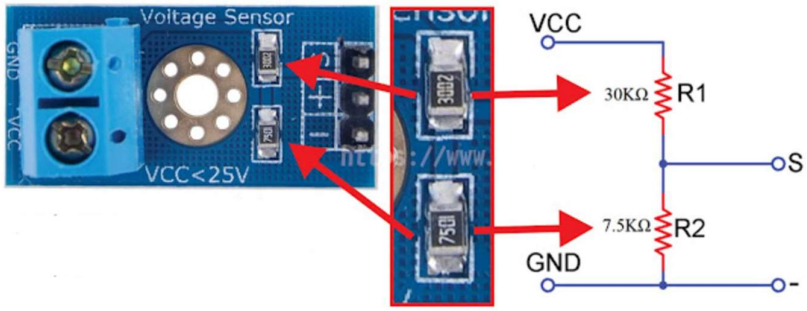
a. Tegangan *input*: 3,3 – 5 V.
b. Tegangan operasi: 3,3 V.
c. Jumlah pin: 30 meliputi pin tegangan dan GPIO.
d. 15 pin ADC (*Analog to Digital Converter*)
e. 3 UART *Interface*
f. 3 SPI Interface
g. 2 I2C Interface
h. 25 pin PWM (*Pulse Width Modulation*)
i. 2 pin DAC (*Digital to Analog Converter*)
j. *Flash memory:* 4MB.
k. *Clock speed*: 240 MHz.
l. *Wi-Fi*: 802.11 b/g/n/e/i.
m. Frekuensi: 2,4 GHz – 22,5 GHz.
n. USB *port*: *micro* USB

(Indrawan dkk, 2020).

2.9 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan berperan dalam mengukur tegangan listrik. Dalam bekerja, sensor ini menggunakan prinsip tekanan resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal berkurang 5 kali dari tegangan asli (Winata dkk., 2016). Sensor

tegangan yang digunakan yaitu jenis ZMPT101B, sensor ZMPT101B digunakan untuk memantau parameter tegangan dan dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah ultra micro voltage transformer, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya. Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101B ini diantaranya adalah: a. Sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih. b. Sebagai *ground fault detection*. c. Pengukuran besaran listrik. d. Sebagai perangkat untuk *analog to digital converter*. Prinsip kerja sensor tegangan ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Prinsip kerja sensor Tegangan DC (Mursid, 2011).

2.10 *Thingspeak*

Thingspeak merupakan layanan yang berisi aplikasi dan *application programming interface* (API) yang bersifat *open source* untuk menyimpan dan mengambil data dari berbagai perangkat yang menggunakan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) melalui Internet atau melalui LAN (*Local Area Network*). Dengan menggunakan media *Thingspeak* dapat membuat aplikasi *logging sensor*, aplikasi pelacakan lokasi, dan jaringan sosial dari segala sesuatu yang terhubung ke internet dengan mudah dan dapat dilakukan secara *real-time* (Chwalisz, 2019).

Thingspeak juga menyediakan beberapa toolbox MATLAB, apabila kita login menggunakan akun MATLAB yang telah berllisensi. Berikut adalah beberapa toolbox MATLAB yang dapat digunakan pada Thingspeak.

1. *Statistics and Machine Learning Toolbox*
2. *Curve Fitting Toolbox*
3. *Control System Toolbox*
4. *Signal Processing Toolbox*
5. *Mapping Toolbox*
6. *System Identification Toolbox*
7. *Neural Network Toolbox*
8. *DSP System Toolbox*
9. *Datafeed Toolbox*
10. *Financial Toolbox*

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan Maret sampai Juli 2022.

3.2 Alat dan Bahan

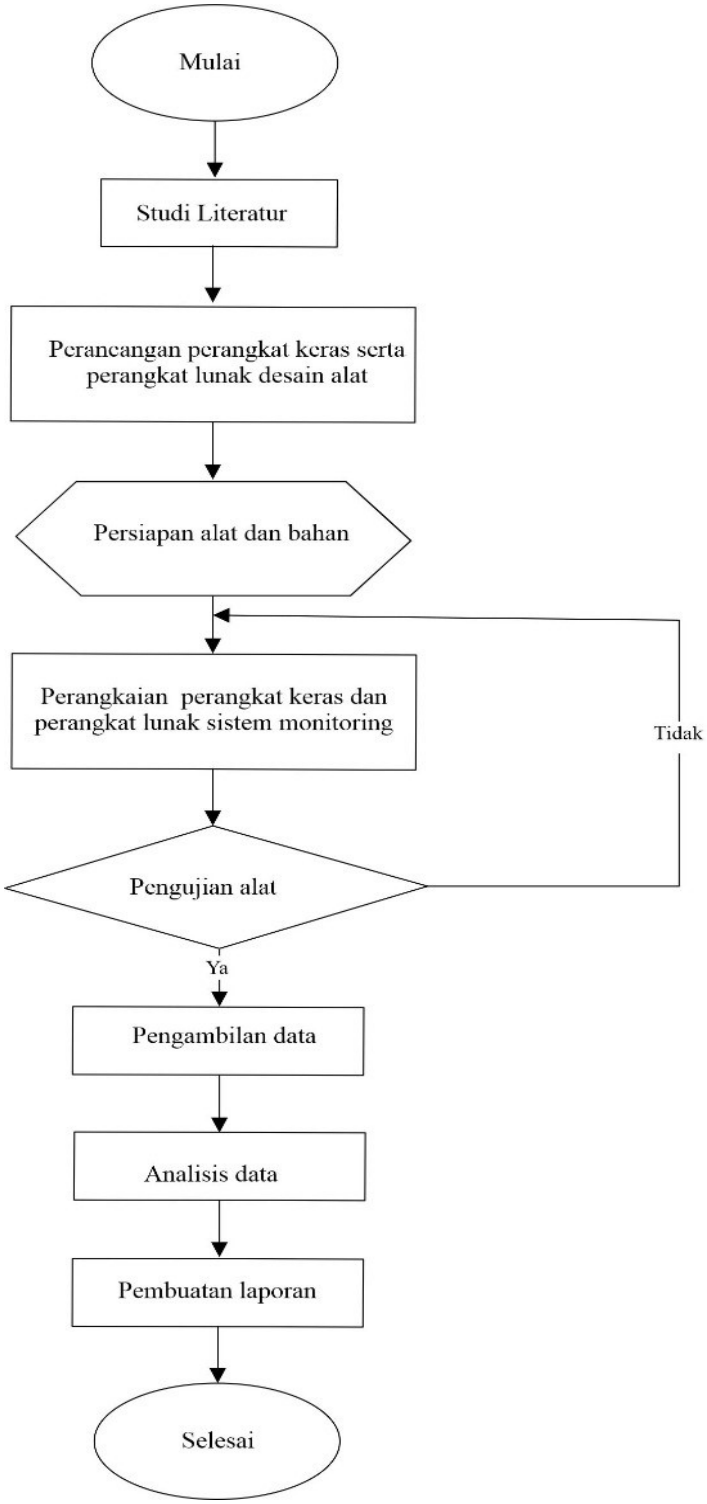
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Panel surya 100 Wp, digunakan sebagai sumber pengisian pada sistem pengisian daya.
2. Dudukan panel surya, digunakan untuk meletakan panel surya.
3. Kabel penghubung, digunakan untuk penghubung antara panel surya dengan rangkaian dan alat lainnya.
4. Rangkaian *boost converter*, digunakan untuk meningkatkan tegangan dalam pengisian multi-baterai.
5. *Charge controler* digunakan untuk *memanagement* proses pengisian baterai agar tidak terjadi *overcharging*.
6. Baterai *Lithium Ion*, digunakan sebagai media penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya.
7. Sensor Tegangan DC, digunakan untuk mengukur tegangan pada listrik DC.

8. NodeMCU ESP32, digunakan sebagai mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi) untuk sistem monitoring.
9. *Thingspeak*, digunakan sebagai media menyimpan data.
10. *WhatsApp,* digunakan sebagai media kontrol pengisian daya.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap perancangan dan pembuatan sistem, serta pengujian dan kalibrasi sensor, pembuatan sistem IoT, pengambilan data dan analisis data. Secara keseluruhan, tahapan pembuatan sitem monitoring pengisian daya multi-baterai mobil listrik dengan sel surya berbasis *internet of things* (IoT) disajikan dalam diagram alir yang ditunjukkan seperti pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

1. Tahapan perancangan sistem monitoring dilakukan untuk membuat rancangan perangkat keras sistem monitoring. Perangkat keras pada sistem

monitoring ini terdiri atas sensor, NodeMCU ESP32 dan LCD I2C. Sensor yang digunakan antara lain sensor tegangan DC dengan tegangan maksimum 60 volt. Desain tampilan bagian luar dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2.**

Gambar 3.2 Desain sistem monitoring.

2. Tahap pengujian sensor tegangan dilakukan dengan membandingkan nilai *output* hasil pengukuran tagangan dengan instrumen pembanding yang telah terkalibrasi. Mekanisme pengujian pada tegangan baterai dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pengukuran seperti pada kalibarasi. **Tabel 3.1** menunjukkan data pengujian pengukuran tegangan yang diambil dengan menggunakan beberapa tegangan referensi dari *power supply* kemudian akan diukur menggunakan instrumen pembanding berupa multimeter Deli DL4890 dan sensor tegangan DC pada perangkat monitoring.

Tabel 3.1 Data pengujian pengukuran tegangan pada sensor tegangan DC

No.	Tegangan Referensi (V)	Tegangan multimeter (V)	Tegangan yang Terukur pada Sensor Tegangan DC (V)		
			1	2	3
1					
2					
3					
4					
5					

Data hasil pengujian pengukuran tegangan dan arus tersebut digunakan untuk menghitung persentase kesalahan (*error*), *akurasi* dan *presisi* dari sensor dalam pengukuran tegangan dan arus dengan menggunakan **Persamaan 3.1-3.3.**

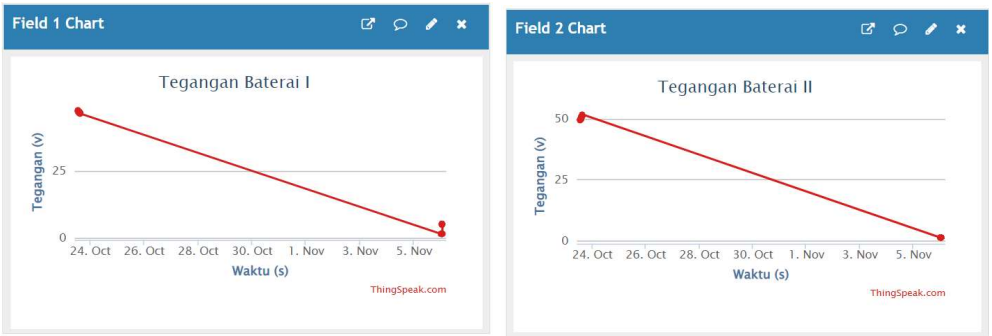
$$\%Error = \frac{Y - X_n}{Y} \times 100\% \tag{3.1}$$

$$\%Akurasi = \left(1 - \left|\frac{Y - X_n}{Y}\right|\right) \times 100\% \tag{3.2}$$

$$\%Presisi = \left(1 - \left|\frac{X_{n-\overline{X_n}}}{\overline{X_n}}\right|\right) \times 100\% \tag{3.3}$$

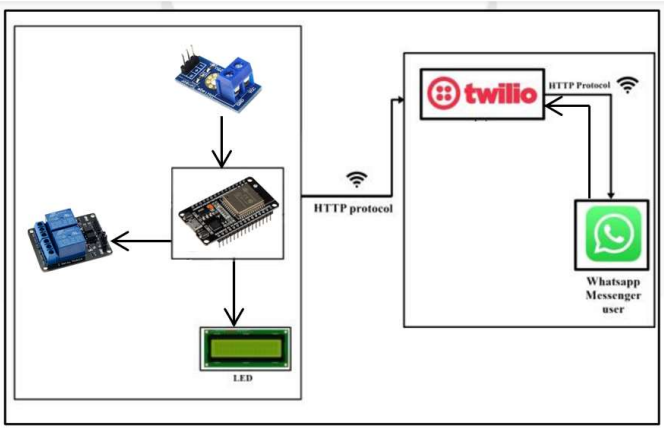
Dengan Y adalah nilai parameter *referensi*, X_n adalah nilai parameter terukur ke-*n*, $\overline{X_n}$ adalah rata-rata nilai parameter *n* terukur (Jones dan Chin, 1991).

3. Tahap perancangan sistem IoT dilakukan dengan membuat *interface* hasil monitoring ke dalam *website* sehingga pemantauan bisa dilakukan melalui jaringan internet. Sistem IoT yang digunakan dibuat menggunakan *Thingspeak* seperti **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Rancangan Tampilan hasil monitoring pada *Thingspeak.*

4. Pembuatan sistem kontrol pengisian daya menggunakan aplikasi *WhatsApp Bot* menggunakan *platform Twilio* seperti **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Rancangan sistem kontrol.

5. Tahap pengambilan data dilakukan dengan memasukkan parameter tegangan, kemudian mencatat hasil yang dikeluarkan oleh sistem melalui LCD dan juga melalui *Thingspeak* yang telah dibuat. Data yang diperoleh kemudian akan dianalisis dan dibahas.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan sarana transportasi terutama transportasi pribadi kini sudah sangat jauh berkembang. Hal ini dapat dilihat dari bentuk kendaraan, material yang digunakan dalam bahan pembuatan dan bahan bakar yang tidak menggunakan bahan bakar minyak. Perkembangan ini terlihat dari munculnya mobil listrik. Mobil ini menjadi kendaraan alternatif yang ramah lingkungan dan diharapkan mampu mengurangi penggunakan bahan bakar fosil secara signifikan. Beberapa kelebihan mobil listrik dengan mobil berbahan bakar cair adalah suara yang halus, tidak berbau, dan bebas dari asap (Efendi, 2020).

Mobil listrik ini masih memiliki banyak keunggunlan lain. Namun banyak juga terdapat beberapa kelemahan yang dimiliki mobil listrik pada saat ini. Baik dalam pengisian daya listrik pada mobil maupun masalah pada mobilnya sendiri. Mobil listrik membutuhkan pengisian daya untuk mengisi daya pada baterai yang digunakan. Namun pada wilayah Indonesia, stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) masih belum tersebar. Bahkan SPKLU masih hanya terdapat di beberapa kota besar di Indonesia dengan kuantitas yang masih terbilang masih sedikit (Wibowo, 2012).

Kurang berkembangnya SPKLU menjadi salah satu pertimbangan penggunaan mobil listrik di Indonesia masih terbilang cukup sedikit. Untuk itu perlu adanya pengembangan yang efektif dan sangat diperlukan untuk kebutuhan mobil listrik dimasa depan. Salah satunya pengembangan pada pengisian daya pada mobil listrik (Suhendra, 2019).

Baterai pada mobil listrik menjadi salah satu komponen terpenting. Peran baterai yang begitu penting menjadi pusat perhatian para peneliti untuk menemukan baterai yang memiliki efisiensi paling tinggi. Baterai pada mobil listrik berfungsi sebagai *supply* energi agar mobil listrik dapat dioperasikan. Baterai memiliki kapasitas tertentu dalam menyimpan energi listrik sehingga energi listrik pada baterai akan dapat habis jika digunakan dalam kurun waktu tertentu. Semakin besar kapasitas baterai, maka semakin besar juga energi yang dapat disimpan oleh baterai. Pada bidang material yang semakin maju, sedikit demi sedikit terjadi peralihan penggunaan baterai Lithium sebagai pengganti baterai asam timbal. Baterai Lithium memiliki banyak keunggulan, antara lain: memiliki kerapatan energi yang tinggi dan mampu bertahan relatif lebih lama (Junaidi, 2016).

Pengisian daya pada baterai tentu sangat mempengaruhi keawetan serta kondisi dari baterai. Pengisian daya pada baterai mobil listrik sangat tidak aman untuk usia baterai jika baterai tidak segera dilepas dari penghubung daya ketika pengisian telah penuh. Untuk efisiensi pengisian dan penggunaan baterai maka diperlukannya aktifitas dalam pengumpulan informasi (monitoring*)* dari baterai mobil listrik. Pada dasarnya kondisi baterai dapat dilihat dari tegangan (*volatage*), arus (*current*) dan daya (*power*). Tegangan, arus dan daya dapat diukur menggunakan multimeter. Namun untuk mendapatkan data secara digital dapat menggunakan sensor.

Penggunaan sensor juga dapat mendukung dalam memonitor pengisian dan penggunaan baterai mobil listrik dengan bentuk dan konsumsi daya yang cukup kecil.

Secara konsep monitoring dapat dilakukan dengan secara kabel maupun secara nirkabel. Monitoring secara nirkabel dapat mempermudah memonitor saat mobil dalam keadaan bergerak. Monitoring secara nirkabel pada umumnya menggunakan internet sebagai sarana transmisi data atau dapat disebut dengan *internet of things* (IoT). Monitoring menggunakan IoT berupa komunikasi *machine to machine* (M2M) dengan memanfaatkan protokol *message queueing telementry transport* (MQTT). MQTT menggunakan arsitektur *publish*/*subscribe* yang dirancang secara terbuka dan mudah untuk diimplementasikan yang mampu menangani ribuan *client* jarak jauh dengan hanya satu server (Handarly, 2018).

Berkaitan dengan sistem monitoring pada mobil listrik, Ashari dkk (2018) melakukan penelitian tentang sistem monitoring dan manajemen baterai pada mobil listrik yang pertama akan dibaca kapasitas baterai dan juga kecepatan serta rpm pada as roda oleh sensor pembagi tegangan dan sensor kecepatan kemudian akan diproses pada mikrokontroler untuk mendapatkan info kapasitas baterai, kecepatan mobil, serta estimasi jarak tempuh maksimal, setelah mendapatkan informasi maka seluruh data akan ditampilkan pada LCD secara realtime. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hilmansyah dkk (2020) yaitu rancang bangun *wireless battery monitoring system* berbasis NodeMCU ESP32 yang langsung terhubung pada *platform Thingspeak* sebagai media menampilkan data secara *real-time.* Penelitian lainnya dilakukan oleh Setiaji dkk (2018) dimulai dengan membaca data sensor dari sensor tegangan dan sensor ACS712 pada panel surya dan sensor tegangan pada

baterai. Nilai tegangan yang didapat dibandingkan dengan *setpoint* yang telah ditetapkan. Terdapat 3 kondisi pada proses *charging*, yaitu *charging, battery full* dan *battery supply*. Sistem ini menggunakan internet yang terintegrasi *database* dan aplikasi *android* sebagai media untuk melakukan monitoring daya secara *real-time* dan *online* sehingga sistem berjalan dengan prinsip IoT.

Berdasarkan penjelasan di atas, mendorong penulis untuk membuat sistem monitoring pengisian dan penggunaan baterai mobil listrik berbasis IoT untuk memonitor kondisi baterai. Dalam penelitian ini akan dibuat sebuah sistem monitoring yang dapat mengklasifikasikan hasil monitoring baterai mobil listrik berdasarkan tegangan dari baterai yang sedang digunakan dan yang sedang diisi menggunakan sistem *charging* dengan panel surya. Sistem monitoring berikut menggunakan *voltage* sensor DC. Selain itu akan digunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler serta media penghubung ke internet. Sebelum digunakan, semua sensor akan dikalibarsi dan diuji tingkat sensitivitasinya. Rangkaian keseluruhan diharapkan dapat menentukan hasil monitoring kapasitas baterai dengan akurat. Setelah itu data akan ditampilkan ke LCD dan juga dapat dilihat secara *real-time* dan tersimpan dalam media *Thingspeak* serta dapat diakses menggunakan *website*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

a. Bagaimana merancang dan mengembangkan perangkat keras serta perangkat lunak agar dapat memonitor kapasitas multi-baterai pada mobil listrik menggunakan IoT?.

b. Bagaimana keakuratan penyampaian informasi kapasitas multi-baterai menggunakan IoT?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Mendapatkan prototipe perangkat keras dan lunak sistem monitoring multi-baterai pada mobil listrik menggunakan IoT.
b. Mengetahui keakuratan penyampaian informasi kapasitas baterai menggunakan IoT.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Terealisasinya sistem monitoring pengisian daya multi-baterai mobil listrik dengan menggunakan sel surya berbasis *internet of things* (IoT).
b. Dapat memudahkan dalam memantau kondisi baterai mobil lsitrik dalam jarak jauh.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Penelitian ini mengguanakan panel surya sebagai sumber daya sistem *charging* dalam monitoring.
b. *Boost converter* digunakan untuk meningkatkan tegangan pada sistem *charging*.
c. Penelitian ini menggunakan sensor *voltage* DC yang dimodifikasi untuk tegangan DC 60 volt.

d. NodeMCU modul Wi-Fi ESP32 digunakan sebagai komponen utama dalam sistem IoT.

e. Penelitian ini dilakukan untuk memonitor tegangan multi-baterai dalam jarak jauh.

f. *Thingspeak* digunakan untuk monitoring sistem IoT.

II. TINJAUAN PUSTAKA

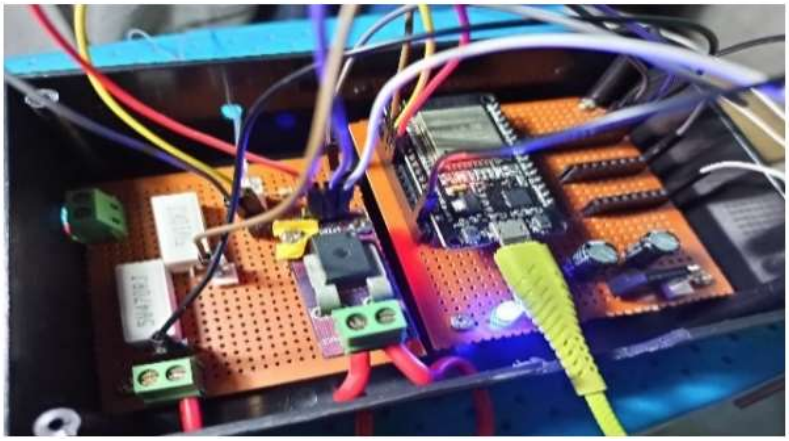
2.1 Penelitian Terkait

Penelitian untuk monitoring berbasis IoT telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung penelitian ini.

Ashari *et al* (2018) melakukan penelitian sistem monitoring dan manajemen baterai pada mobil listrik. Monitoring ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (*on the track*) dan dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan. Pada pelaksanaannya, monitoring dilakukan ketika suatu proses sedang berlangsung. Sistem monitoring dan manajemen baterai adalah perangkat elektronik yang dapat memantau keadaan baterai, menghitung data sekunder, melaporkan data baterai, menjaga kesehatan maupun keseimbangan baterai, serta memperkirakan energi tersisa yang dapat digunakan. Sebuah sistem monitoring dan manajemen baterai dapat memantau kondisi dari baterai melalui beberapa variabel. Pada penelitian ini didapat hasil pengukuran untuk pembacaan refrensi tegangan pada rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan pembanding

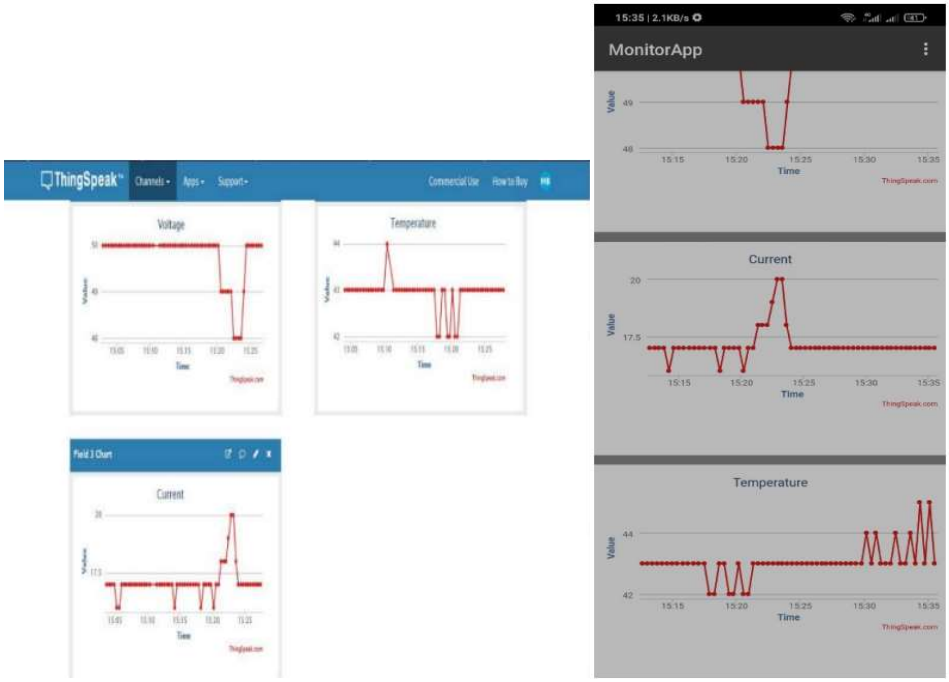
berupa voltmeter digital memiliki nilai rata-rata error yang rendah pada nilai 0,129.

Hilmansyah *et al* (2020) melakukan penelitian rancang bangun dalam memantau sistem baterai secara *wireless* berbasis NodeMCU ESP32. Penelitian ini menggunakan *platform Thingspeak* sebagai media penyimpanan data dan juga aplikasi dari *MIT App Inventor* sebagai *interface* data pada *smartphone Android*. **Gambar 2.1** berikut rangkaian sistem alat.



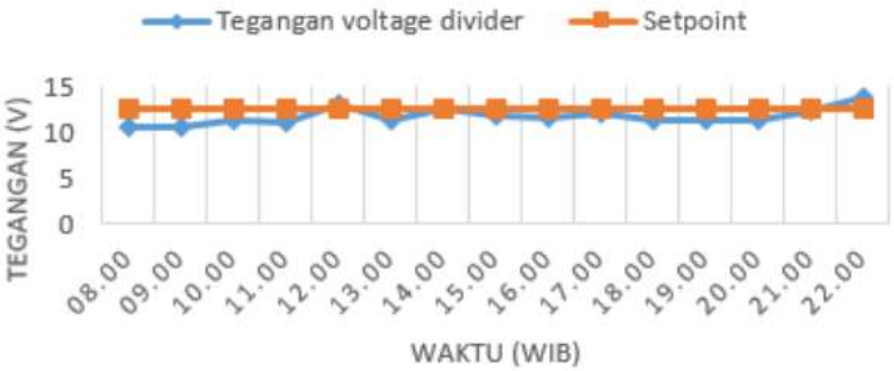
Gambar 2.1 Rangkaian sistem alat (Hilmansyah *et al* 2020).

Firebase dan *Thingspeak* pada sistem monitoring ini dirancang agar proses pemantauan sumber daya baterai dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja melalui *smartphone* yang terhubung ke jaringan internet. Alat ini didesain dan dirancang menggunakan *board mikrokontroler* ESP32 *DevKit* yang dapat mengirimkan data melalui jaringan internet menggunakan modul WiFi yang terhubung dengan sebuah akses poin. Pada **Gambar 2.2** dapat dilihat tampilan pada *platform Tihingspeak* dan *smartphone*.



Gambar 2.2 (a) Tampilan grafik secara *real-time* di *Thingspeak*, (b) Tampilan grafik aplikasi (Hilmansyah et al., 2020).

Setiaji dkk (2018) melakukan penelitian merancang *power monitoring system* pada panel surya. *Power monitoring system* merupakan sebuah sistem yang dapat memantau tegangan (panel surya dan baterai), arus (panel surya), daya (panel surya) dan suhu alat secara *real-time* serta *online* untuk mengetahui optimalisasi panel surya yang digunakan sebagai sumber listrik utama dari *smart open parking*. Untuk mengetahui parameter yang akan diukur maka digunakan sensor ACS712 dan sensor tegangan untuk mengukur parameter dari panel surya (tegangan, arus, dan daya), sensor tegangan untuk mengukur tegangan baterai, dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu alat. Kemudian untuk mengolah data digunakan *Raspberry Pi* 3. Sebagai *server* serta alat untuk menyimpan data ke dalam bentuk database, lalu data dikirim ke internet agar dapat diakses secara *online* dan *realtime.* **Gambar 2.3** menunjukkan data pembacaan tegangan pada *voltage divider*.



Gambar 2.3 Data pembacaan tegangan (Setiaji dkk, 2018).

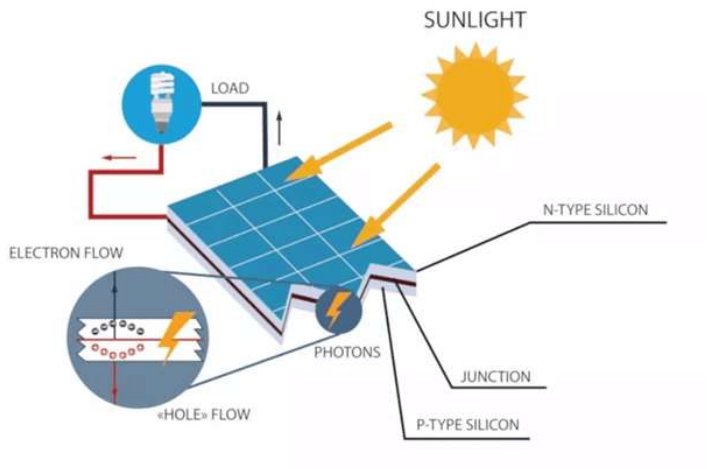
2.2 *Photovoltaic*

Photovoltaic terdiri dari dua kata terpisah yaitu foto dan *voltaic*. Foto berasal dari kata Yunani kuno *Phos* yang berarti cahaya dan *voltaic* berasal dari nama satuan pengukuran arus listrik yaitu volt. *Photovoltaic* disebut juga dalam Bahasa Indonesia dengan fotovoltaik ataupun sel surya. Sel surya adalah piranti *semiconductor* yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik DC (arus searah) dengan menggunakan kristal Si (silikon) yang tipis.

Sebuah Kristal silindris Si diperoleh dengan cara memanaskan Si dengan tekanan yang diatur sehingga Si berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, maka terbentuk sel-sel silikon yang tipis. Sel-sel silikon itu dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari alumunium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel diberi sambungan yang berbeda potensial yang menyatu disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*). Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan akan mengalir arus listrik. Besarnya

arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon dan luas permukaan sel (Ariyono, 2019).

1. Monokristal (*Mono-crystalline*) merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.
2. Polikristal (*Poly-Crystalline*) merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.
3. *Thin Film Photovoltaic* merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis *mikrokristalsilicon* dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polikristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.



Gambar 2.4 Prinsip kerja Panel Surya (Aryza dkk, 2017).

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya seperti pada **Gambar 2.4** adalah sebagai berikut:

1) Cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.

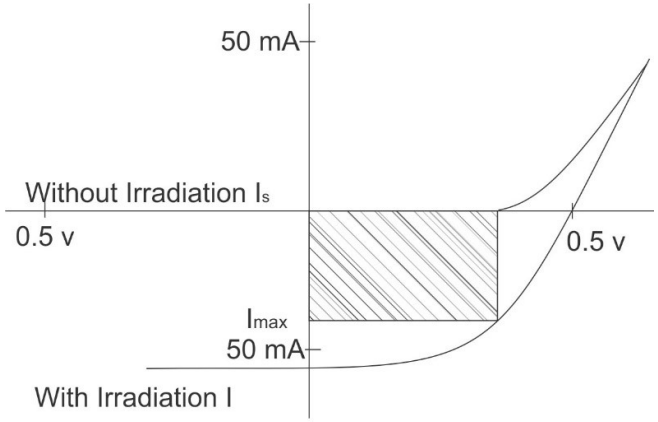
2) Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Arus listrik mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.

3) Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

(Albahar, 2020).

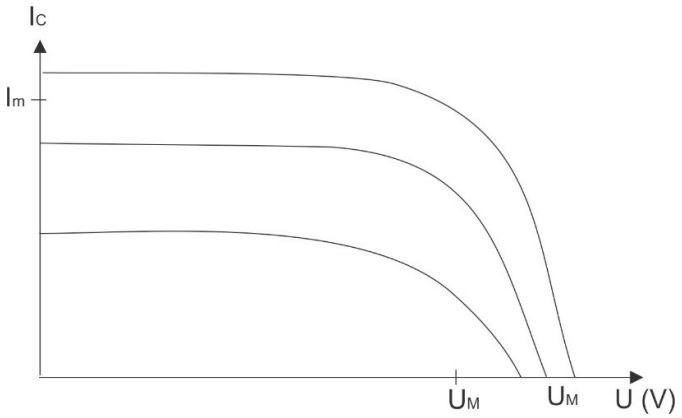
Pada dasarnya sel surya adalah suatu prinsip dioda dengan daerah luas permukaan yang lebih lebar. Dari **Gambar 2.5** menunjukkan bahwa kurva dari arus (I) dan

tegangan (V) sebagai suatu dioda dalam 2 kondisi, yaitu pada saat kondisi (i) dimana sel surya terkena iradiasi dan kondisi (ii) pada saat tidak terkena iradiasi.



Gambar 2.5 Kurva keadaan arus (I) dan tegangan (V) (Wibawa, 2008).

Daya yang dihasilkan oleh sel surya sangat dipengaruhi oleh besarnya kuat sinar yang diterima oleh sel surya. **Gambar 2.6** memperlihatkan pengaruh kuat sinar terhadap daya yang dihasilkan (Wibawa, 2008).



Gambar 2.6 Kuat sinar terhadap daya yang dihasilkan (Putri, 2015).

Sel surya memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, yang mana cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak mempunyai sifat dualisme gelombang, yaitu dapat sebagai gelombang dan sebagai partikel yang biasa disebut dengan foton. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh seorang fisikawan ternama yaitu

Einstein pada tahun 1905. Besarnya energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya, dengan panjang gelombang tertentu dapat dicari dengan **Persamaan 2.1** berikut.

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \tag{2.1}$$

dengan:

h = konstanta *Plancks* (6,62 x 10^{-34} J. s)

c = kecepatan cahaya dalam vacuum (3 x 10^{8} m/s)

E = Energi (Joule)

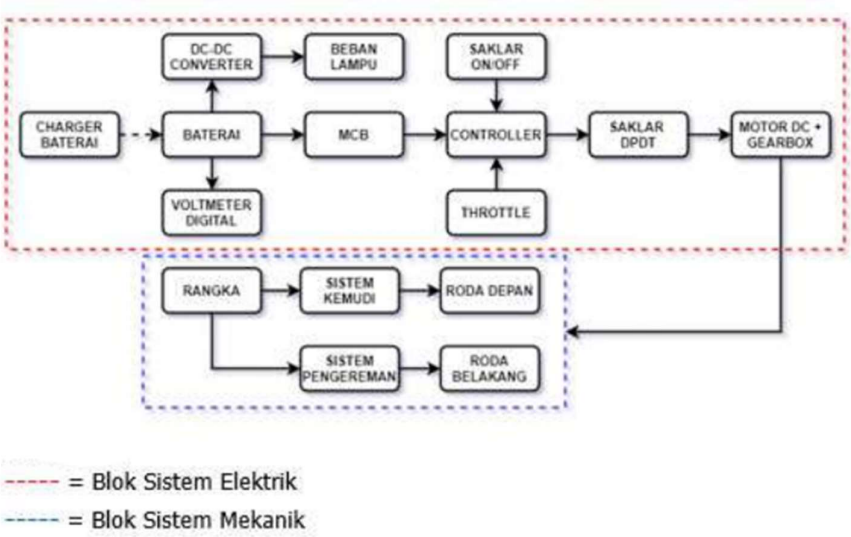
λ = panjang gelombang cahaya (meter)

Persamaan diatas menunjukkan bahwa foton dapat dilihat sebagai sebuah gelombang dengan nilai panjang gelombang tertentu (Green, 2006).

2.3 Mobil Listrik

Berbagai pabrikan kini sudah mulai memproduksi mobil listrik. Hal ini dilakukan sebagai salah satu upaya mengurangi dampak pemanasan *global. International Energy Agency* menetapkan target untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang terkait dengan energi sekitar 15 Gigaton pada tahun 2050. Target ini berarti mengurangi setengah dari total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tahun 2013 sebesar 33 Gigaton. Sektor transportasi menyumbang emisi gas yang cukup besar, yaitu sebesar 23 % dari total emisi gas rumah kaca. Pengurangan emisi gas rumah kaca yang dibutuhkan untuk membatasi pemanasan global hingga kurang dari 2 C kemungkinan tidak dapat tercapai tanpa kontribusi besar dari sektor transportasi (Parinduri, 2018).

Mobil listrik dapat bergerak karena terdapat komponen motor listrik. Salah satunya adalah motor listrik DC. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Motor DC memiliki yaitu kutub magnet dan komutator. Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan dinamo dan arus medan. Tampilan mobil listrik dapat dilihat pada **Gambar 2.7** berikut.



Gambar 2.7 Diagram Blok Sistem Mobil Listrik (Rizky, 2022).

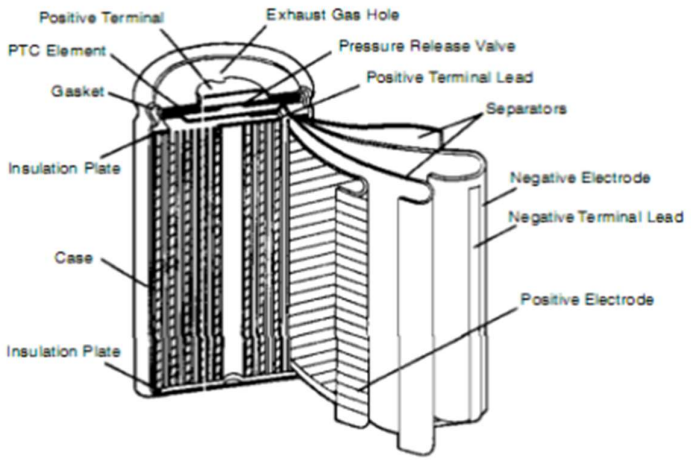
Rangka mobil atau sering disebut *chasis* mobil adalah bagian dari kendaraan yang mendukung mesin, kopling, transmisi, sistem, sistem rem, bodi, differensial dan komponen lainya. Rangka mobil umumnya mempunyai banyak variasi bentuk. Pada umumnya, rangka disusun dari dua buah balok memanjang dan dihubungkan dengan balok melintang. Bagian depan rangkaian dibuat sedikit mengecil ke dalam yang berfungsi sebagai tempat pemasangan sistem kemudi untuk dapat memberikan keleluasaan penggerakan kemudi. Pengereman adalah perubahan tenaga kinetis

(gerak) menjadi tenaga panas yang timbul karena gesekan pada tromol dengan kanvas dan roda dengan jalan. Proses pengereman adalah dari saat keterkejutan pengemudi waktu menginjak pedal rem, hingga terjadi perlambatan kendaraan sampai pedal rem dilepas lagi, terbagi dalam 5 hal yaitu pada waktu melihat jalan/keadaan, reaksi pengemudi, gerak bebas torak dan waktu reaksi serta waktu pengereman. Agar lebih cepat, *gear* pada poros belakang mobil diperbesar. Semakin besar dimeter *gear* yang digerakkan, ini berarti semakin kecil rpm yang dihasilkan dan torsi yang dihasilkan lebih besar dari pada penggerak, sehingga dapat membuat akselerasi yang bagus (Rahma, 2020).

2.4 Baterai

Baterai adalah sebuah sumber energi yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan seperti perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti *handphone*, laptop, dan mainan *remote control* menggunakan baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya baterai, tidak perlu menyambungkan kabel listrik ke terimanal untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Setiap baterai terdiri dari terminal positif (Katoda) dan terminal negatif (Anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Keluaran arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC *(Direct Current*). Pada umumnya, baterai terdiri dari 2 jenis utama yakni baterai primer yang hanya dapat sekali pakai (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*). Jenis baterai yang popular digunakan saat ini yaitu jenis baterai *lithium ion*. Baterai *lithium ion* adalah baterai isi ulang yang

digunakan dalam perangkat elektronik portabel. Baterai ini terdiri dari anoda, separator, elektrolit dan katoda. Elektroda positif dan elektroda negatif terdiri dari dua bagian, yaitu masuk dan keluarnya bahan aktif atau *ion lithium*, dan bagian pengumpul elektron yang disebut kolektor arus.



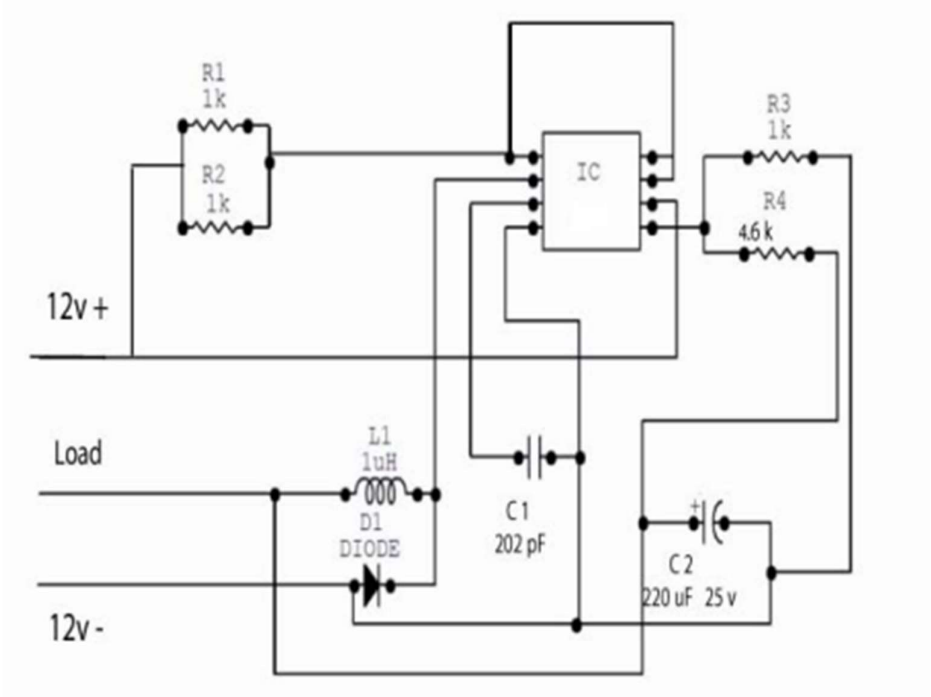
Gambar 2.8 Struktur Baterai Li-Ion bentuk Silinder (Prayogo, 2010).

Permintaan baterai Lithium-Ion Battery dari tahun ke tahun selalu meningkat dan juga permintaan akan kemampuan menyimpan energi yang lebih lama dan juga siklus hidup yang meningkat, itu semua berkaitan dengan perkembangan dunia industri elektronika dan telekomunikasi yang berkembang sedemikian cepat. misalnya telepon selular, komputer tablet ataupun mobil listrik. Lithium-Ion Battery adalah baterai dapat menyimpan energi listrik dalam jangka waktu yang panjang, dan salah satu faktor yang mempengaruhi sifatnya adalah kualitas bahan elektroda (anoda/katoda), di samping faktor lainnya. Dan salah satu usaha untuk memperbaiki performa dari baterai, maka salah satu jalannya adalah memperbaiki kualitas dari elektroda yang digunakan (Perdana, 2020).

Lithium Iron Phospate ($LiFePO_4$) telah diperkenalkan sebagai bahan untuk katoda pada baterai Li-ion oleh Padhi et al. pada tahun 1997. $LiFePO_4$memiliki berbagai keunggulan diantaranya berbiaya rendah, tegangan kerja tinggi (kurva tegangan mendekati linear pada 3,4 V dibandingkan dengan bahan litium), kapasitas spesifik tinggi (170 mAh dibandingkan 100 mAh pada $LiCoO_2$), memiliki kestabilan yang baik pada suhu tinggi, *life cycle* yang panjang (lebih dari 1000 siklus pemakaian) dan ramah lingkungan. $LiFePO_4$adalah logam mineral alami yang memiliki nama *Triphylite* (Satriadi, 2016).

2.5 *Charge Controller*

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi kebaterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* mengatur kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh (*overcharging*) dan kelebihan voltase dari panel surya/solar sel. *Charge Controller* panel surya terbagi 2 yaitu PWM (*Pulse With Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). *Charge Controller* PWM (*Pulse Wide Modulation*) merupakan *charge controller* yang menggunakan 'lebar' pulse dari *on* dan *off electrikal*, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. *Charge controller* PWM adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecas baterai dari panel surya dengan mengunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Tampilan dari *charge controller* dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Skematik *Charge controller* (Al-Mamun, 2013).

Penggunaan *charger* baterai dengan sistem *cut-off* sendiri merupakan sebuah terobosan yang digunakan untuk mengatasi keluhan mengenai keawetan baterai yang dipengaruhi oleh kelebihan muatan (*over charging*). Sistem *cut-off* ini bekerja apabila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis, atau terhenti sesuai dengan setting yang diberikan, sehingga indikator menyala menandakan baterai telah terisi penuh. *Charger* dibuat sedemikian rupa untuk menunjang keawetan dan keamanan baterai (Sardju, 2021).

Dalam *charging* mode, umumnya baterai diisi dengan metoda *three stage charging*:

1. Fase *bulk*: baterai akan di-*charge* sesuai dengan tegangan *setup* (*bulk* - antara 14,4 – 14,6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup* (*bulk*) dimulailah fase *absorption*.

2. Fase *absorption*: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

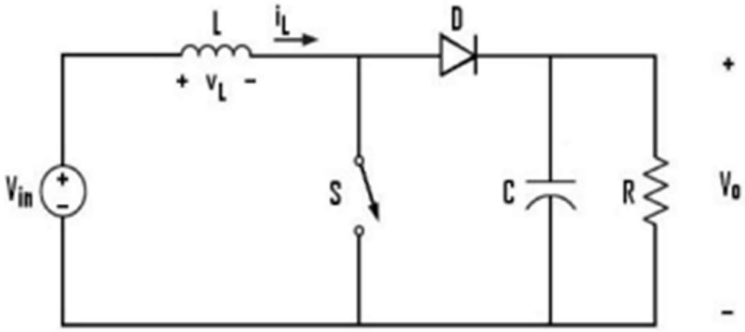
3. Fase *flloat*: baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13,4 – 13,7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimun dari panel surya pada *stage* ini.

2.6 *Boost Converter*

Boost Converter adalah sebuah rangkaian elektronik untuk keperluan *power supply. Boost Converter* dikenal juga sebagai konverter penaik tegangan DC ke DC, sama halnya dengan *buck-converter*, *boost converter* menggunakan sistem SMPS (*switched-mode power supply*) yang mempunyai setidaknya dua buah komponen semi konduktor sebagai *switch* sehingga dengan menggunakan sistem seperti ini diharapkan dapat lebih efisien dalam mengkonversi tegangan DC (Prianto, 2020).

Boost converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan output lebih besar dari tegangan inputnya. Tegangan *output* yang dihasilkan dari *boost converter* memiliki polaritas yang sama dengan tegangan *input*. Konverter ini bekerja secara periodik saat saklar terbuka dan tertutup. Rangkaian sederhana *boost converter* dapat dilihat pada **Gambar 2.10** berikut.

Gambar 2.10 *Boost Converter* (Febrianto, 2018).



Boost converter bekerja pada dua kondisi yaitu saat saklar *ON* dan saat saklar *OFF*. Ketika saklar pada kondisi *ON*, dioda menjadi *reverse* bias sehingga besarnya arus induktor sama dengan arus masukan. Pada kondisi ini induktor akan menyimpan energi. Sedangkan ketika saklar pada kondisi *OFF*, dioda akan menjadi *forward* bias dan induktor akan melepaskan energi yang telah tersimpan sebelumnya. Sehingga pada kondisi ini besarnya tegangan beban adalah tegangan masukan ditambah dengan tegangan. Besarnya tegangan keluaran dari *boost converter* ditentukan berdasarkan **Persamaan 2.2**.

$$V_0 = \frac{V_i}{1-D} \tag{2.2}$$

Keterangan:

V_0 = tegangan keluaran (volt)

V_i = tegangan masukan (volt)

D = *duty cycle* (%)

(Febrianto, 2018).

2.7 *Internet Of Things*

Pengggunaan komputer dimasa datang mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan kemampuan komputasi manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet atau disebut dengan *Internet Of Things* (IoT). IoT memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet. Hal ini berspekulasi bahwa disebagian waktu dekat komunikasi antara komputer dan peralatan elektronik mampu bertukar informasi di antara mereka sehingga mengurangi interaksi manusia. Hal ini juga akan membuat pengguna internet semangkin meningkat dengan berbagai fasilitas dan layanan internet (Junaidi, 2015).

Internet of Things mengacu pada pengidentifikasian suatu objek yang direpresentasikan secara virtual di dunia maya atau internet. Jadi dapat dikatakan bahwa *Internet of Things* adalah bagaimana suatu objek yang nyata di dunia ini digambarkan di dunia maya (Adani, 2019).

IoT dapat menciptakan sebuah lingkungan internet yang lengkap dan memudahkan masyarakat untuk mengakses berbagai teknologi pintar yang telah terintegrasi dengan otomasi yang dapat digunakan kapanpun, dan dimanapun. IoT mempunyai tiga karakteristik utama yaitu sebagai berikut.

1) Objek-objek diberi perangkat/alat pengukur,
2) Terminal-terminal otonom yang saling terhubung, dan
3) Layanan-layanan yang bersifat cerdas.

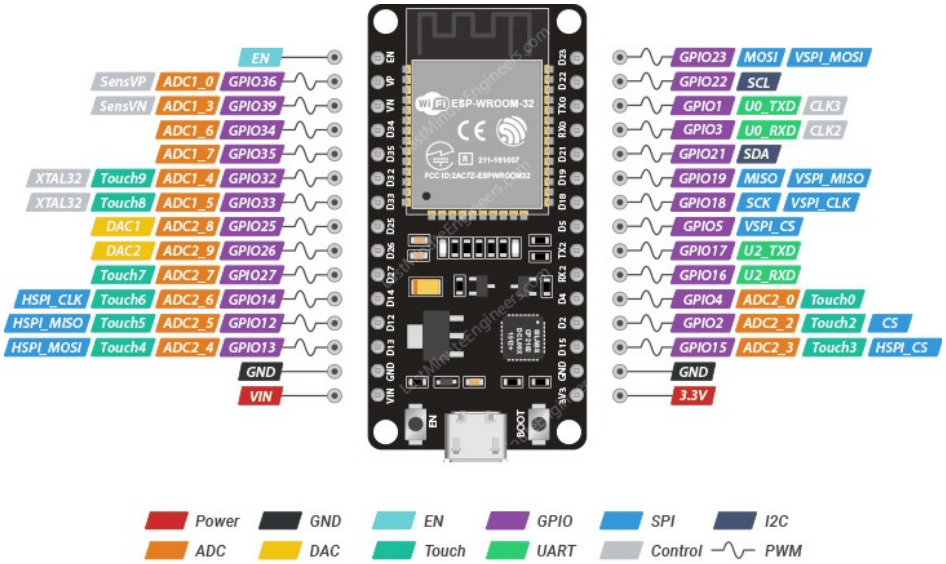
IoT yang telah memiliki 3 komponen penting ini, dapat menjalankan berbagai perintah, dengan cara sebagai berikut.

1) Perangkat akan terhubung dengan *platform* IoT,
2) Perangkat mengintegrasikan data-data dari berbagai perangkat dengan bantuan internet.
3) Penerapan cara analisis terhadap data yang diperoleh *platform* IoT yang kuat dapat menunjukkan dengan tepat informasi apa yang berguna dan apa yang dapat diabaikan.
4) Informasi dapat digunakan untuk mendeteksi pola, membuat rekomendasi, dan mendeteksi kemungkinan masalah sebelum terjadi.

(Megawati, 2021).

2.8 NodeMCU ESP 32

Mikrokontroler ESP32 sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul *WiFi* dan *bluetooth* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things.* Memiliki 15 ADC (*Analog Digital Converter*), 2 DAC (*digital to analog converter*), 16 PWM, 10 Sensor sentuh, 2 jalur antarmuka UART, pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI. Bentuk dari NodeMCU ESP 32 dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 NodeMCU ESP 32 (Muliadi, 2020).

Berikut ini adalah spesifikasi NodeMCU ESP32 DEVKIT V1:

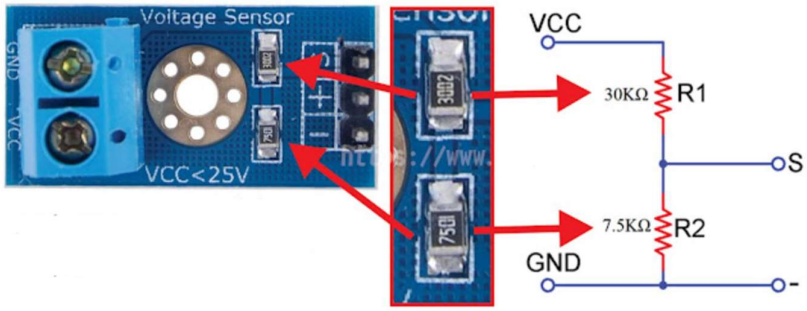
a. Tegangan *input*: 3,3 – 5 V.
b. Tegangan operasi: 3,3 V.
c. Jumlah pin: 30 meliputi pin tegangan dan GPIO.
d. 15 pin ADC (*Analog to Digital Converter*)
e. 3 UART *Interface*
f. 3 SPI Interface
g. 2 I2C Interface
h. 25 pin PWM (*Pulse Width Modulation*)
i. 2 pin DAC (*Digital to Analog Converter*)
j. *Flash memory:* 4MB.
k. *Clock speed*: 240 MHz.
l. *Wi-Fi*: 802.11 b/g/n/e/i.
m. Frekuensi: 2,4 GHz – 22,5 GHz.
n. USB *port*: *micro* USB

(Indrawan dkk, 2020).

2.9 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan berperan dalam mengukur tegangan listrik. Dalam bekerja, sensor ini menggunakan prinsip tekanan resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal berkurang 5 kali dari tegangan asli (Winata dkk., 2016). Sensor tegangan

yang digunakan yaitu jenis ZMPT101B, sensor ZMPT101B digunakan untuk memantau parameter tegangan dan dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah ultra micro voltage transformer, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya. Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101B ini diantaranya adalah: a. Sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih. b. Sebagai *ground fault detection*. c. Pengukuran besaran listrik. d. Sebagai perangkat untuk *analog to digital converter*. Prinsip kerja sensor tegangan ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Prinsip kerja sensor Tegangan DC (Mursid, 2011).

2.10 *Thingspeak*

Thingspeak merupakan layanan yang berisi aplikasi dan *application programming interface* (API) yang bersifat *open source* untuk menyimpan dan mengambil data dari berbagai perangkat yang menggunakan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) melalui Internet atau melalui LAN (*Local Area Network*). Dengan menggunakan media *Thingspeak* dapat membuat aplikasi *logging sensor*, aplikasi pelacakan lokasi, dan jaringan sosial dari segala sesuatu yang terhubung ke internet dengan mudah dan dapat dilakukan secara *real-time* (Chwalisz, 2019).

Thingspeak juga menyediakan beberapa toolbox MATLAB, apabila kita login menggunakan akun MATLAB yang telah berllisensi. Berikut adalah beberapa toolbox MATLAB yang dapat digunakan pada Thingspeak.

1. *Statistics and Machine Learning Toolbox*
2. *Curve Fitting Toolbox*
3. *Control System Toolbox*
4. *Signal Processing Toolbox*
5. *Mapping Toolbox*
6. *System Identification Toolbox*
7. *Neural Network Toolbox*
8. *DSP System Toolbox*
9. *Datafeed Toolbox*
10. *Financial Toolbox*

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan Maret sampai Juli 2022.

3.2 Alat dan Bahan

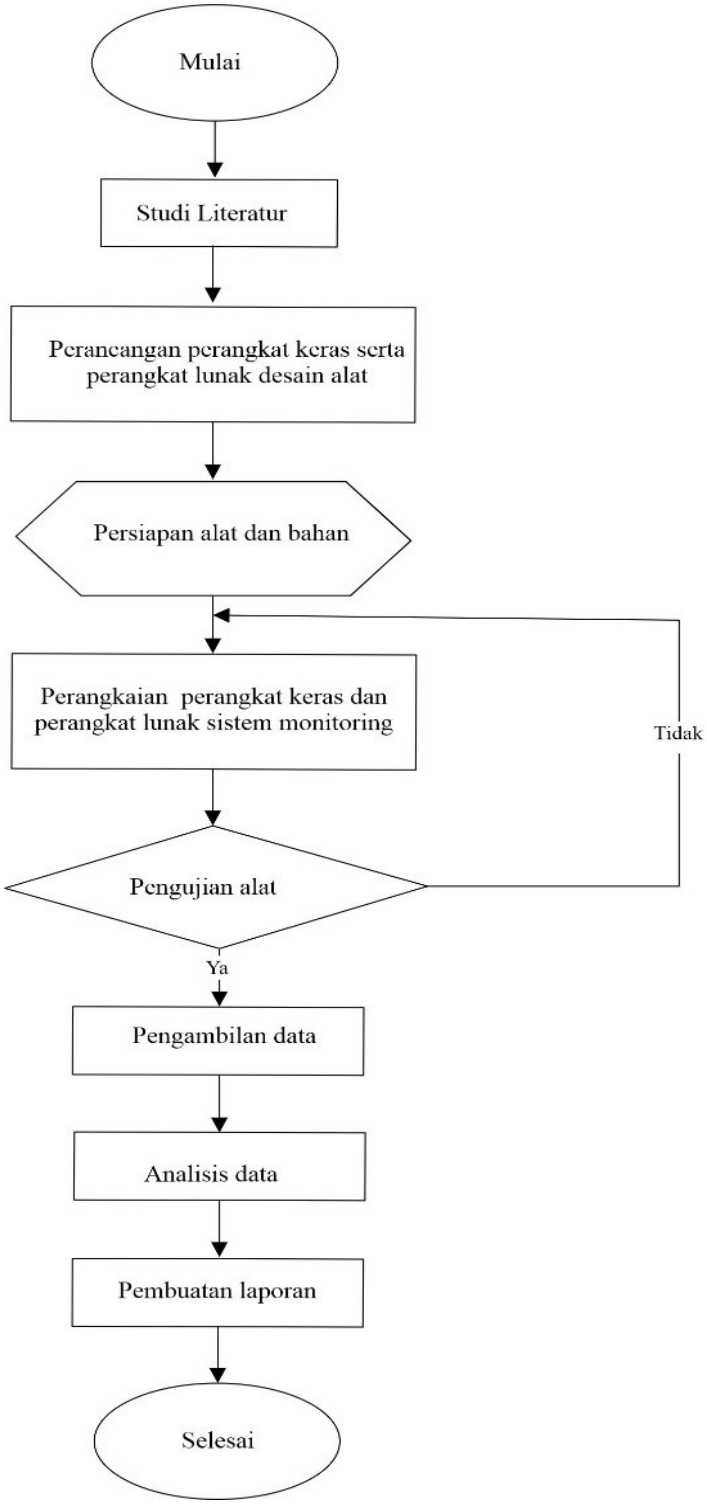
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Panel surya 100 Wp, digunakan sebagai sumber pengisian pada sistem pengisian daya.
2. Dudukan panel surya, digunakan untuk meletakan panel surya.
3. Kabel penghubung, digunakan untuk penghubung antara panel surya dengan rangkaian dan alat lainnya.
4. Rangkaian *boost converter*, digunakan untuk meningkatkan tegangan dalam pengisian multi-baterai.
5. *Charge controler* digunakan untuk *memanagement* proses pengisian baterai agar tidak terjadi *overcharging*.
6. Baterai *Lithium Ion*, digunakan sebagai media penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya.
7. Sensor Tegangan DC, digunakan untuk mengukur tegangan pada listrik DC.

8. NodeMCU ESP32, digunakan sebagai mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi) untuk sistem monitoring.
9. *Thingspeak*, digunakan sebagai media menyimpan data.
10. *WhatsApp,* digunakan sebagai media kontrol pengisian daya.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap perancangan dan pembuatan sistem, serta pengujian dan kalibrasi sensor, pembuatan sistem IoT, pengambilan data dan analisis data. Secara keseluruhan, tahapan pembuatan sitem monitoring pengisian daya multi-baterai mobil listrik dengan sel surya berbasis *internet of things* (IoT) disajikan dalam diagram alir yang ditunjukkan seperti pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

1. Tahapan perancangan sistem monitoring dilakukan untuk membuat rancangan perangkat keras sistem monitoring. Perangkat keras pada sistem

monitoring ini terdiri atas sensor, NodeMCU ESP32 dan LCD I2C. Sensor yang digunakan antara lain sensor tegangan DC dengan tegangan maksimum 60 volt. Desain tampilan bagian luar dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2.**

Gambar 3.2 Desain sistem monitoring.

2. Tahap pengujian sensor tegangan dilakukan dengan membandingkan nilai *output* hasil pengukuran tagangan dengan instrumen pembanding yang telah terkalibrasi. Mekanisme pengujian pada tegangan baterai dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pengukuran seperti pada kalibarasi. **Tabel 3.1** menunjukkan data pengujian pengukuran tegangan yang diambil dengan menggunakan beberapa tegangan referensi dari *power supply* kemudian akan diukur menggunakan instrumen pembanding berupa multimeter Deli DL4890 dan sensor tegangan DC pada perangkat monitoring.

Tabel 3.1 Data pengujian pengukuran tegangan pada sensor tegangan DC

No.	Tegangan Referensi (V)	Tegangan multimeter (V)	Tegangan yang Terukur pada Sensor Tegangan DC (V)		
			1	2	3
1					
2					
3					
4					
5					

Data hasil pengujian pengukuran tegangan dan arus tersebut digunakan untuk menghitung persentase kesalahan (*error*), *akurasi* dan *presisi* dari sensor dalam pengukuran tegangan dan arus dengan menggunakan **Persamaan 3.1-3.3.**

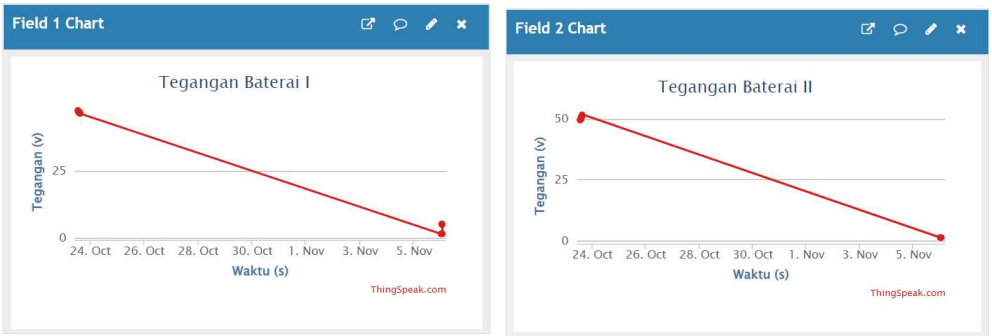
$$\%Error = \frac{Y - X_n}{Y} \times 100\% \tag{3.1}$$

$$\%Akurasi = \left(1 - \left|\frac{Y - X_n}{Y}\right|\right) \times 100\% \tag{3.2}$$

$$\%Presisi = \left(1 - \left|\frac{X_{n-\overline{X_n}}}{\overline{X_n}}\right|\right) \times 100\% \tag{3.3}$$

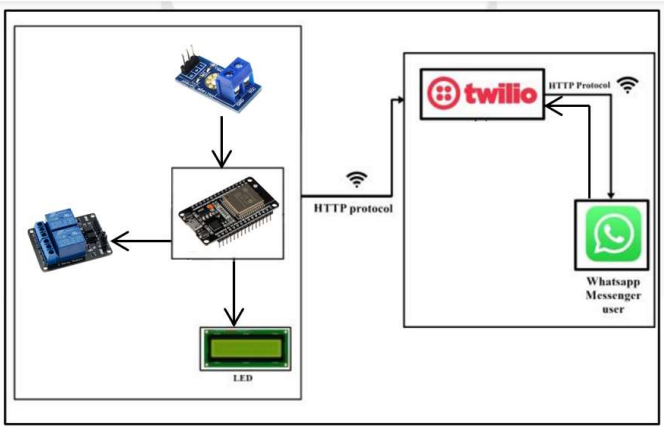
Dengan Y adalah nilai parameter *referensi*, X_n adalah nilai parameter terukur ke-*n*, $\overline{X_n}$ adalah rata-rata nilai parameter *n* terukur (Jones dan Chin, 1991).

3. Tahap perancangan sistem IoT dilakukan dengan membuat *interface* hasil monitoring ke dalam *website* sehingga pemantauan bisa dilakukan melalui jaringan internet. Sistem IoT yang digunakan dibuat menggunakan *Thingspeak* seperti **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Rancangan Tampilan hasil monitoring pada *Thingspeak.*

4. Pembuatan sistem kontrol pengisian daya menggunakan aplikasi *WhatsApp Bot* menggunakan *platform Twilio* seperti **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Rancangan sistem kontrol.

5. Tahap pengambilan data dilakukan dengan memasukkan parameter tegangan, kemudian mencatat hasil yang dikeluarkan oleh sistem melalui LCD dan juga melalui *Thingspeak* yang telah dibuat. Data yang diperoleh kemudian akan dianalisis dan dibahas.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan data hasil monitoring dan pengukuran tegangan multi-baterai yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pembuatan perangkat monitoring dan pengukur tegangan serta program pengendali multi-baterai yang dapat digunakan selama proses *charge* dan *discharge* berhasil dibuat dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32.
2. Sensor Tegangan DC I yang digunakan pada perangkat mampu mengukur tegangan dengan tingkat rata-rata akurasi sebesar 97,53%, rata-rata error sebesar 2,47% dan rata-rata presisi sebesar 99,83%,
3. Sedangkan Sensor Tegangan DC II yang digunakan pada perangkat memiliki tingkat rata-rata akurasi sebesar 96,65%, rata-rata error sebesar 3,35%, dan rata-rata presisi sebesar 100%,

4. Berdasarkan hasil uji penerimaan data pada *platform Thingspeak* memiliki waktu *delay* sebesar 10,269 detik, dan
5. Untuk kontroler memiliki waktu rata-rata 3,72 detik untuk menglaksanakan perintah yang dikirimkan melalui WA.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah perangkat monitoring dan pengukur tegangan multi-baterai mobil listrik dapat dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) berupa aplikasi yang dapat dipantau melalui *smartphone* sehingga memudahkan dalam monitoring. Selain itu karena perangkat masih memanfaatkan WiFi yang berasal dari *hostpot mobile*, maka untuk penelitian selanjutnya diperlukan penambahan komponen sejenis modem yang dapat menghasilkan internet dengan komponen yang lebih minimalis.

DAFTAR PUSTAKA

Adani, Farhan., & Salsabil, Salma. 2019. *Internet of Things* : Sejarah Teknologi dan Penerapannya. *Jurnal Isu Teknologi*. Vol. 14. No. 2. Hal 92-99.

Albahar, Abdul Kodir., & Haqi, Muhammad Faizal. 2020. Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (Pv) Terhadap Keluaran Daya. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*. Vol. 8. No. 3. Hal. 115-122.

Alfannizar, Ibnu., & Rahayu, Yusnita. 2018. Perancangan dan Pembuatan Alat *Home Electricity Based Home Appliance Controller* Berbasis *Internet of Things. Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK*. Vol. 5. No. 1. Hal. 1-6.

Al-Mamun, A., Sundaraj, K., Ahmed, N., Ahmed, N. U., Rahmam, S. A. M. M., Ahmad, R. B., & Kabir, Md. H. 2013. Design and Development of a Low Cost Solar Energy System for the Rural Area. *Proceeding of Institute of Electrical and Electronics Engineers.* Kuala Lumpur 13-15 Desember 2013. Hal. 31-35.

Ariyono. 2019. Analisa Teknologi Fotovoltaik Sebagai *Distributed Generation* (DG) Pada Sistem Distribusi Menggunakan *Software Electric Transient and Analysis Program* (ETAP). *Jurnal Energi Elektrik*. Vol. 8. No.1. Hal. 11-17.

Aryza, Solly., Hermansyah., Andysyah Putera U. S., Suherman., & Lubis, Zulkarnain. 2017. Implementasi Energi Surya sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portabel. *Journal Research and Development.* Vol. 2. No. 1. Hal. 12-18.

Ashari, M., Harisa, Arya., Rusdinar, Angga., & Pangaribuan, Porman. 2018. Sistem Monitoring dan Manajemen Baterai pada Mobil Listrik. *e-Proceeding of Engineering.* Vol. 5. No.3. Hal. 4243-4248.

Chwalisz, M. (2019). *ThingSpeak Documentation. Mathworks.*

Efendi, Adhan. 2020. Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang. *JPTK*. Vol.17. No. 1. Hal. 75-84.

Febrianto, Rendi., Soedjarwanto, Noer., & Zebua, Oses. 2018. Rancang Bangun *Boost Converter* untuk Proses *Discharging* Baterai pada Penerangan Jalan

Umum Tenaga Surya (PJUTS). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan.* Vol. 02. No. 1. Hal. 159-163.

Handarly, Dolly., & Lianda, Jefri. 2018. Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (*Internet of Thing*). *Journal of Electrical, Electronics, Control and Automotive Engineering*. Vol. 3. No. 2. Hal. 205-208.

Hilmansyah., Utomo, Restu Mukti., Saputra, Angga Wahyu., & Alif, Reva Fauzan. 2020. Rancang Bangun *Wireless Battery Monitoring System* Berbasis ESP32. *Seminar Inovasi Teknologi Terapan*. Vol.4. No. 25. Hal. 194-199.

Indrawan, Andi Wawan., Muchtar, Nelly,, Purwito, Ashar A.R., Ahamad Rizal Sultan & Kautsar, Ichsan Al. 2020. Perancangan ATS/AMF Berbasis *Internet of Things*. *Jurnal Teknologi Elekterika*. Vol. 5. No. 1. Hal. 26-33.

Jones, L. D., dan Chin, A. F. 1991. *Electronics Instruments and Measurements*. Prentice-Hall: New Jersey.

Junaidi, Apri. 2015. *Internet of Things*, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya: Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*. Vol. 1. No. 3. Hal. 62-66.

Junaidi., Khwee, Kho Hie ., & Hiendro, Ayong. 2016. Migrasi Baterai Lithium dari Mode Otomotif ke Mode Penyimpan Energi untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Elkha*. Vol. 8. No. 2. Hal. 40-43.

Megawati, Seri., & Lawi, Ansarullah. 2021. Pengembangan Sistem Teknologi *Internet of Things* yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology.* Vol.5. No. 1. Hal. 19-26.

Morris, A. S. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles Third Edition*. Planta Tree: Great Britain.

Morris, A. S., dan Langari, R. 2016. *Measurement and Instrumentation*: *Theoryand Application Second Edition*. Elsevier Inc: United States of America.

Muliadi., Imran, Al., & Rasul, Muh. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*. Vol. 17. No. 2. Hal. 73-79.

Mursid, Sri Prayanto. 2011. Teknik Switching untuk Konversi Energi Listrik DC Efesiensi Tinggi. *Jurnal Teknik Energi.* Vol. 1. No. 1. Hal. 39-43.

Parinduri, Luthfi., Yusmartato., & Parinduri, Taufik. 2018. Kontribusi Konversi Mobil Konvensional ke Mobil Listrik dalam Penanggulangan Pemanasan Global. *Journal of Electrical Technology*. Vol. 3. No. 2. Hal. 116-120.

Perdana, Fengky Adie. 2020. Baterai *Lithium. Jurnal Pendidikan IPA*. Vol. 9. No. 2. Hal. 103-109.

Prayogo, Hertanto., & Wibowo, Antonius. 2010. Prototipe *Charger* Baterai Menggunakan Sumber Energi Matahari, Listrik dan Mekanik. *Jurnal Widya Teknik.* Vol. 9. No. 1. Hal. 33-44.

Prianto, Eko., Yuniarti., Nurhening., & Nugroho, Dika Cahyo. 2020. *Boost-Converter* Sebagai Alat Pengisian Baterai pada Sepeda Listrik Secara Otomatis. *Jurnal Edukasi Elektro*. Vol. 4. No. 1. Hal. 52-62.

Putri, Ambinari Rachmi.. Sodik., Handayani, Nofrida., & Munandar, Muhammad Arief. 2015. Penggunaan data *Reanalysis* untuk Kajian Potensi Pembangkit Listrik Alternatif di Desa Long Bawan (Kalimantan Utara). *Jurnal Publikasi Ilmiah*. Vol. 1. No. 1. Hal. 24-29.

Rahma, Diana. 2018. Rancang Bangun Prototipe Pengoptimal *Charging* Baterai pada Mobil Listrik dari Pembangkit Tenaga Surya dengan Menggunakan Sistem *Boost Converter.* (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Rizky, Achmad., Rakhman, Aulia., Maulana, Sendy., Fath, Nifty., & Sujono. 2022. Perancangan Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Brushed 36 Volt 450 Watt. *Kilat.* Vol. 11. No. 1. Hal. 10-20.

Sardjua, Achmad P., Hi, M. Yunus., & Abbasb. 2021. Perancangan *Charge Controller* untuk Pengisian Baterai Pada Sel Surya. *Journal of Science and Engineering*.Vol. 4. No. 1. Hal. 47-52.

Satriady, Aditya., Alamsyah, Wahyu., Saad, Aswad Hi., & Hidayat, Sahrul. 2016. Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai $LiFePO_4$. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol. 6. No. 2. Hal. 43-48.

Setiaji, Galih Irvan., Sofwan, Aghus., & Sumardi. 2018. Perancangan *Power Monitoring System* pada Panel Surya Sebagai Sumber Utama pada *Smart Open Parking* Dalam Arsitektur IoT. *Transient.* Vol. 7. No. 3. Hal. 820-826.

Suhendra, Irfan., Rudinar, Angga., & Murti, Muhammad Ary. 2019. Perancangan dan Impelementasi Sistem Pengisian Baterai Otomatis Pada Mobil Listrik Bebasis IoT. *e-Proceeding of Engineering.* Vol. 6. No. 2. Hal 2834-2841.

Wibawa, Unggul., & Darmawan, Andy. 2008. Penerapan Sistem *Photovoltaik* Sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan. *Jurnal Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems*. Vol.2. No. 1. Hal. 26-37.

Wibowo, Antonius Dimas Tri., & Wahjudi, Deddy. 2012. Desain Perangkat Pengisian Baterai Mobil Listrik dengan Pendekatan Efisiensi Lahan dan Fleksibilitas Produk. *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain*. Vol. 1. No. 1. Hal. 1-5.

Winata. Wijaya., & Suartika. 2016. Rancang Bangun Sistem Monitoring *Output* dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Spektrum*. Vol. 3. No. 1. Hal. 1-6.