



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA UNTUK APLIKASI DI KENDARAAN
LISTRIK**

PROYEK AKHIR

**FIKRI AZHAR
40040219650098**

**PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JUNI 2026**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA UNTUK APLIKASI DI KENDARAAN
LISTRIK**

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

**FIKRI AZHAR
40040219650098**

**PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**


**SEMARANG
JUNI 2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan benar**

Nama : Fikri Azhar

NIM : 40040219650098

Tanda Tangan : 

Tanggal : 15 Juni 2026

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Hayam Wuruk No. 3-4
Pleburan, Semarang, Kode Pos 50241
Telepon/Faks. (024) 8316333
Laman: www.vokas.lundip.ac.id
email: vokas@live.undp.ac.id

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 170/PA/RPM/III/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Fikri Azhar

NIM : 40040219650098

Judul Proyek Akhir : **Rancang Bangun Instalasi Pembangkit listrik Tenaga Surya untuk Aplikasi di Kendaraan Listrik**

Dosen Pembimbing : Susastro, S.T., M.T. dan Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

NIP. : 197007152003121001 dan 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Rancang bangun instalasi pembangkit listrik dengan panel surya ke kendaraan listrik.
2. Pengaplikasian besaran daya yang dihasilkan dari panel surya.
3. Menghitung besaran daya yang di hasilkan dari panel surya.
4. Menghitung besaran tingkat penghematan dari penggunaan panel surya untuk aplikasi kendaraan listrik.
5. Membuat prototype dan/atau paten sederhana dan/atau HAKI hak cipta dan/atau jurnal publikasi.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 07 Maret 2023

Ketua PSD IV
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
NIP. 197110301998021001

Tembusan:

1. Sekretaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

NAMA : Fikri Azhar
NIM : 40040219650098
Program Studi : Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi Di Kendaraan Listrik

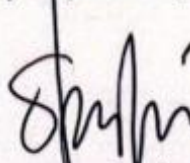
Telah berhasil dipertahankan dihadapan tim penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang di perlukan untuk memperoleh gelas sarjana terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Susastro, ST. MT.
Penguji I : Susastro, ST. MT.
Penguji II : Dr. Seno darmanto, ST. MT
Penguji II : Dr. Sri Utami Handayani, ST. MT

()
()
()
()

Mengetahui,
Ketua program studi DIV
Rekayasa perancangan mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, ST. MT
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAANN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fikri Azhar
NIM : 40040219650098
Jurusan/Program studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Aplikasi di Kendaraan Listrik

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Uniersiitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : 15 juni 2026

Yang menyatakan,



Fikri Azhar

NIM : 40040219650098

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO :

“Hidup adalah sebuah pilihan”

PERSEMBAHAN :

Untuk keluarga terutama kedua orang tua saya yang telah mensupport dan atas pengorbanan tak terbalaskan, doa dan kasih sayangnya

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat kepada Allah SWT, karena hanya berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Proyek Akhir dengan judul “Rancang Bangun Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Aplikasi di Kendaraan Listrik”

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi pada jurusan pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Dalam menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Atas berbagai bantuan dan dukungan tersebut, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Bapak Susastro, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
3. Bapak Bambang Setyoko, S.T., M.Eng. selaku Dosen Wali selama menjadi mahasiswa Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik.
4. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah vokasi Universitas Diponegoro.
5. Keluarga dan terutama kedua orang tua yang selalu mendukung .

6. Semua teman-teman Sarjana Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2019.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan.

Semoga Laporan Proyek Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Semarang, 12 Juni 2026



Fikri Azhar

ABSTRAKSI

RANCANG BANGUN INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK APLIKASI DI KENDARAAN LISTRIK

Pemanfaatan energi alternatif melalui pengembangan kendaraan listrik berbasis panel surya merupakan salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan energi listrik yang tersimpan dalam baterai, yang pengisiannya berasal dari konversi energi matahari menggunakan panel surya. Kinerja kendaraan listrik sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan efektivitas sumber energi, khususnya baterai dan panel surya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan serta menganalisis performa panel surya pada kendaraan listrik. Penelitian ini dilakukan dengan menginstal panel surya pada prototipe kendaraan listrik. Selain itu, dilakukan pengujian lama pengisian baterai, pengujian *lifetime* baterai tanpa panel surya dan dengan panel surya, serta pengujian kecepatan gerak kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama pengisian baterai menggunakan panel surya dari kondisi kosong hingga penuh adalah ± 4 jam, sedangkan secara teori sebesar 1 jam 36 menit. Pada pengujian statis (roda terangkat), *lifetime* baterai mencapai 133 menit dan secara teori 164 menit, sedangkan saat menggunakan panel surya *lifetime* baterai meningkat menjadi 450 menit dan secara teori 464 menit. Pada pengujian dinamis saat kendaraan dikendarai, kecepatan maksimum yang dicapai adalah 2,3 km/jam. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian, penggunaan panel surya terbukti mampu memperpanjang waktu operasional *lifetime* baterai dibandingkan dengan kondisi tanpa pengisian tambahan dari panel surya.

Kata kunci : kendaraan listrik, panel surya, rancang bangun

ABSTRACT

SOLAR POWER GENERATION INSTALLATION DESIGN FOR APPLICATIONS IN ELECTRIC VEHICLES

Utilization of alternative energy through the development of solar panel-based electric vehicles is one effort to reduce dependence on fossil energy. This system works by utilizing electrical energy stored in batteries, which are charged from solar energy conversion using solar panels. The performance of electric vehicles is greatly influenced by the availability and effectiveness of energy sources, especially batteries and solar panels. Therefore, this study aims to apply and analyze the performance of solar panels on electric vehicles. This study was conducted by installing solar panels on an electric vehicle prototype. In addition, battery charging time tests were carried out, battery lifetime tests without solar panels and with solar panels, and vehicle movement speed tests. The results showed that the battery charging time using solar panels from empty to full is ± 4 hours, while theoretically it is 1 hour 36 minutes. In static testing (wheels raised), battery lifetime reaches 133 minutes and theoretically 164 minutes, while when using solar panels the battery lifetime increases to 450 minutes and theoretically 464 minutes. In dynamic testing when the vehicle is driven, the maximum speed achieved is 2.3 km / h. Thus, based on the test results, the use of solar panels has been proven to be able to extend the operational lifetime of the battery compared to conditions without additional charging from solar panels.

Keywords : *design, electric vehicle, solar panels*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAANN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAKSI	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Luaran.....	4
1.7. Sistematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	6
2.2. Kendaraan Listrik	10
2.2.1. Sistem Kendaraan Listrik dengan Panel Surya.....	12
2.3. Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel	14
2.4. Komponen Kendaraan Listrik Tenaga surya.....	15
2.4.1. Panel Suya	15
2.4.2. Akumulator.....	19
2.4.3. <i>Solar Charger Controller</i>	21
2.4.4. MC4 Connector Y Type 1	23

2.4.5. Kabel.....	23
2.4.6. Motor Listrik BLDC	24
2.4.7. <i>Controller</i> Motor BLDC.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1. Diagram Alir.....	26
3.2. Identifikasi Kebutuhan Penggunaan.....	27
3.2.1. Studi Literatur.....	27
3.2.2. Metode Observasi.....	27
3.3. Desain Alat dan Skema Rancangan Kelistrikan.....	27
3.3.1. Desain Rangka Instalasi Panel Surya Pada Kendaraan Listrik	28
3.3.2. Perancangan Skema Sistem Panel Surya Pada Kendaraan Listrik	29
3.4. Proses Pembuatan dan Perancangan.....	31
3.4.1. Proses Pembuatan Rangka Dudukan Panel Surya.....	31
3.4.2. Proses Pemasangan Panel Surya.....	32
3.4.3. Proses Seri Paralel 6 Unit Panel Surya.....	32
3.4.4. Pemasangan <i>Solar Charger Controller</i> (SCC).....	33
3.4.5. Pemasangan Kabel Output dari <i>Solar Charger Controller</i> ke Beban (Akumulator).....	34
3.4.6. Pemasangan Akumulator.....	34
3.4.7. Pemasangan Akumulator ke <i>Controller</i> Motor	35
3.5. Pengujian Alat	35
3.5.1. Pengujian Daya yang Dihasilkan Panel Surya	37
3.5.2. Pengujian Kendaraan Listrik Tanpa panel Surya	40
3.5.3. Pengujian Kendaraan Listrik dengan Panel Surya	41
3.6. Perhitungan Secara Teoritis.....	42
3.6.1. Menghitung Nilai Arus Pada Aki.....	42
3.6.2. Menghitung Jumlah <i>Solar Charge Controller</i>	42
3.6.3. Waktu yang Dibutuhkan.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Hasil Rancangan dan Desain Alat	45

4.2. Data Hasil Pengukuran Panel Surya.....	47
4.2.1. Tegangan Terhadap Waktu.....	48
4.2.2. Arus Terhadap Waktu.....	48
4.2.3. Daya Terhadap Waktu.....	49
4.3. Data Hasil Pengukuran Kendaraan Listrik Tanpa Panel Surya	50
4.3.1. Hasil Perhitungan Secara Teori Tanpa Panel Surya.....	51
4.4. Data Hasil Pengukuran Kendaraan Listrik dengan Panel Surya	52
4.4.1. Hasil Perhitungan Secara Teori dengan Panel Surya	54
4.5. Pengujian jalan Sekitar Kampus.....	55
4.6. Pengujian Jalan lurus datar Kendaraan Dengan Beban.....	58
4.7. Rekomendasi Penggunaan Motor BLDC	58
4.8. Analisis Hasil Perhitungan dengan Pengujian.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1. Kesimpulan.....	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram sel surya bekerja	6
Gambar 2.2 Efek dari kenaikan temperature sel terhadap tegangan (V)	7
Gambar 2.3 Efek dari intensitas insolation terhadap current (I)	8
Gambar 2.4 Ekstra luasan panel PV dalam posisi datar.....	10
Gambar 2.5 Diagram blok kendaraan listrik	10
Gambar 2.6 Diagram blok kendaraan listrik menggunakan panel surya.	13
Gambar 2.7 Spesifikasi dinamo BLDC.....	13
Gambar 2.8 (a) Gambar rangkaian seri (b) Gambar rangkaian parallel.....	14
Gambar 2.9 Panel surya monocrystalline.....	17
Gambar 2.10 Panel surya polycrystalline.....	18
Gambar 2.11 Kontruksi aki.....	20
Gambar 2.12 Solar charger controller	22
Gambar 2.13 MC4 connector Y type 1	23
Gambar 2.14 Kemampuan hantar arus.....	24
Gambar 2.15 Dinamo motor listrik BLDC	24
Gambar 2.16 Controller motor	25
Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Desain kendaraan listrik dengan panel surya	28
Gambar 3.3 Desain 3D rangka	28
Gambar 3.4 Skema rancangan sistem panel surya pada kendaraan listrik.....	30
Gambar 3.5 Proses pembuatan rangka dudukan panel surya.....	31
Gambar 3.6 Pemasangan panel surya ke atas rangka dudukan.....	32
Gambar 3.7 Menseri paralelkan 6 unit panel surya	32
Gambar 3. 8 Wiring terminal solar charge controller	33
Gambar 3.9 Pemasangan solar charger controller.....	34
Gambar 3.10 Pemasangan kabel output dari solar charger controller ke beban (akumulator)	34
Gambar 3.11 Pemasangan akumulator.....	35
Gambar 3.12 Pemasangan akumulator ke controller motor.....	35
Gambar 3. 13 Melakukan pengujian output panel surya.....	37

Gambar 3.14 Pengecekan terhadap rangkaian kabel wiring dari panel surya..	38
Gambar 3.15 Hasil pengukuran pada solar charger controller.....	39
Gambar 3.16 Pengukuran nilai arus yang mengalir ke akumulator	39
Gambar 3.17 Pemasangan dongkrak.....	40
Gambar 4. 1 Hasil rancang bangun panel surya yang di rangkai seri paralel ..	45
Gambar 4. 2 Grafik tegangan yang masuk ke baterai	48
Gambar 4. 3 Grafik arus yang masuk ke baterai	49
Gambar 4. 4 Grafik daya yang masuk ke baterai	50
Gambar 4. 5 Grafik tegangan terhadap RPM.....	51
Gambar 4.6 data jalan aplikasi relife pengujian 1	56
Gambar 4. 7 data jalan aplikasi relive pengujian 2	57
Gambar 4. 8 Data jalan aplikasi relive pengujian 3	57
Gambar 4.9 Free body diagram.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Posisi kemiringan instalasi panel surya	9
Tabel 2. 2 Kapasitas baterai	20
Tabel 3. 1. Wiring terminal solar charge controller	33
Tabel 3.2 Format tabel pengujian.....	39
Tabel 3. 3 Format Tabel Pengujian kendaraan listrik	40
Tabel 3. 4 Format tabel Pengujian kendaraan listrik dengan panel surya.....	41
Tabel 4. 1 Spesifikasi panel surya yang digunakan	46
Tabel 4. 2 Spesifikasi Solar Charger Controller	47
Tabel 4. 3 Hasil pengujian dan pengukuran.....	47
Tabel 4. 4 Penurunan tegangan baterai kendaraan listrik	51
Tabel 4. 5 Data hasil keluaran panel hari pertama	53
Tabel 4. 6 Data hasil keluaran panel hari kedua	53
Tabel 4. 7 Data hasil keluaran panel hari ketiga	54
Tabel 4. 8 Data hasil aplikasi <i>Relife</i> pengujian jalan	56
Tabel 4. 9 Hasil pengujian jalan.....	58
Tabel 4. 10 Spesifikasi yang diharapkan dari kendaraan listrik hasil elektrisasi	59
Tabel 4. 11 Koefisien gaya gesek Kendaraan	60
Tabel 4. 12 Tabel analisa hasil pengujian pengisian baterai tiap 1 jam.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak tepat berada di garis khatulistiwa dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari. Energi surya merupakan salah satu dari pemanfaatan energi baru terbarukan yang saat ini sedang banyak dikembangkan oleh pemerintah Indonesia. Indonesia memiliki tingkat radiasi matahari yang relatif tinggi sehingga berpotensi untuk membangkitkan energi listrik. Tingkat radiasi rata-rata di Indonesia yaitu sebesar 4,8 kWh/m² /hari (Muhammad Alvin Ridho, 2019).

Dengan adanya perkembangan ilmu dan teknologi di beberapa negara maju, maka para ilmuwan memanfaatkan sumber energi matahari dan mengkonversinya menjadi listrik menggunakan panel surya. Panel surya bekerja dengan cara mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses photovoltaic dengan menggunakan komponen semi konduktor. (zulfikar 2016). Energi surya merupakan potensi energi terbarukan karena letak dari wilayah Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa dan mendapat penyinaran sinar matahari rata-rata 8 jam/hari.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menghasilkan daya maksimal tergantung pada besaran intensitas cahaya yang masuk setiap harinya, cuaca menjadi pengaruh gangguan utama yang dapat mengganggu penyerapan intensitas

cahaya yang dapat diserap oleh panel surya untuk diolah menjadi energi listrik. Besar daya yang bisa dibangkitkan energi surya sekitar 100 watt per m^2 , pada

efisiensi sel surya 11 - 15%. Untuk membangkitkan energi 1 kW membutuhkan luas sebesar 10 m^2 . Dengan demikian pada sistem yang cukup besar, membutuhkan lahan yang luas. Dengan sistem yang lebih kecil, sel surya bisa digunakan sebagai alternatif pengisian bahan bakar.

Pemikiran untuk mengaplikasikan panel surya pada kendaraan listrik merupakan alternatif dari pengisian baterai. Energi yang dihasilkan dari panel surya ini dapat mengisi baterai saat dibawah sinar matahari. Spesifikasi dari kendaraan listrik yang digunakan menggunakan motor BLDC 350 Watt dengan sumber tegangan baterai 48 V dan mengalirkan arus maksimal 13,5 A. Energi yang dipakai pada kendaraan listrik sangat berhubungan erat dengan penyediaan sumber energi dari baterai dan panel surya. oleh karena itu penulis mencoba melakukan penelitian dengan mengaplikasikan panel surya pada kendaraan listrik.

1.2. Batasan Masalah

Untuk mengarahkan pengamatan agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka diperlukan batasan masalah yang akan dibahas. Penulis menitik beratkan pembahasan pada:

- a. Eksperimen ini menggunakan 6 unit panel surya tipe polycrystalline dengan kapasitas masing-masing 100 Wp sebagai eksperimen, yang digunakan untuk pengisian baterai.

- b. Pembahasan difokuskan pada parameter perancangan instalasi pembangkit listrik tenaga surya pada kendaraan listrik.
- c. pengujian di lakukan tanpa beban dengan kondisi roda belakang terangkat.
- d. Pengujian dengan beban dilakukan di jalan sekitar lingkungan kampus.
- e. Perhitungan teoritis dibatasi pada data hasil pengukuran yang telah dilakukan.
- f. Parameter yang digunakan dalam perhitungan daya motor diasumsikan bernilai tetap.

1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perancangan sistem instalasi pembangkit listrik tenaga surya pada kendaraan listrik?
2. Berapa besar daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang dipasang pada kendaraan listrik?
3. Berapa besar tingkat penghematan energi yang diperoleh dari penggunaan panel surya pada kendaraan listrik?

1.4. Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Rancang bangun instalasi pembangkit listrik dengan panel surya ke kendaraan listrik.
2. Menghitung besaran daya yang dihasilkan panel surya.
3. Menghitung besar tingkat penghematan dari penggunaan panel surya.

1.5. Manfaat

Manfaat dari Proyek akhir ini adalah :

1. Menambah waktu pemakaian dalam penggunaan kendaraan listrik

2. Menghemat biaya bahan bakar kendaraan listrik.
3. Mahasiswa mampu merancang, membuat, merakit dan menguji instalasi PLTS pada kendaraan listrik.

1.6. Luaran

Pelaksanaan Tugas Akhir akan menghasilkan luaran, yaitu :

- a. Laporan Tugas Akhir
- b. Data kajian hasil eksperimen Penggunaan panel surya untuk pengisian baterai mobil listrik
- c. Artikel ilmiah
- d. Prototype

1.7. Sistematika Penulisan Laporan

Dalam pembuatan laporan Proyek Akhir ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika dalam penulisan laporan Proyek Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berupa landasan teori yang menjelaskan tentang PLTS, kendaraan listrik dan, komponen komponen yang digunakan pada kendaraan listrik dengan panel surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang desain dan perancangan instalasi pembangkit listrik tenaga surya pada kendaraan listrik. serta langkah - langkah pengambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang perbandingan hasil pengambilan data dan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

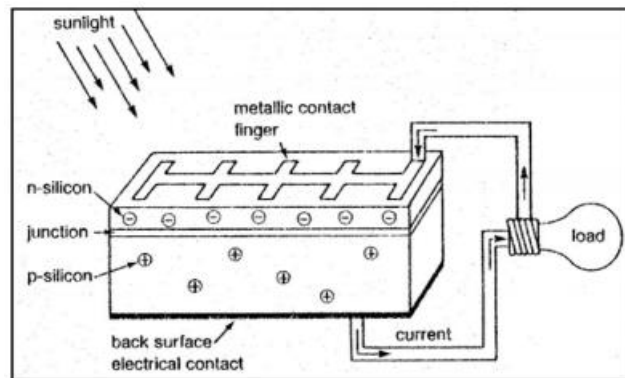
Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari proses penyusunan laporan Proyek Akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Panel surya ditemukan pada sekitar akhir abad ke 19. Panel surya merupakan lapisan-lapirsan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silicon (Si) murni, atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya. Sel *Photovoltaic* merupakan sebuah semikonduktor yang terdiri dari diode p-n junction, dimana ketika terkena cahaya matahari akan menciptakan energi listrik yang mampu dimanfaatkan, pengubahan energi ini disebut efek *photoelectric*.



Gambar 2.1 Diagram sel surya bekerja

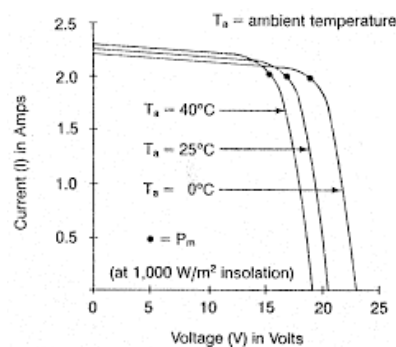
(Sumber : Steven J.Strong, The Solar Electric House, p.18)

PLTS memanfaatkan sumber energi cahaya matahari untuk menghasilkan listrik. Pada umumnya PLTS terdiri atas beberapa komponen utama yaitu, generator sel surya (PV generator) yang merupakan susunan modul surya pada suatu sistem penyangga, inverter untuk mengkonversi arus DC menjadi arus AC baik sistem satu fasa maupun sistem tiga fasa untuk kapasitas besar, charge controller dan baterai

untuk PLTS dengan sistem penyimpanan (*Storage*), serta sistem kontrol dan monitoring operasi PLTS. Panel surya dibagi menjadi 2 jenis yaitu.

mono-crystalline (Si) dibuat dari silicon kristal tunggal dengan nilai efisiensi sekitar 24%, dan *polycrystalline / Multi-crystalline* (Si), dibuat dari bahan campuran silikon dengan efektifitas 18% tetapi biaya lebih murah. Faktor utama yang mempengaruhi produksi energi listrik pada sistem PLTS adalah iradiasi matahari temperatur modul surya, dan shading yang terjadi selama waktu operasi. Iradiasi mempengaruhi hasil arus listrik yang dihasilkan PLTS, temperature modul mempengaruhi hasil tegangan yang dihasilkan PLTS, sedangkan shading mempengaruhi iradiasi matahari yang diterima modul surya pada proses pembangkitan, yang sekaligus berpengaruh pada unjuk kerja sistem PLTS. Pengoperasian sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada faktor berikut :

a. Ambient air temperature



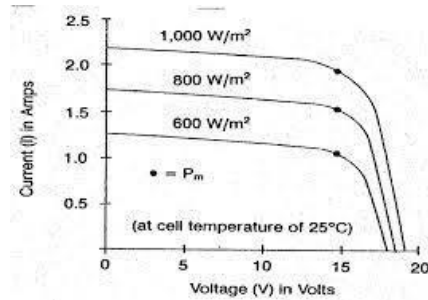
Gambar 2.2 Efek dari kenaikan temperature sel terhadap tegangan (V)

(Sumber : Sumber: Strong, Steven J, The Solar Electric House, p.58)

Sel surya bisa beroperasi secara normal pada kondisi temperature 25°C . Kenaikan temperature lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya maka akan melemahkan tegangan open circuit (V_{oc}). Pada gambar 2.2. setiap kenaikan temperatur sel surya 10°C (dari 25°C) akan mengalami penurunan tegangan sekitar

0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperature per 10°C (Purwoto, 2018)

b. Radiasi matahari



Gambar 2.3 Efek dari intensitas insolation terhadap current (I)

(Sumber : Sumber: Strong, Steven J, The Solar Electric House, p.58)

Radiasi matahari di permukaan bumi dan berbagai tempat satu dan tempat yang lain bervariasi, sehingga hal ini akan mempengaruhi kinerja modul sel surya. Pada gambar 2.3. Insolation solar matahari akan berpengaruh pada nilai current (I) sedikit pada tegangan.

c. Kecepatan angin bertiup

Kenaikan temperatur akan memberikan efek negatif pada kinerja sel surya, sehingga kecepatan tiupan angin disekitar lokasi permukaan sel surya akan membantu menurunkan temperatur permukaan sel surya pada kondisi sel yang beroperasi secara maksimum pada suhu 25°C .

d. Keadaan atmosfer bumi

Hasil maksimum arus listrik deretan sel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang mengenai pada permukaan sel surya, faktor kondisi atmosfer

bumi yang berawan, cerah, hujan, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi.

e. Orientasi kemiringan letak *Solar Cell* terhadap arah matahari

Agar panel surya dapat menghasilkan energi maksimum maka perlu rangkaian sel surya ke arah matahari secara optimal. Sudut orientasi (tilt angle) dari panel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum.

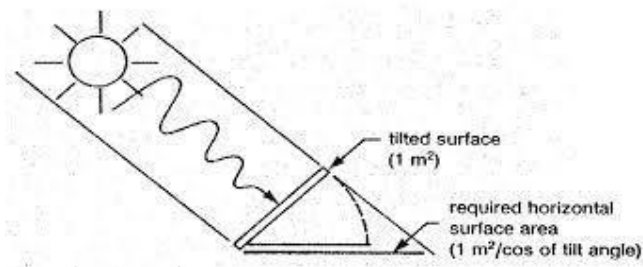
Tabel 2. 1 Posisi kemiringan instalasi panel surya

Garis Lintang	Sudut kemiringan
0 - 15°	15°
15 – 25°	25°
25 – 30°	30°
30 – 35°	40°
35 – 40°	45°
40 – 90°	65°

(Sumber : Ari Rahayuningtyas, 2014)

f. Orientasi panel atau larik panel surya

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke permukaan sel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kw/m^2 . Kalau tidak dapat memposisikan tegak lurus antara sinar matahari dengan PV, maka ekstra luasan bidang panel surya dibutuhkan (bidang panel surya terhadap sun altitude yang berubah setiap jam dalam sehari).

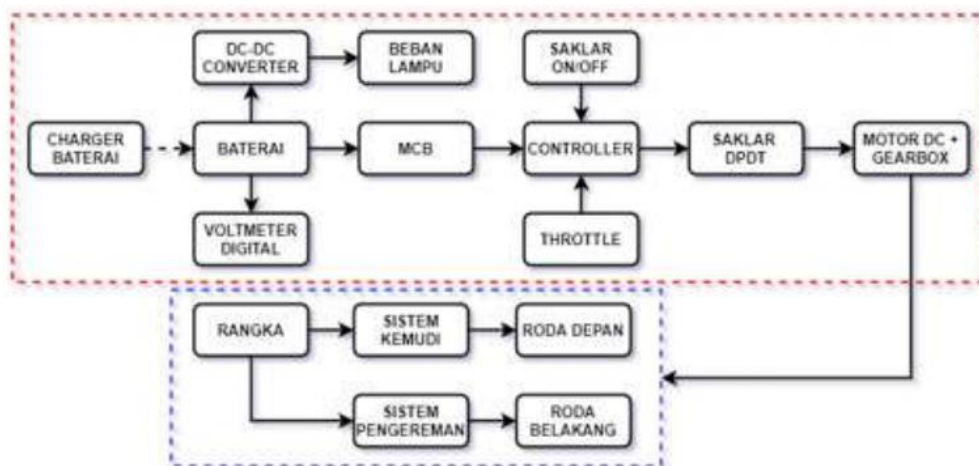


Gambar 2.4 Ekstra luasan panel PV dalam posisi datar

(Sumber : Sumber : Strong, Steven J, The Solar Electric House, p.66)

Panel sel surya pada equator (latitude 0°) yang diletakkan mendatar (tilt angle = 0) akan menghasilkan energi maksimum, sedangkan pada lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan “tilt angle” yang optimum.

2.2. Kendaraan Listrik



Keterangan:

--- = Blok Sistem Elektrik

--- = Blok Sistem Mekanik

Gambar 2.5 Diagram blok kendaraan listrik

(Sumber : Achmad Rizky, 2022)

Kendaraan listrik merupakan kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai mesin penggerakannya. Salah satu hal yang menjadi perhatian utama dalam perkembangan mobil listrik adalah dalam aspek desain mobil listrik. Perkembangan kendaraan listrik dapat diklasifikasikan menjadi BEV (Battery Electric Vehicle), HEV (Hybrid Electric Vehicle), PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) dan FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle). Namun, hanya jenis BEV dan PHEV yang menjadi tren saat ini. Kendaraan listrik tipe PHEV mengkombinasikan motor listrik sebagai penggerak utama dan mesin pembakaran internal (ICE) sebagai penggerak cadangan untuk memperluas jangkauan jelajah, sedangkan kendaraan listrik tipe BEV menggunakan mesin listrik sebagai penggerak utama serta baterai untuk menyimpan energi listrik. Terdapat dua jenis motor penggerak yang umum dipakai kendaraan listrik, yaitu motor AC dan motor DC (Achmad Rizky, 2022).

Kendaraan Listrik pertama kali muncul pada pertengahan abad ke-19 ketika listrik lebih dipilih sebagai tenaga penggerak pada kendaraan. Pada waktu itu kendaraan listrik menawarkan kenyamanan yang lebih baik serta pengoperasian yang lebih baik serta pengoperasian yang lebih mudah daripada kendaraan berbahan bakar bensin. Saat ini, mesin pembakaran dalam memang digunakan sebagai tenaga penggerak utama pada kendaraan tenaga listrik sendiri masih dominan pada kendaraan lainnya, misalnya kereta dan kendaraan kecil.

Pada kendaraan listrik akan sangat bergantung dari perkembangan baterai karena jarak tempuh yang merupakan tantangan kendaraan listrik sangat dipengaruhi pada komponen baterai. Pada pengembangan mobil listrik dibutuhkan suplai energi, energi mobil listrik sumber utamanya terdapat pada baterai yang

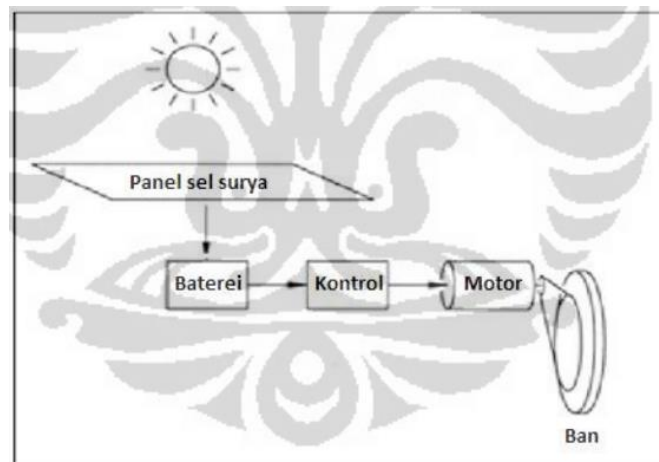
menyimpan listrik. Untuk menambah suplai listrik biasanya dipasang *regenerative braking* yang fungsinya untuk menangkap energi kinetik saat kendaraan berdeselerasi, energi yang dihasilkan ditangkap oleh generator lalu disuplai ke baterai. Sedangkan pada linear generator shock absorber menghasilkan energi pada saat mobil mengayun keatas kebawah untuk meredam getaran pada body sehingga tidak terasa sampai kabin.

Kendaraan Listrik dengan menggunakan sel surya adalah kendaraan yang menggunakan sel *Photovoltaic* untuk mengkonversi sinar matahari menjadi listrik untuk disimpan pada baterai untuk kemudian digunakan untuk menggerakkan motor listrik. Desain kendaraan listrik ini sangat terbatas oleh jumlah masukan energi ke dalam kendaraan. Sebagai alternatif, kendaraan listrik ini menggunakan baterai yang di isi listrik oleh panel surya (Heru Jovandra, 2012).

2.2.1. Sistem Kendaraan Listrik dengan Panel Surya

Kendaraan listrik tenaga surya merupakan kendaraan bertenaga listrik yang menggunakan panel surya sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor listrik. Dalam sistem ini, sinar matahari berperan mengkonversi menjadi energi listrik untuk kemudian disimpan pada baterai kemudian digunakan untuk menggerakkan motor listrik pada kendaraan. Perubahan sumber energi matahari dengan memanfaatkan panel surya menjadi sumber energi listrik yang terbarukan merupakan Upaya untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, panel surya memiliki kelebihan yaitu mampu mengurangi polusi dan hemat energi jika diaplikasikan pada mobil listrik (Rusuminto syahyuniar, 2023).

2.2.2. Diagram Blok Kendaraan Listrik Menggunakan Sel Surya



Gambar 2.6 Diagram blok kendaraan listrik menggunakan panel surya.

(Sumber : Heru Jovandra, 2012)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.6. sumber energi yang didukung oleh energi matahari, komponen utama dari sebuah kendaraan listrik dengan panel surya adalah panel surya yang berfungsi mengumpulkan energi dari matahari dan mengkonversikannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Sel surya mengumpulkan Sebagian dari energi matahari dan menyimpannya ke baterai. Kemudian energi yang tersimpan di baterai akan disalurkan untuk menggerakkan motor.

BM 1418ZXF BLDC Motor
350-750W *MOTOR*

> Parameters

Specification	BM1418ZXF(BLDC)			
Rated Output Power	350W	500W	650W	750W
Rated Voltage	48V DC	48/60V DC	48/60V DC	48/60V DC
Rated speed	2800RPM	2800RPM	2800RPM	2800RPM
No load speed	3100RPM	3100RPM	3100RPM	3100RPM
Full load Current	≤ 9.4A	≤ 13.4/10.8A	≤18.0/14.5A	≤20.0/16.0A
No load Current	≤ 2.8A	≤ 4.0/3.3A	≤4.0/3.5A	≤5.0/4.5A
Rated Torque	1.19 N.m	1.7 N.m	2.20 N.m	2.56 N.m
Efficiency	≥75 %	≥75 %	≥75 %	≥75%
Gear ratio	1:6			
Application	Small and Medium size E-Tricycle			

Gambar 2.7 Spesifikasi dinamo BLDC

2.3. Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel

Dalam rangkaian PLTS ada yang disusun secara seri maupun secara parallel tergantung kebutuhan dilapangan, dimana jika sesuai dengan hukum kirchoff bahwa untuk dapat menambah nilai arus (I) maka diperlukan rangkaian secara parallel, sedangkan apabila ingin menambah nilai tegangan (V) maka dapat menggunakan rangkaian seri. Dalam pengisian baterai kendaraan listrik ini untuk mempercepat proses pengisian akumulator maka dibutuhkan nilai arus (I) yang besar, semakin besar nilai arus yang dihasilkan oleh solar cell maka waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian ini rangkaian seri parallel digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.8 (a) Gambar rangkaian seri (b) Gambar rangkaian parallel

(Sumber : (Bakharuddin Yusuf, 2022))

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad (\text{untuk rangkaian parallel gambar b})$$

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (\text{untuk rangkaian seri gambar a})$$

Dimana :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

2.4. Komponen Kendaraan Listrik Tenaga surya

2.4.1. Panel Surya

Energi surya adalah sumber energi bersih yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis ketersediannya dan energi ini bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik, dengan memakai sel surya. Keuntungan dari penggunaan panel surya sistem perawatan yang mudah dikarenakan tidak ada komponen yang bergerak sehingga tidak menimbulkan suara atau kebisingan. Namun sel surya juga memiliki kelemahan yaitu tidak dapat beroperasi selama 24 jam sehingga memerlukan suatu media menyimpan energi berupa baterai. Panel surya cara kerja mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses photovoltaic dengan menggunakan komponen semi konduktor (zulfikar, 2016).

Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya. Pada umumnya sel surya terbuat dari bahan silikon yang memiliki sifat sebagai penyerap energi radiasi matahari yang sangat baik. Selama panel surya beroperasi dibawah sinar matahari, energi radiasi matahari dikonversi menjadi energi listrik dan terjadi peningkatan temperature sel-sel surya (Khwee, 2013).

Panel surya merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik dengan prinsip fotovoltaiik oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaiic (Photovoltaic cell – disingkat PV)). Sel surya tersusun dari material semi konduktor seperti salah satu contohnya yaitu silicon. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6 Volt tanpa beban atau 0,45 Volt dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang

besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel surya tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16 Volt. Tegangan ini cukup untuk digunakan mensuplai aki 12 Volt. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih Panel Surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari (Purwoto, 2018).

Untuk memenuhi kebutuhan pada pengisian akumulator maka dibutuhkan banyak panel surya dengan menggunakan pendekatan rumus dibawah ini :

$$T = P \times H$$

$$T = WP \times H$$

$$T = P : (Wp \times H) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

T = Total panel surya yang dibutuhkan

P = Daya listrik dalam satuan Watt (W)

H = Pemakaian per jam

Wp = Watt Peak

% = Pemakaian inverter & alat lainnya

(Syahyuniar, R. 2016)

Panel surya memiliki beberapa jenis yaitu panel surya monokristal (*monocrystalline*), panel surya polikristal (*polycrystalline*), dan *Thin Film*

Photovoltaic. Tapi secara umum yang paling banyak dipergunakan adalah jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*.

A. Panel Surya *monocrystalline*



Gambar 2.9 Panel surya monocrystalline

(Sumber : Nogueira, 2015)

Panel surya *monocrystalline* diproduksi dari batangan silinder silicon *monocrystalline* di sebuah oven special, yang kemudian di potong menjadi pellet tipis dengan ketebalan 300 μm . Memiliki efisiensi sampai dengan 15% (Nogueira,2015). Panel surya ini merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. *Monocrystalline* dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharianya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Selain itu karena rumit dan banyaknya proses produksi, panel surya monokristalin cenderung memiliki harga yang lebih mahal (Purwoto, 2018).

B. Panel Surya *polycrystalline*



Gambar 2.10 Panel surya *polycrystalline*

(Sumber : Nogueira, 2015)

Sel silicon *polycrystalline* dibuat dari blok silicon yang diperoleh dengan melelehkan bagian silicon murni dalam cetakan khusus. Dalam proses ini atom tidak tersusun menjadi kristal tunggal. Efisiensi dalam mengubah tenaga surya menjadi tenaga listrik dari sel surya *polycrystalline* kurang lebih 13% (Nogueira,2015). Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Karena proses produksinya lebih mudah tipe ini memiliki harga yang cenderung lebih rendah. Gambar 2.10. menunjukkan gambar panel surya *polycrystalline*

.C. Panel Surya *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. 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 (Purwoto, 2018).

Agar panel surya dapat digunakan diperlukan satu rangkaian pembangkit listrik tenaga surya yang meliputi panel surya, *solar charger controller*, inverter, dan baterai.

2.4.2. Akumulator

Akumulator adalah sebuah sumber arus listrik yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Akumulator termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Akumulator pertama kali ditemukan oleh ahli fisika Perancis, bernama Gaston Plante pada tahun 1859 (Nasrah Anjani s, 2014)

Bagian – bagian utama akumulator adalah :

1. Kutub positif (anode), terbuat dari timbal dioksida (PbO_2).
2. Kutub negatif, (katode) terbuat dari timbal murni (Pb)
3. Larutan elektrolit, terbuat dari asam sulat ((H_2SO_4))

a. Kontruksi ACCU

Lempeng timbal dioksida dan timbal murni disusun saling bersisipan dan membentuk satu pasang sel akumulator yang saling berdekatan dan dipisahkan oleh bahan penyekat berupa isolator dan dimasukkan ke kotak dari bahan isolator (Maulana Alfian, 2013). Beda potensial setiap sel aki adalah 2 volt. Kemampuan aki dalam mengalirkan arus listrik disebut : kapasitas aki, yang dinyatakan dengan satuan amper jam (amper hour = Ah).

jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai tersebut kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$Ah = I \times T \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

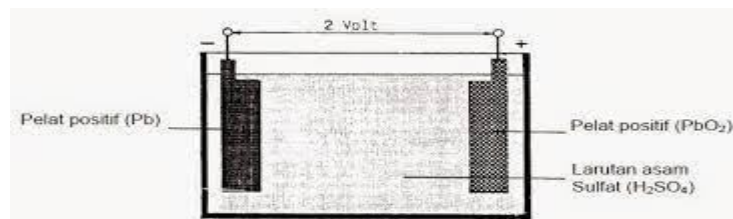
Ah = Kapasitas Baterai

I = Kuat arus (ampere)

V = Tegangan (Volt)

T = Waktu (jam/sekon)

(Yusuf, 2022)



Gambar 2.11 Kontruksi aki

(Sumber : Wijaya Kusuma, 2014)

Tabel 2. 2 Kapasitas baterai

Kapasitas Aki (%)	Tegangan
0%	11
10%	11,2
20%	11,4
30%	11,6
40%	11,8
50%	12
60%	12,2
70%	12,4
80%	12,6
90%	12,8
100%	13

(Sumber : Heru Jovandra, 2012)

Untuk menghitung lama akumulator dalam membebackup beban yaitu dengan persamaan dibawah ini :

$$I = P/V \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$$T = Ah/I$$

I = Arus (Ampere)

Ah = Kapasitas Akumulator

T = Waktu

P = Beban (Watt)

V = Tegangan Volt

(Mahardika dkk., 2016)

2.4.3. Solar Charger Controller

Solar charge controller adalah salah satu komponen di dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan. *Solar charge controller* mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai. Sebagian besar panel surya 12 Volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16 sampai 20 Volt DC, jadi jika tidak ada pengaturan, baterai akan rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan. Pada umumnya baterai 12 Volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13-14,8 Volt (tergantung tipe baterai) untuk dapat terisi penuh. Gambar *solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 2.12. Berikut fungsi dan fitur dari *solar charge controller* (Purwoto, 2018):

- A. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah pengisian yang berlebihan. Dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di dalam kondisi ini, listrik yang tersuplai dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban / peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik.
- B. Saat tegangan di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka *controller* menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban / peralatan listrik. Dalam kondisi tegangan tertentu (umumnya sekitar 10% sisa tegangan di baterai), maka pemutusan arus beban dilakukan oleh *controller*. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel – sel baterai. Pada kebanyakan model *controller*, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses pengisian. Pada *controller* tipe – tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya tersebut.



Gambar 2.12 Solar charger controller

(<https://www.sanspower.com>)

Untuk mengetahui jumlah *solar charger controller* yang berfungsi sebagai pengontrol baterai pada saat pengisian ini didapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = P : V \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana

T = Total *solar charger controller* yang dibutuhkan

P = Daya listrik dalam satuan watt (W)

V = tegangan baterai

(Darma, 2017)

2.4.4. MC4 Connector Y Type 1



Gambar 2.13 MC4 connector Y type 1

(Sumber : <https://panelsuryajakarta.com/mc4-connector-y/>)

Konektor ini berfungsi untuk menghubungkan paralelkan output dari keluaran *photovoltaic* modul.

2.4.5. Kabel

Kabel berfungsi sebagai media transfer arus dari sumber yaitu *photovoltaic* menuju ke beban yaitu akumulator. Spesifikasi serta ukuran kabel yang digunakan disesuaikan berdasarkan besarnya nilai arus yang dihasilkan dari *photovoltaic* dikarenakan pada setiap ukuran penampang kabel memiliki kuat hantar arus (KHA) tersendiri.

TABEL KEMAMPUAN HANTAR ARUS		
NO	PENAMPANG KABEL (mm ²)	KEMAMPUAN HANTAR ARUS (AMPERE)
1	0.75	12
2	2	15
3	1.5	18
4	2.5	26
5	4	34
6	6	44
7	10	61
8	16	82
9	25	108
10	35	135
11	50	168
12	70	207
13	95	250
14	120	292

Gambar 2.14 Kemampuan hantar arus

(Sumber : <https://multi-kabel.com/cara-menghitung-ukuran-kabel-listrik/>)

2.4.6. Motor Listrik BLDC

Brushless DC (BLDC) motor adalah pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan keandalan yang tinggi, efisiensi tinggi, dan tinggi power-to-volume ratio. Secara umum, motor BLDC dianggap motor performa tinggi yang mampu memberikan torsi pada rentang kecepatan yang luas. Secara performa BLDC motor dapat menghasilkan torsi maksimal pada RPM yang rendah dan secara bertahap akan menurun seiring meningkatnya RPM motor (Nainggolan, 2016).

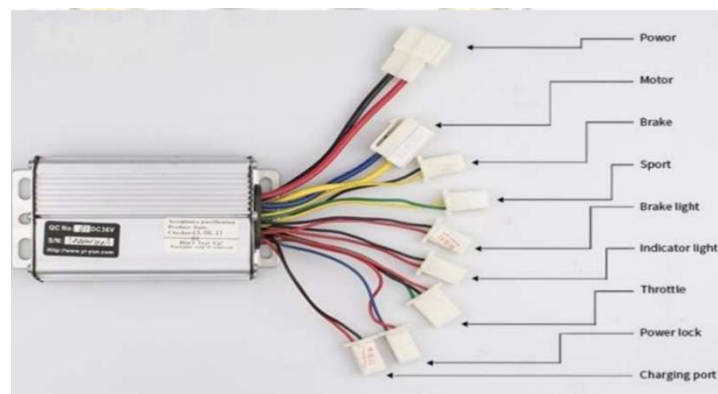


Gambar 2.15 Dinamo motor listrik BLDC

(Sumber : <https://m.ebay.com.au/itm/123743409203>)

2.4.7. *Controller Motor BLDC*

Controller pada motor DC *brushless* berperan sangat penting dapat dikatakan sebagai penunjang utama operasi motor DC *brushless* karena motor DC *brushless* membutuhkan suatu trigger pulsa yang masuk ke bagian elektromagnetik (stator) motor DC *brushless* untuk memberikan pengaturan besarnya arus yang mengalir sehingga putaran motor dapat diatur secara akurat (Nainggolan, 2016).



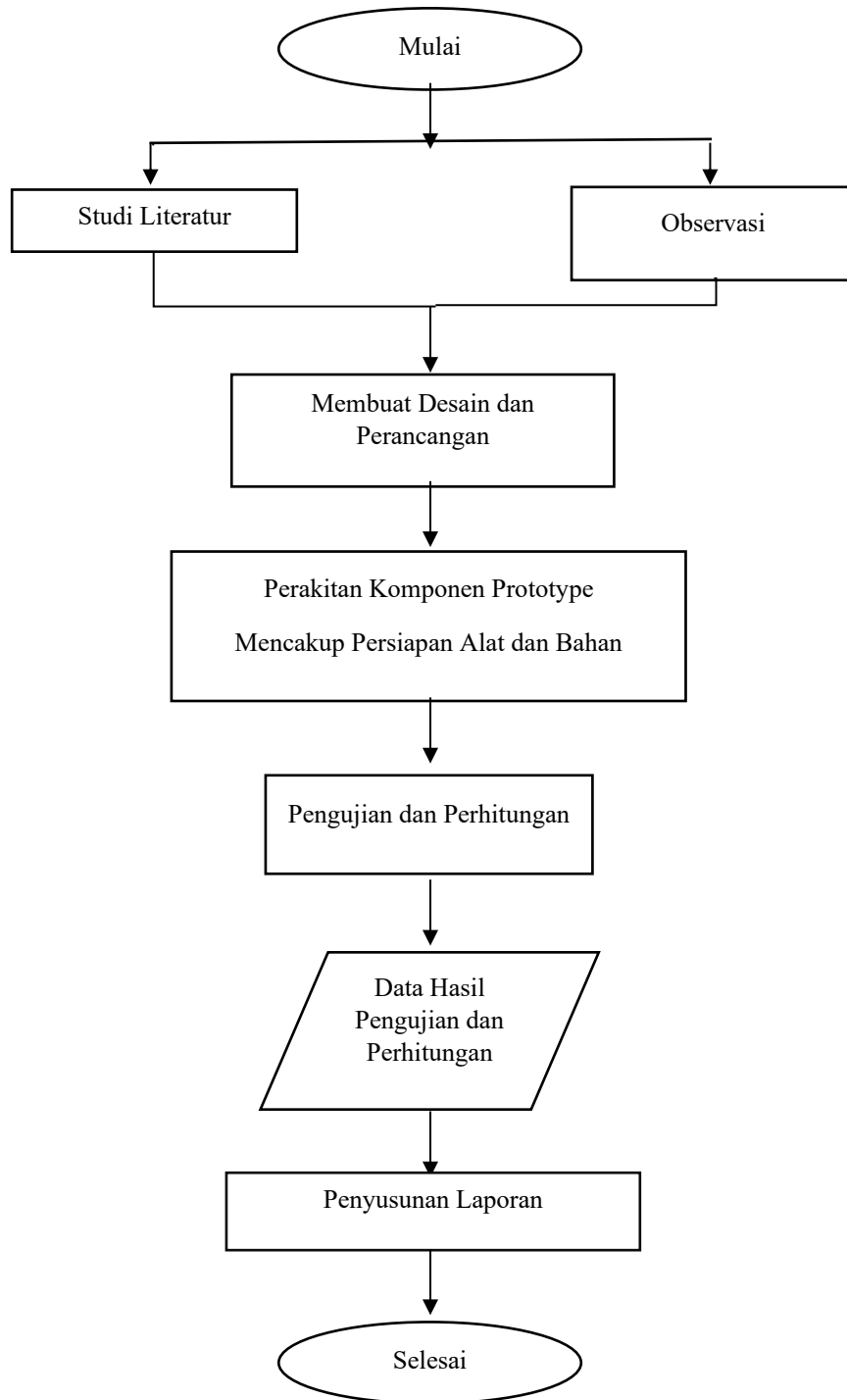
Gambar 2.16 Controller motor

(Sumber : <https://id.aliexpress.com/>)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

3.2. Identifikasi Kebutuhan Penggunaan

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.2.1. Studi Literatur

Kajian Literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data melalui buku-buku literatur, materi perkuliahan dan buku-buku yang berhubungan dengan obyek Proyek Akhir serta browsing internet untuk mendalami pemahaman tentang perancangan serta pemilihan bahan yang diperlukan dalam rancang bangun pengaplikasian solar cell pada kendaraan listrik ini.

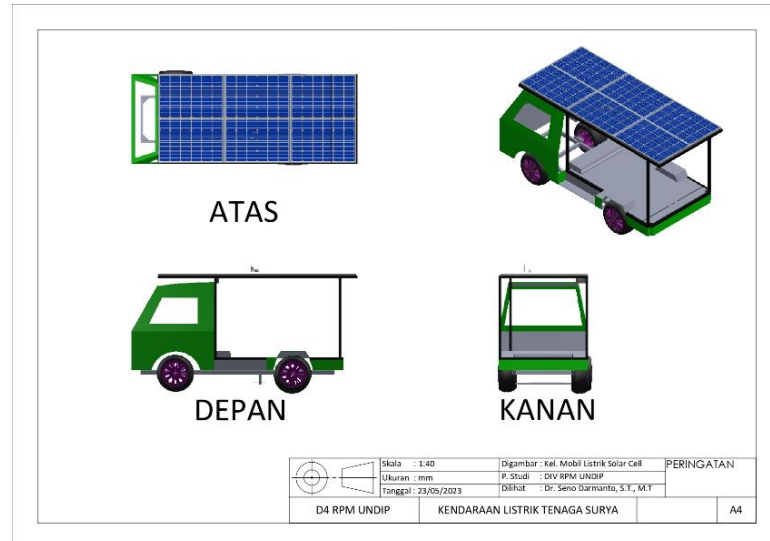
3.2.2. Metode Observasi

Melakukan penelitian secara langsung terhadap obyek penelitian untuk memperoleh data yang diperlukan dengan turun langsung ke lapangan dan memahami tentang cara perancangan dan pengoperasian prototype ini.

3.3. Desain Alat dan Skema Rancangan Kelistrikan

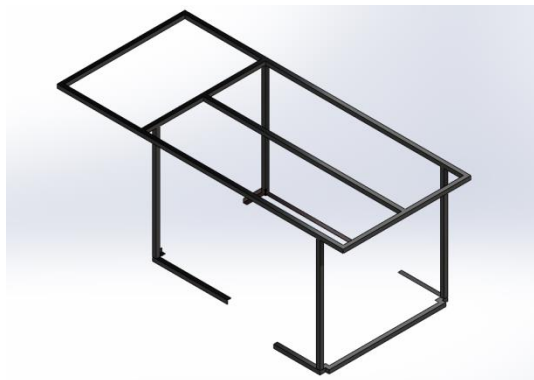
Pada kendaraan listrik konversi dari kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik ini menggunakan basis dari kendaraan Daihatsu Hijet 1000 yang dipotong bagian belakangnya untuk meringankan berat mobil yang akan dibuat kendaraan listrik. Motor yang digunakan pada kendaraan listrik ini menggunakan motor BLDC dengan tegangan 48 V daya 350 watt. Dengan menggunakan baterai 48V 20Ah. Pada kendaraan listrik daya dari baterai merupakan suatu hal yang penting karena mempengaruhi dari jarak tempuh dari mobil listrik. Sehingga diperlukan energi tambahan selain dari energi baterai utama yaitu energi surya dari

matahari yang dikonversi oleh panel surya menjadi energi listrik yang kemudian disimpan dibaterai untuk menambah jarak tempuh dari kendaraan listrik.



Gambar 3.2 Desain kendaraan listrik dengan panel surya

3.3.1. Desain Rangka Instalasi Panel Surya Pada Kendaraan Listrik



Gambar 3.3 Desain 3D rangka

Jumlah : 1 Set

Bahan : Besi profil L 40 x 40 x 2 mm dan profil hollow 40 x 40 x 1,2 mm

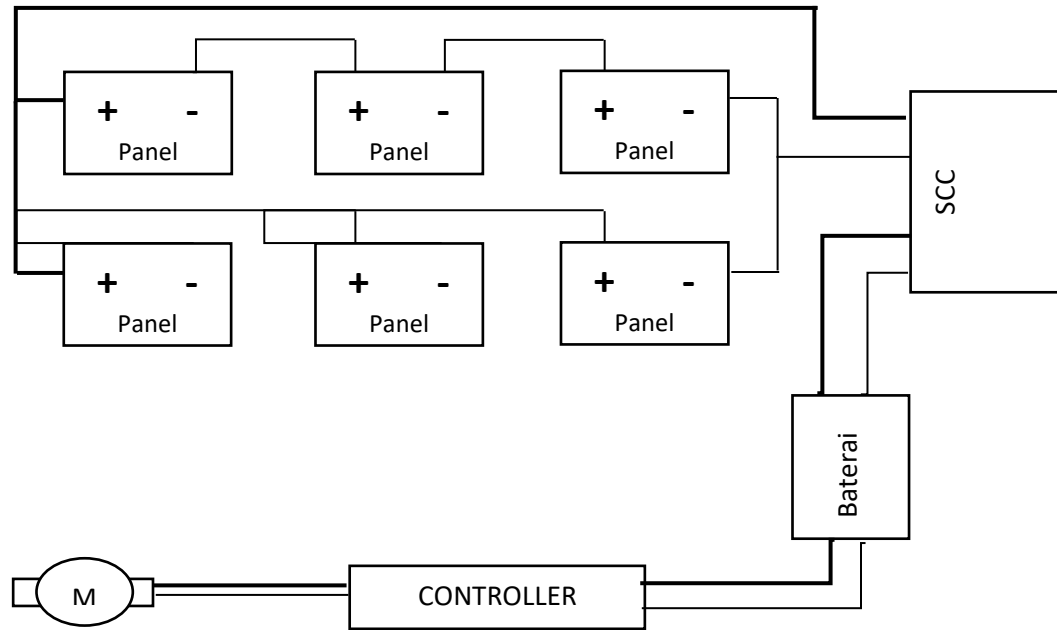
Ukuran : 3090 x 1380 x 1300 mm

Pada proses ini peralatan yang digunakan adalah gerinda dan mesin las SMAW berikut ini merupakan tahapan dari pembuatan dari rangka

1. Memahami gambar dan dimensi pada gambar kerja dengan material yang akan diproses.
2. Mengukur Panjang profil hollow dan profil L yang akan dipotong dengan ukuran rangka yang ada pada gambar kerja, lalu menandai sesuai ukuran yang telah ditentukan dengan kapur.
3. Memotong besi profil hollow dan profil L sesuai tanda yang diberikan menggunakan gerinda potong
4. Pastikan semua bagian yang dibutuhkan untuk membuat rangka sudah terpotong.
5. Sambung antar besi yang sudah dipotong sesuai desain rangka sesuai dengan menggunakan pengelasan SMAW.
6. Pastikan hasil pengelasan sudah kuat dan sempurna.
7. Rapikan bagian – bagian ujung yang masih kasar dengan gerinda yang sudah diganti menggunakan mata gerinda amplas.

3.3.2. Perancangan Skema Sistem Panel Surya Pada Kendaraan Listrik

Perancangan sistem elektrik secara keseluruhan bertujuan agar listrik dari panel surya dapat mengisi baterai dan menggerakkan motor listrik dapat menggunakan 2 sumber daya listrik yaitu dengan menggunakan panel surya dan listrik rumah. Keseluruhan sistem yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skema rancangan sistem panel surya pada kendaraan listrik
 Pada rancangan sistem panel surya, dibutuhkan beberapa peralatan dan material yang digunakan diantaranya :

1. Panel surya
2. Kabel
3. *Solar charger controller*
4. Baterai
5. *MC4 connector Y type 1*

Pada gambar 3.4 terdapat 2 sumber tegangan yang digunakan pada kendaraan listrik yang digunakan untuk mengisi baterai yaitu berasal dari panel surya dan listrik rumah AC 220 Volt. Hal ini bertujuan agar pada malam hari dan kondisi aki tidak terisi penuh, dapat menggunakan sumber listrik rumah sebagai pengganti panel surya dan kendaraan bisa digunakan pada pagi harinya. Arus listrik dari panel surya ke baterai melewati *Solar Charger Controller* atau SCC sebelum tersimpan kedalam aki. Karena SCC berfungsi mengatur tegangan dan arus dari

panel surya ke baterai agar menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan. Dibutuhkan baterai charger 48 Volt DC untuk mengisi baterai aki 48 Volt dengan input tegangan 220 Volt AC.

3.4. Proses Pembuatan dan Perancangan

Berikut merupakan proses fabrikasi prototype kendaraan listrik dengan panel surya sebagai alternatif pengisian baterai 48V 20 Ah.

3.4.1. Proses Pembuatan Rangka Dudukan Panel Surya

Pembuatan rangka dudukan panel surya dilakukan dengan menggunakan bahan rangka besi profil hollow dan besi profil L yang disambung menggunakan las dimana ukurannya disesuaikan dengan dimensi dari photovoltaic. Rangka panel surya kemudian dipasang pada bagian belakang mobil dengan di baut.



Gambar 3.5 Proses pembuatan rangka dudukan panel surya

3.4.2. Proses Pemasangan Panel Surya

pemasangan 6 panel surya dilakukan dengan cara melatakkkan panel surya diatas rangka dudukan secara sejajar kemudian dibaut untuk merekatkannya.



Gambar 3.6 Pemasangan panel surya ke atas rangka dudukan

3.4.3. Proses Seri Paralel 6 Unit Panel Surya

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, rangkaian pada tiga unit panel surya disusun secara seri dengan tujuan untuk meningkatkan nilai tegangan untuk mengisi baterai 48 V. untuk menseri panel surya sambungkan kutub positif dengan kutub negatif dengan panel yang lain. Setelah itu panel surya diparalel untuk memparalelkan dua unit panel surya yang sudah diseri dengan menggunakan connector type Y beserta connector male female. Tujuan dari memparalelkan untuk meningkatkan nilai arus pada sistem panel surya.

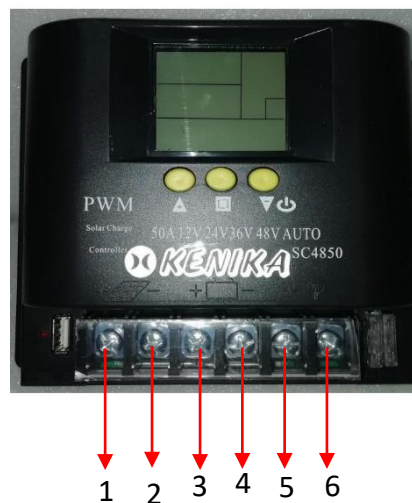


Gambar 3.7 Menseri paralelkan 6 unit panel surya

3.4.4. Pemasangan *Solar Charger Controller* (SCC)

Pemasangan *solar charger controller* dilakukan guna mengatur tegangan output dari panel surya agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan pada proses pengisian akumulator yaitu 48V DC, *solar charger controller* dipasang pada sisi output panel surya yang sudah diseri parallel. Pada pemasangan *solar charger controller* perlu diperhatikan masing-masing.

Posisi Wiring kabel terhadap terminal di *solar charger controller*



Gambar 3. 8 Wiring terminal solar charge controller

Tabel 3. 1. Wiring terminal solar charge controller

Nomor	Keterangan
1	Terminal input dari sumber <i>photovoltaic</i> (+)
2	Terminal input dari sumber <i>photovoltaic</i> (-)
3	Terminal output ke beban akumulator (+)
4	Terminal output ke beban akumulator (-)
5	Terminal output ke beban lampu DC (+)
6	Terminal output ke beban lampu DC (+)



Gambar 3.9 Pemasangan solar charger controller

3.4.5. Pemasangan Kabel Output dari *Solar Charge Controller* ke Beban (Akumulator)

Sesuai pada gambar 3.8. wiring terminal *solar charge controller*, pemasangan kabel output dari solar charge controller ke akumulator yaitu dipasang pada terminal 3 dan terminal 4.

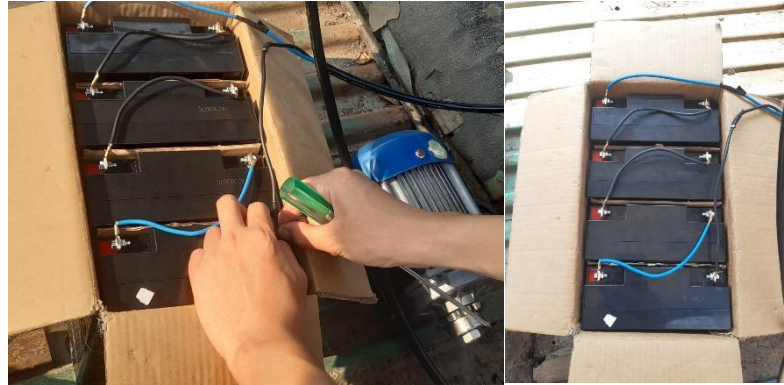


Gambar 3.10 Pemasangan kabel output dari solar charger controller ke beban (akumulator)

3.4.6. Pemasangan Akumulator

Akumulator dipasang di bawah rangka dudukan photovoltaic untuk kemudian pengisian akumulator bisa dilakukan dengan memasang probe kutub

positif dipasang pada kutub positif akumulator sedangkan untuk probe kutub negatif dipasang pada kutub negatif akumulator.



Gambar 3.11 Pemasangan akumulator

3.4.7. Pemasangan Akumulator ke *Controller* Motor



Gambar 3.12 Pemasangan akumulator ke controller motor

Kabel *controller* motor dipasang pada akumulator dengan menyambungkan kabel power *controller* motor kutub positif disambungkan ke kutub positif dan kutub negatif disambungkan ke kutub negatif

3.5. Pengujian Alat

Pengujian kendaraan listrik dengan panel surya bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari penggunaan panel surya pada kendaraan listrik.

Pengukuran meliputi perangkat mekanik yaitu banyaknya rotasi per menit (RPM).

Pada perangkat elektrik parameter yang akan diukur meliputi tegangan dan arus.

Pengukuran pada kendaraan listrik bertujuan untuk sebagai berikut :

1. Mengetahui daya yang mengalir pada kendaraan listrik.
2. Mengetahui daya yang dipakai pada kendaraan listrik.
3. Mengetahui lifetime energi pada kendaraan listrik.

Pengujian meliputi beberapa tahap yaitu :

1. Pengukuran yang dilakukan pertama adalah pengukuran pada sistem mekanik pada kendaraan listrik. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan putaran maksimal putaran roda dari kendaraan listrik ketika keadaan tanpa beban (diangkat).
2. Pengukuran yang kedua adalah pengukuran susut tegangan pada baterai. Pengukuran susut tegangan ini digunakan untuk mengetahui lifetime energi kendaraan listrik secara perhitungan dan pengukuran.
3. Pengukuran yang ketiga adalah pengukuran tegangan dan arus untuk mengetahui daya dan energi yang dihasilkan oleh panel surya ketika dihubungkan dengan baterai.
4. Pengukuran yang keempat meliputi pengukuran susut tegangan pada baterai. Pengukuran susut tegangan ini digunakan untuk menghitung lifetime energi pada kendaraan listrik tenaga surya secara perhitungan dan percobaan.
5. Pengukuran yang kelima meliputi pengujian jalan untuk mengetahui kecepatan dan jarak yang dapat di tempuh pada kondisi operasional nyata.

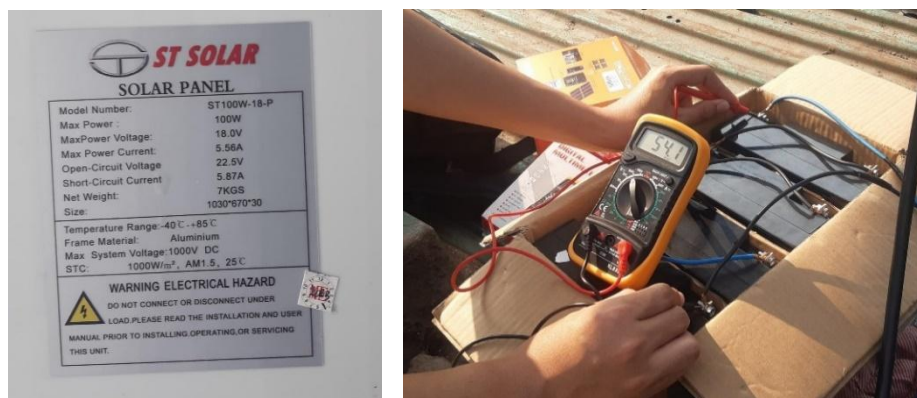
Pengukuran setiap parameter uji kinerja alat dilakukan dengan alat ukur berikut :

1. Avometer adalah singkatan dari Ampere, Volt, Ohm meter, jadi avometer adalah alat untuk mengukur arus, tegangan, tahanan pada suatu rangkaian
2. *Tachometer*, berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran pada mesin (RPM).
3. Timer, berfungsi untuk mengukur waktu yang telah ditempuh selama pengukuran.
4. Aplikasi Relife dari ponsel android berfungsi untuk mengukur waktu, kecepatan dan jarak yang di tempuh saat uji jalan.

3.5.1. Pengujian Daya yang Dihasilkan Panel Surya

Pengujian alat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian terhadap output panel surya yaitu mengukur tegangan output pada solar cell menggunakan avometer apakah sesuai dengan spesifikasi yang tertera pada name plate. Pada pengujian ini 3 panel surya di sambung secara seri parallel.



Gambar 3. 13 Melakukan pengujian output panel surya

- Melakukan pengecekan terhadap rangkaian kabel wiring dari panel surya yang disusun secara seri parallel menuju *solar charger controller* kemudian ke baterai sesuai pada skema pada gambar 3.4.



Gambar 3.14 Pengecekan terhadap rangkaian kabel wiring dari panel surya

- Lakukan pengujian pengisian, pengujian dimulai pukul 11.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB.
- Catat parameter pengukuran pada *solar charger controller*.
- Lakukan dokumentasi atau foto hasil pengukuran kemudian catat parameter tiap 10 menit menggunakan format tabel dibawah ini.



Gambar 3.15 Hasil pengukuran pada solar charger controller

Tabel 3.2 Format tabel pengujian

N O	Pukul	V (Volt)	I (Ampere)	W (Watt)
1	11.00			
2	11.10			
3	11.20			
4	11.30			
5	11.40			
6	11.50			
7	12.00			
8	12.10			
9	12.20			
dst				

6. Untuk mengetahui bahwa baterai sudah penuh lakukan pengukuran arus dengan melihat pada display *solar charger controller*. Apabila nilai arus terbaca 0 ampere berarti menunjukkan bahwa baterai sudah penuh. Hasil pengukuran terhadap nilai arus pada saat kondisi penuh dapat ditunjukkan pada gambar 3.16. pada kondisi tersebut pengisian sudah selesai.



Gambar 3.16 Pengukuran nilai arus yang mengalir ke akumulator

7. Catat pada tabel monitoring pengukuran.

8. Hasil dari pengukuran yang menunjukkan nilai arus 0 ampere menunjukkan bahwa proses pengisian selesai atau dengan kata lain bahwa akumulator sudah terisi penuh.

3.5.2. Pengujian Kendaraan Listrik Tanpa panel Surya

Pengujian alat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. angkat mobil dengan dongkrak sampai ban belakang tidak menyentuh tanah.



Gambar 3.17 Pemasangan dongkrak

2. Pasang baterai dan sambungkan controller motor.
3. Kemudian injak pedal gas.
4. Lakukan dokumentasi atau foto hasil pengukuran kemudian catat parameter tiap 7 menit menggunakan format tabel dibawah ini.

Tabel 3. 3 Format Tabel Pengujian kendaraan listrik

NO	Putaran Roda (RPM)	Menit	Tegangan Baterai (Volt)

5. Untuk mengetahui penurunan tegangan pada baterai cek dengan menggunakan avometer. Apabila nilai tegangan pada baterai sudah menunjukkan 48V maka pengujian dihentikan.
6. Untuk mengetahui putaran roda gunakan *tachometer*.

7. Hasil dari pengukuran yang menunjukkan tegangan 48 V proses pengujian sudah selesai.

3.5.3. Pengujian Kendaraan Listrik dengan Panel Surya

Pengujian alat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. angkat mobil dengan dongkrak sampai ban belakang tidak menyentuh tanah.
2. Pasang baterai sambungkan controller motor.
3. Sambungkan baterai dengan instalasi panel surya agar baterai terisi saat pengujian.
4. Kemudian injak pedal gas.
5. Lakukan dokumentasi atau foto hasil pengukuran kemudian catat parameter tiap 30 menit menggunakan format tabel dibawah ini.

Tabel 3. 4 Format tabel Pengujian kendaraan listrik dengan panel surya

Pukul	Tegangan Panel (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Daya Panel (Watt)	Tegangan Baterai (Volt)	Putaran Roda (RPM)
11.00					
11.30					

6. Untuk mengetahui penurunan tegangan pada baterai cek dengan menggunakan avometer. Saat mengambil data tegangan baterai lepas kabel panel surya. Apabila nilai tegangan pada baterai sudah menunjukkan 48V maka pengujian sudah selesai.
7. Untuk mengetahui putaran roda gunakan *tachometer*.
8. Hasil dari pengukuran yang menunjukkan tegangan 48 V proses pengujian sudah selesai.

3.6. Perhitungan Secara Teoritis

Setelah melakukan perancangan beberapa variable dibutuhkan saat menghitung kebutuhan energi kendaraan listrik dengan menggunakan baterai 48 Volt 20Ah dengan panel surya sebagai alternatif pengisian. Antara variable satu dengan yang lainnya saling berhubungan. Perhitungan kajian eksperimen dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu secara teoritis.

3.6.1. Menghitung Nilai Arus Pada Aki

Untuk menghitung nilai arus pada akumulator dapat dicari dengan persamaan

(2.2)

3.6.2. Menghitung Jumlah *Solar Charge Controller*

Untuk mengetahui jumlah *solar charge controller* yang berfungsi sebagai pengontrol baterai pada saat pengisian dapat menggunakan pendekatan sebagai berikut, sesuai spesifikasi SCC pada tabel 4.2, maka jumlah SCC dapat dihitung dengan persamaan

$$T = P / V$$

Dimana :

T = Total solar charge controller yang dibutuhkan

P = Daya listrik dalam satuan Watt (W)

V = Tegangan baterai (volt)

Sehingga,

$$T = 600 \text{ Wp} / 48 \text{ volt}$$

$$T = 12,5 \text{ ampere}$$

Dalam hal ini daya listrik yang digunakan yaitu daya yang dihasilkan dari panel surya yaitu sebesar 600 Wp. Sehingga dapat diperoleh nilai arus yang yang dihasilkan sebesar 12,5 ampere apabila menggunakan panel surya dengan spesifikasi pada tabel 4.2. yaitu 50 ampere maka hanya cukup menggunakan satu unit saja.

3.6.3. Waktu yang Dibutuhkan

Kebutuhan panel surya dengan spesifikasi pada tabel 4.1 yang digunakan dalam proses pengisian baterai pada kendaraan listrik dengan kapasitas 48 Volt 20 Ah dapat dihitung secara teoritis menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$T = P : (W_p \times H)$$

Dimana :

T = Total panel surya yang dibutuhkan

P = Daya listrik dalam satuan Watt (W)

H = Pemakaian per Jam (waktu yang dibutuhkan untuk pengisian)

Wp = Watt Peak

Sehingga apabila pada pengujian eksperimen ini sudah ditentukan spesifikasi panel surya yaitu sebesar 100 Wp dan jumlah panel surya yang akan digunakan yaitu sejumlah 6 unit, maka akan diperoleh nilai H, yaitu berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam proses pengisian akumulator dengan kapasitas 20 Ah 48 Volt.

$$P(\text{aki}) = V \times I \times \cos \phi$$

$$P(\text{aki}) = 48 \text{ Volt} \times 20 \text{ Ah} \times 0.85$$

$$P(\text{aki}) = 960 \text{ Wh}$$

Kemudian nilai H dapat dicari dengan persamaan

$$H = P / T / W_p$$

$$H = 960 \text{ Wh} / 6 / 100 W_p$$

$$H = 1 \text{ jam } 36 \text{ menit}$$

Dari perhitungan diatas dapat diperoleh nilai H atau lamanya waktu pengisian apabila menggunakan panel surya sesuai spesifikasi tabel 4.1, yaitu 1 jam 36 menit pengisian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan dan Desain Alat

Berikut merupakan hasil rancangan dan rangkaian alat yang sudah dibuat menjadi satu rangkaian alat pengisian baterai kendaraan listrik menggunakan panel surya.



Gambar 4. 1 Hasil rancang bangun panel surya yang di rangkai seri paralel
Komponen – komponen yang digunakan dalam desain rancangan prototype
aplikasi panel surya pada kendaraan listrik :

1. Panel surya

Panel surya merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik dengan prinsip fotovoltaik oleh karenanya dinamakan juga

sel fotovoltaic (Photovoltaic cell – disingkat PV). Berikut merupakan spesifikasi panel surya yang digunakan pada kendaraan listrik :

Tabel 4. 1 Spesifikasi panel surya yang digunakan

Spesifikasi	Keterangan
Type	ST100W-18-P
Max Power	100 W
Max Power Voltage	18 V
Max Power Current	5,56 A
Open Circuit Voltage	22,5 V
Short-Circuit current	5,87 A
Operating Temperature	-40°C sampai +85°C
Cell technology	Poly – Si
Dimensi	1030 × 670 × 30 mm ³
Berat	7 kg

2. Kabel DC

Spesifikasi serta ukuran kabel yang Spesifikasi serta ukuran kabel yang digunakan disesuaikan berdasarkan besarnya nilai arus yang dihasilkan dari photovoltaic dimana berdasarkan spesifikasi nilai arus yang dihasilkan sebesar 5,56 A. Sesuai dengan desain yang telah dibuat yaitu menggunakan 6 buah photovoltaic yang dirangkai secara Seri paralel sehingga arus total yang dihasilkan sebesar 11,12 A

$$I \text{ tot Seri paralel} = 5,56 + 5,56$$

$$I \text{ tot Seri paralel} = 11,12 \text{ A}$$

Secara perhitungan, arus maksimal yang dihasilkan 2 buah photovoltaic sebesar 11,12 A sehingga dibutuhkan kabel dengan penampang sebesar 1,5 mm² sesuai pada gambar 2.14. dikarenakan ketersediaan ukuran kabel DC terkecil yaitu 1,5 mm²

3. Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charger controller berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel maupun arus beban keluar/digunakan.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Solar Charger Controller

Keterangan	Satuan
Nilai arus maksimal	50 Ampere
Tegangan	48 V

4.2. Data Hasil Pengukuran Panel Surya

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh data hasil pengujian serta pengukuran sebagai berikut.

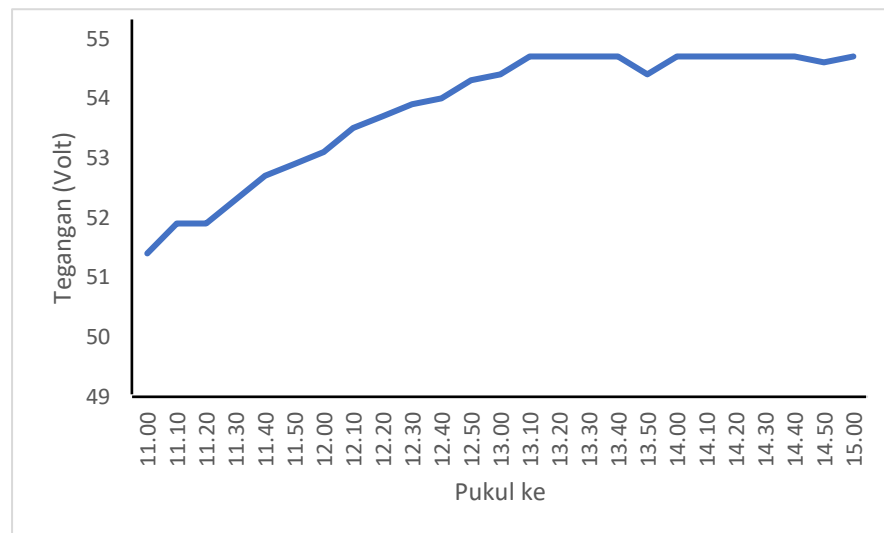
Tabel 4. 3 Hasil pengujian dan pengukuran

N	O	Pukul	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1		11.00	51,4	6,2	318,68
2		11.10	51,9	6,2	321,78
3		11.20	51,9	5,8	301,02
4		11.30	52,3	5,5	287,65
5		11.40	52,7	5,5	289,85
6		11.50	52,9	5,3	280,37
7		12.00	53,1	5	265,5
8		12.10	53,5	5	267,5
9		12.20	53,7	4,8	257,76
10		12.30	53,9	4,5	242,55
11		12.40	54	4,1	221,4
12		12.50	54,3	3,8	206,34
13		13.00	54,4	3,6	195,84
14		13.10	54,7	3,3	180,51
15		13.20	54,7	3,3	180,51
16		13.30	54,7	2,3	125,81
17		13.40	54,7	2,1	114,87
18		13.50	54,4	1,6	87,04
19		14.00	54,7	1,6	87,52
20		14.10	54,7	1,4	76,58
21		14.20	54,7	1,4	76,58
22		14.30	54,7	1,2	65,64
23		14.40	54,7	1,2	65,64
24		14.50	54,6	1,2	65,52
25		15.00	54,7	0,9	49,23

Dari hasil pengujian proses pengisian yang dimulai dari pukul 11.00 WIB hingga 15.00 WIB. Pengukuran dihentikan ketika kapasitas baterai tersebut penuh dan dilakukan pengukuran arus setiap 10 menit, sehingga dapat diperoleh nilai arus maupun tegangan. Nilai arus dan tegangan akan diformulasikan sehingga menghasilkan nilai daya output dari panel surya. Pada hasil pengujian tabel 4.3 baterai penuh dalam waktu ± 4 jam dengan kondisi cuaca cerah.

4.2.1. Tegangan Terhadap Waktu

Tegangan keluaran panel surya berubah ubah tergantung intensitas cahaya matahari yang dihasilkan oleh panel surya 100 Wp. Akan tetapi perubahan tegangan panel surya tidak terlalu signifikan sehingga energi listrik dapat dialirkan tetap masuk ke baterai karena tegangan keluaran dari panel surya lebih tinggi daripada baterai.

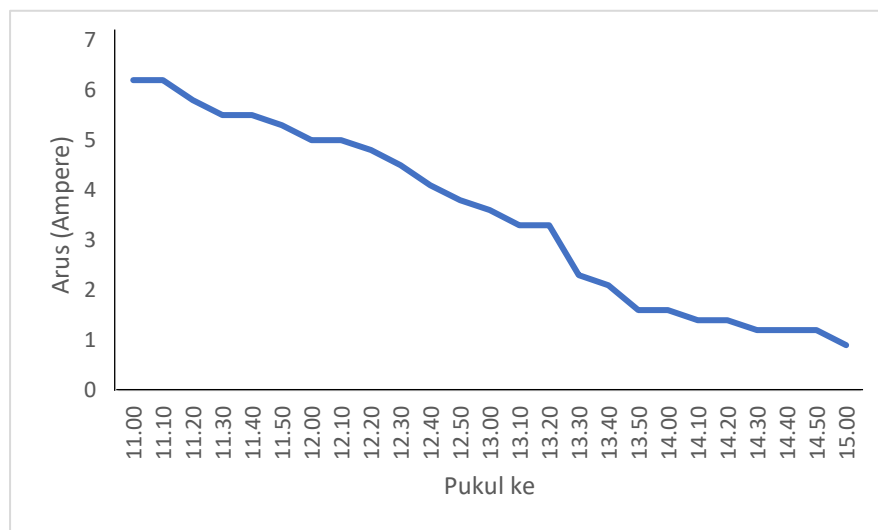


Gambar 4. 2 Grafik tegangan yang masuk ke baterai

4.2.2. Arus Terhadap Waktu

Arus Terhadap waktu arus yang masuk ke baterai dipengaruhi intensitas cahaya matahari yang berubah – ubah maka arus yang dihasilkan oleh panel surya

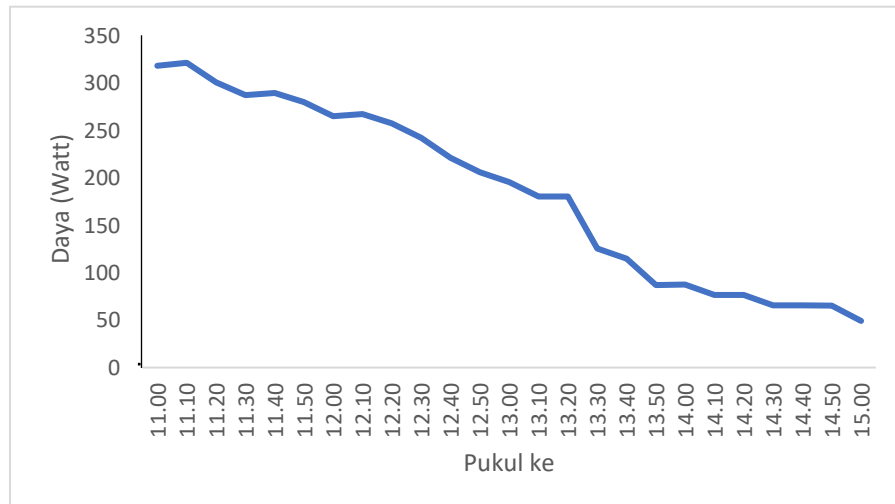
juga berubah. Penurunan arus yang mengalir ke baterai disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang berkurang, hal ini disebabkan oleh sinar matahari yang tertutup awan. Nilai arus yang paling tinggi pada saat saat pengukuran adalah 6,2 ampere, arus ini terjadi pada saat pengisian tegangan baterai 51,4 V. Arus yang masuk ke baterai cenderung turun keluaran panel surya dengan tegangan pengisian semakin kecil Ketika tegangan mencapai 54,6 Volt maka dapat dilihat bahwa arus yang dihasilkan panel surya hanya 0,9 Ampere.



Gambar 4. 3 Grafik arus yang masuk ke baterai

4.2.3. Daya Terhadap Waktu

Daya keluaran panel surya yang masuk ke baterai dipengaruhi intensitas cahaya matahari berubah – ubah maka daya yang dihasilkan oleh panel surya juga berubah. penurunan daya yang mengalir ke baterai disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang berkurang, hal ini disebabkan oleh sinar matahari yang tertutup awan. Nilai daya yang paling tinggi pada saat pengukuran dengan daya keluaran 318,68 Watt.



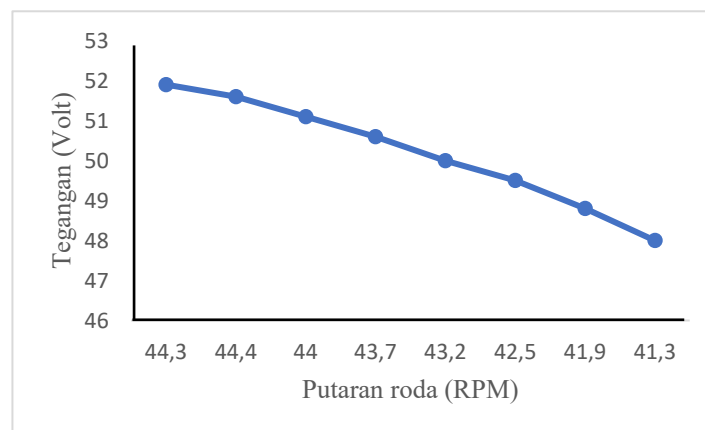
Gambar 4. 4 Grafik daya yang masuk ke baterai

4.3. Data Hasil Pengukuran Kendaraan Listrik Tanpa Panel Surya

Tujuan pengambilan data pada kendaraan listrik ini adalah mengetahui berapa lama energi listrik yang dapat digunakan pada kendaraan listrik untuk mencapai tegangan tertentu untuk melihat penurunan tegangan berdasarkan waktu pengukuran. Pada pengukuran kendaraan listrik ini pada keadaan tanpa beban (diangkat). Untuk mendapatkan grafik penurunan tegangan terhadap waktu maka RPM dan waktu yang telah diambil juga diukur diukur untuk melihat penurunan tegangan. Pada pengujian didapatkan waktu pemakaian baterai selama 133 menit tanpa panel surya.

Tabel 4. 4 Penurunan tegangan baterai kendaraan listrik

No	Tegangan (Volt)	Waktu (menit)	Putaran Roda (RPM)
1	52	0	0
2	51,9	1	44,3
3	51,9	7	44,3
4	51,8	14	44,5
5	51,5	21	44,3
6	51,3	28	44,4
7	51,2	35	44
8	50,8	49	43,8
9	50,6	56	43,7
10	50,4	63	43,2
11	50,2	70	43,2
12	50	77	43,1
13	49,8	84	42,7
14	49,6	91	42,7
15	49,3	98	42,6
16	49,2	105	42,3
17	48,9	112	41,9
18	48,6	119	41,7
19	48,2	126	41,5
20	48	133	41,3



Gambar 4. 5 Grafik tegangan terhadap RPM

4.3.1. Hasil Perhitungan Secara Teori Tanpa Panel Surya

Pada pengukuran energi yang dipakai pada baterai hanya 50%, hal ini disebabkan oleh penurunan tegangan dari 52 V menjadi 48 V Untuk menghitung

lama akumulator dalam membebackup beban motor yaitu dengan persamaan dibawah ini :

Diketahui :

$$P \text{ beban} = 350 \text{ watt}$$

$$V = 48 \text{ Volt}$$

$$Ah_{\text{baterai}} = 20 \text{ Ah}$$

Ditanyakan : lama akumulator dalam membebackup beban (T)

Jawab :

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{350}{48}$$

$$I = 7,3 \text{ Ampere}$$

$$T = \frac{20 \text{ Ah}}{7,3 \text{ Ampere}}$$

$$T = 2,74 \text{ Jam atau } 164 \text{ menit}$$

Untuk memudahkan analisa maka lifetime energi diubah menjadi satuan menit, sehingga dapat dihitung.

$$\text{Lifetime energi (t)} = 2,74 \text{ hour} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ hour}}$$

$$= 164 \text{ menit}$$

4.4. Data Hasil Pengukuran Kendaraan Listrik dengan Panel Surya

Pengujian kendaraan listrik dengan panel surya dilakukan pada jam 11.00 – 18.00 WIB. Dengan tegangan awal dan akhir pada baterai diukur menggunakan voltmeter dengan memutus aliran energi yang berasal dari keenam panel surya. Pemutusan aliran bertujuan untuk mendapatkan tegangan pada baterai saja. Putaran

roda (RPM) dan waktu diukur untuk mendapatkan grafik penurunan tegangan terhadap waktu, pengukuran dilakukan sampai kapasitas baterai 50% atau mencapai tegangan akhir 48V.

Hari pertama

Tabel 4. 5 Data hasil keluaran panel hari pertama

Pukul	Tegangan Panel (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Tegangan Baterai (Volt)	Putaran Roda (RPM)	Daya Panel (Watt)
11.00	54,6	5	52,6	46,5	273
12.00	53,7	4,3	52,6	47,9	230,91
13.00	53,9	4,3	52,6	48,3	231,77
14.00	50,6	1,6	51,5	45,2	82,56
15.00	52,1	4,5	51,1	45,5	234,45
16.00	49,6	1,4	50,3	43,7	69,44
17.00	49,3	0,4	49,1	42,3	19,72
18.00			48	41,5	
Total					1141,45

Hari kedua

Tabel 4. 6 Data hasil keluaran panel hari kedua

Pukul	Tegangan Panel (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Tegangan Baterai (Volt)	Putaran Roda (RPM)	Daya Panel (Watt)
11.00	55,2	4,5	52,4	46,1	248,4
12.00	54,2	4,8	52,4	47,8	260,16
13.00	54,1	5	52,4	48,1	270,5
14.00	53,7	4,3	52,4	47,7	230,91
15.00	52,7	4,3	52,1	46,4	226,61
16.00	50,4	4,5	50,6	44,5	226,8
17.00	49,4	0,9	49,8	43,7	44,46
18.00			48,1	41,3	
Total					1507,84

Hari ketiga

Tabel 4. 7 Data hasil keluaran panel hari ketiga

Pukul	Tegangan Panel (volt)	Arus Panel (Ampere)	Tegangan Baterai (Volt)	Putaran Roda (RPM)	Daya Panel (Watt)
11.00	53,3	5,8	52,4	46,7	309,14
12.00	54,9	5,3	52,4	48	290,97
13.00	55,7	6	52,4	48,8	334,2
14.00	54,9	5,3	52,4	48,5	290,97
15.00	52,9	4,1	52,1	47	290,97
16.00	48,8	0,4	50,6	43,2	216,89
17.00	49,4	0,2	49,8	43,7	19,52
18.00			49,2	42,3	
18.30			48,1	41	
		Total			1752,66

4.4.1. Hasil Perhitungan Secara Teori dengan Panel Surya

Lama waktu pemakaian kendaraan listrik dapat dicari dengan menggunakan data dari hasil pengamatan yang ditunjukkan oleh *solar charger controller*. Dengan menggunakan rumus :

Pada pengukuran energi yang dipakai pada baterai hanya 50%, hal ini disebabkan oleh penurunan tegangan dari 52 V menjadi 48 V sehingga energi yang telah dipakai dapat dihitung seperti persamaan berikut :

$$\text{Energi yang terpakai} = V \times Ah_{\text{baterai}}$$

Maka untuk mencari energi yang terpakai ketika pengukuran

$$\text{Energi (W)} = V \times \text{Ah baterai}$$

$$\text{Energi (W)} = 48 \text{ V} \times 20 \text{ Ampere.hour}$$

$$\text{Energi (W)} = 960 \text{ Watt.hour}$$

Motor DC brushless yang digunakan mempunyai daya 350 Watt dan menggunakan panel surya 600 Wp, dengan asumsi seperti maka lama energi yang digunakan dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$\text{Lifetime Energi (t)} = \frac{W \text{ baterai} + W \text{ sel surya } 600 \text{ Wp}}{P \text{ motor}}$$

(Heru Jovandra, 2012)

1. Pengujian hari pertama

$$\begin{aligned} \text{Lifetime Energi (t)} &= \frac{960 + 1141}{350} \\ &= 6 \text{ h atau } 360 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Pengujian hari kedua

$$\begin{aligned} \text{Lifetime energi (t)} &= \frac{(960 + 1507,84) \text{ watt hour}}{350 \text{ Watt}} \\ &= 7,050 \text{ h atau } 423 \text{ menit} \end{aligned}$$

3. Pengujian hari ketiga

$$\begin{aligned} \text{Lifetime energi (t)} &= \frac{(960 + 1752,66) \text{ watt hour}}{350 \text{ Watt}} \\ &= 7,750 \text{ h atau } 464 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.5. Pengujian jalan Sekitar Kampus

Uji jalan ini bertujuan untuk mengetahui pengurangan baterai, kecepatan dan jarak yang di tempuh, berdasarkan hasil pengujian jalan menggunakan aplikasi android *Relife* yang telah di laksanakan di area sekitar UNDIP Pleburan di peroleh data hasil pengujian sebagai berikut:

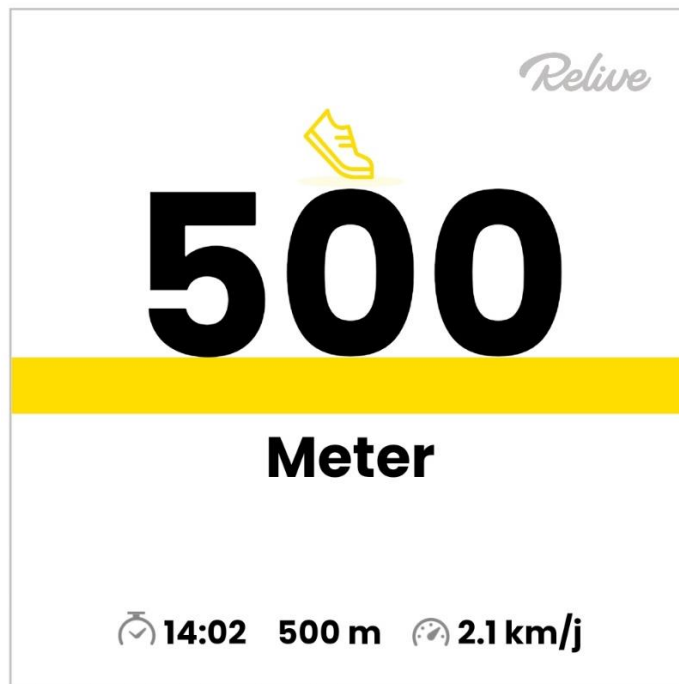
Tabel 4. 8 Data hasil aplikasi *Relife* pengujian jalan

NO	Tegangan (V)	Kecepatan maks (Km/H)	Kecepatan rata-rata (Km/H)	Jarak (km)	Waktu (menit)
1	52-51	3,2	2,1	0,50	14,30
2	51-50	3,1	2,1	0,50	14,02
3	50-49	2,8	2,0	0,46	14,05

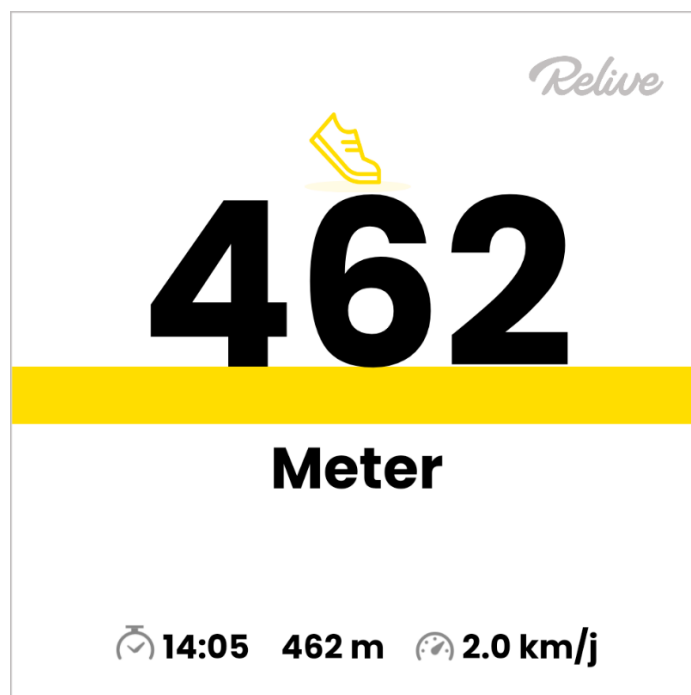
Dari data tabel 4.8 pada pengujian pertama yaitu dengan tegangan baterai 52-51V kecepatan rata-rata 2,1 Km/jam dapat menempuh jarak 0,50 Km dan waktu yang dibutuhkan 14,30 menit. Pada pengujian kedua yaitu dengan tegangan 51-50V dengan kecepatan rata-rata 2,1 Km/Jam dapat menempuh jarak 0,50 Km dan membutuhkan waktu 14,02 menit. Pada pengujian ke tiga melanjutkan pengujian kedua dengan tegangan baterai 50-49V dengan kecepatan rata-rata 2,0 Km/Jam dapat menempuh jarak sebesar 0,46 Km dan membutuhkan waktu sebesar 14,05 menit.



Gambar 4.6 data jalan aplikasi relife pengujian 1



Gambar 4. 7 data jalan aplikasi relive pengujian 2



Gambar 4. 8 Data jalan aplikasi relive pengujian 3

4.6. Pengujian Jalan lurus datar Kendaraan Dengan Beban

Pada uji jalan kendaraan ini, kendaraan diberi beban 1-3 orang penumpang dengan berat penumpang rata- rata 60 kg dengan kondisi jalan datar. Dengan kondisi gas di injak 25%, 50%, dan 100%. Berikut merupakan data Tabel 4.8. hasil pengujian jalan kendaraan listrik.

Tabel 4. 9 Hasil pengujian jalan

		Jumlah penumpang		
	No.	1 orang	2 orang	3 orang
Pelan (25%)	1	1,34 Km/h	1,29 Km/h	1,21 Km/h
	2	1,33 Km/h	1,27 Km/h	1,81 Km/h
	3	1,33 Km/h	1,28 Km/h	1,17 Km/h
	Rata - rata	1,333 Km/h	1,28 Km/h	1,81 Km/h
Sedang (50%)	1	1,61 Km/h	1,52 Km/h	1,45 Km/h
	2	1,58 Km/h	1,50 Km/h	1,44 Km/h
	3	1,60 Km/h	1,503 Km/h	1,44 Km/h
	Rata - Rata	1,579 Km/h	1,503 Km/h	1,44 Km/h
Full (100%)	1	2,28 Km/h	2,25 Km/h	2,18 Km/h
	2	2,33 Km/h	2,22 Km/h	2,16 Km/h
	3	2,31 Km/h	2,19 Km/h	2,19 Km/h
	Rata – rata	2,307 Km/h	2,22 Km/h	2,137 Km/h

4.7. Rekomendasi Penggunaan Motor BLDC

Berdasarkan hasil pengujian motor yang digunakan hanya dapat berjalan maksimal pada kecepatan 2,307 Km/h dengan daya motor BLDC 350 Watt maka dari itu perlu adanya penggantian motor BLDC dengan kapasitas yang lebih besar. Dalam perencanaan dan perancangan kendaraan listrik, maka harus mengetahui terlebih dahulu karakteristik dari kendaraan tersebut. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik sepeda motor listrik, diantaranya adalah keadaan jalan, jenis mesin yang digunakan, dan hal-hal yang mempengaruhi hambatan.

Tabel 4. 10 Spesifikasi yang diharapkan dari kendaraan listrik hasil elektrisasi

No	Jenis	Lambang	Nilai
1	Wheelbase	W	1820 mm
2	Panjang	P	3195 mm
3	Lebar	L	1395 mm
4	Tinggi	T	1660 mm
5	Massa kosong	M_v	1010 Kg
6	Akselerasi 0 – 100 Km/h	a	0,1925 m/s ²
7	Jari jari roda	R_w	27,16
8	Kecepatan Max	V_{Max}	30 Km/h atau 8,3 m/s

Agar kecepatan kendaraan listrik maksimum 30 Km/h dengan massa total 1010 Kg, sehingga dalam memperkecil kegagalan dalam perencanaan dan perancangan dapat dihitung beberapa gaya yang bekerja pada kendaraan sebagai berikut :

1. Gaya hambat gulir atau Rolling Resistance (F_{rr})

Gaya hambat ini terutama disebabkan oleh gesekan ban kendaraan terhadap permukaan jalan aspal, gesekan pada bantalan dan sistem gear. Koefisien gesek hambat ini nilainya hampir konstan yaitu 0,015 dan tidak bergantung pada kecepatan kendaraan. Nilai ini akan sebanding dengan berat kendaraan. Gaya gesek ini dinyatakan dengan menggunakan rumus.

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

Dengan :

$$F_{rr} = \text{rolling resistance}$$

$$\mu_{rr} = \text{koefisien hambat gulir}$$

$$m = \text{massa kendaraan (kg)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)}$$

Maka :

$$F_{rr} = 0,015 \times 1010 \times 9,81$$

$$= 149 \text{ N}$$

2. Gaya gesek angin (F_{drag})

Kepadatan atau kerapatan udara sudah tentu bervariasi dengan temperatur, ketinggian dan kelembaban. Namun nilai $1,25 \text{ kg.m}^{-3}$ merupakan nilai yang umum digunakan dalam banyak kasus, dengan satuan SI (m^2 untuk A , ms^{-1} untuk v) maka nilai F_{drag} dapat dinyatakan dalam Persamaan

Tabel 4. 11 Koefisien gaya gesek Kendaraan

Kendaraan	C_d
<i>Motorcyle with</i>	0,5-0,7
<i>Open convertible</i>	0,5=0,7
<i>Limousine</i>	0,22-0,4
<i>Coach</i>	0,4-0,8
<i>Truk without trailer</i>	0,45-1
<i>Truck with trailer</i>	0,55-1
<i>Articulated vehicle</i>	0,55-1

Sehingga dengan menggunakan gaya gesek bernilai 0,4 (*coach*) pada Tabel 4.11. dan dengan dimensi kendaraan yang telah disebutkan pada tabel 4.10. maka besarnya gaya gesek yang bekerja dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho A_f C_d V^2$$

Deangan :

F_{drag} = gaya hambat udara (N)

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

A_f = luas penampang frontal kendaraan (m^2)

C_d = koefisien hambat udara

V^2 = kecepatan kendaraan (m/s)

Maka :

$$\begin{aligned} F_{drag} &= \frac{1}{2} \times 1,25 \times (1,395 \times 1,66) \times 0,4 \times 8,3^2 \\ &= 40 \text{ N} \end{aligned}$$

3. Gaya akselerasi (F_{la})

Usaha yang diperlukan dalam mengubah kecepatan kendaraan, maka dibutuhkan gaya yang mampu mengatasi gaya hambat dan memberi akselerasi linear kendaraan.

Gaya ini diformulasikan pada Persamaan.

$$F_{la} = m \times a$$

Dengan :

F_{la} = gaya akselerasi

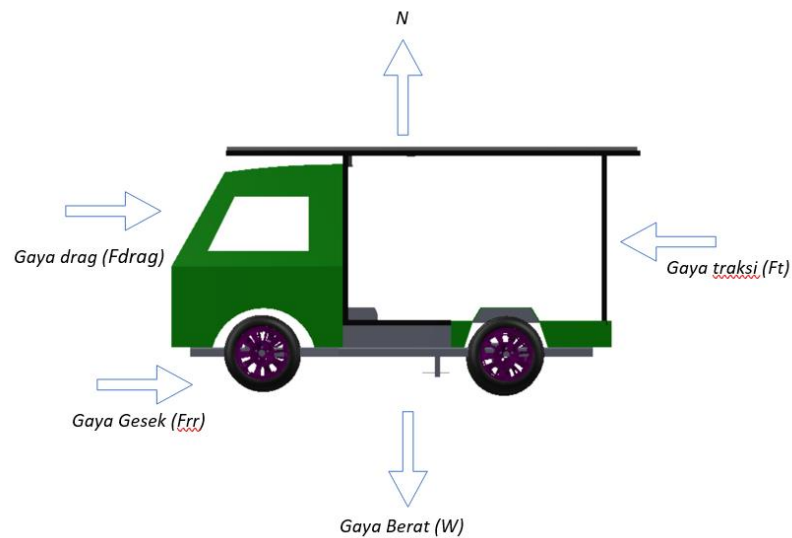
m = massa kendaraan (kg)

Maka :

$$\begin{aligned} F_{la} &= 1010 \times 0,1925 \\ &= 194 \text{ N} \end{aligned}$$

4. Gaya traksi pada kendaraan (F_{traksi})

Gaya traksi merupakan resultan atau jumlah keseluruhan gaya yang bekerja pada kendaraan saat digunakan. Maka untuk menghitung resultan gaya yang bekerja dapat menggunakan Persamaan.



Gambar 4.9 Free body diagram

$$\begin{aligned}
 F_{traksi} &= F_{drag} + F_{ta} + F_{rr} \\
 &= 40 + 194 + 149 \\
 &= 383 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(Sumber : Rizal Bayu Waskitho, R. H. (2021). EM-PUS : Elektrik Motor Kampus Sebagai Rancang Bangun Kendaraan Listrik di Wilayah Kampus Terpadu. Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.)

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka didapat data gaya yang bekerja, sehingga dari data yang diperoleh dapat menentukan kapasitas motor penggerak yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 P &= F_{traksi} \times v \\
 &= 383 \text{ N} \times 8,3 \text{ m/s} \\
 &= 3179 \text{ W}
 \end{aligned}$$

maka dari hasil persamaan tersebut dapat ditentukan sebagai kapasitas motor yang digunakan, dengan penyesuaian daya motor penggerak yang ada, maka disarankan menggunakan motor penggerak dengan kapasitas daya 3179 Watt yang memiliki rating tegangan kerja berada pada tegang 48V DC – 72V DC.

4.8. Analisis Hasil Perhitungan dengan Pengujian

Tabel 4. 12 Tabel analisa hasil pengujian pengisian baterai tiap 1 jam

Pukul	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya Output (Watt)
11.00	6,2	51,4	318,68
12.00	5	53,1	265,5
13.00	3,6	54,4	195,84
14.00	1,6	54,7	87,52
15.00	0,9	54,7	49,23

Kondisi pada pengujian tabel 4.8. Diatas sesuai dengan data spesifikasi panel surya berdasarkan pengujian diatas diperoleh nilai daya pengisian akumulator sebesar $\pm 916,77$ Wh, dimana seharusnya kebutuhan energi listrik untuk pengisian pada akumulator berkapasitas 48 V 20 Ah adalah sebesar 960 Wh hal ini disebabkan dari baterai yang kapasitasnya masih diatas 50% sehingga pada saat pengisian baterai hanya menghasilkan $\pm 916,77$ Wh. maka apabila proses pengisian dilakukan dengan kondisi diatas baterai akan terisi penuh selama ± 4 Jam.

Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis dan pengujian dilapangan diperoleh hasil pengujian masih jauh dari hasil dari perhitungan teoritis dikarenakan kondisi cuaca, awan dan mendung, dimana pada perhitungan secara teoritis pengisian akumulator 48 Volt 20 Ah dapat dilakukan selama 1 jam 36 menit, sedangkan pada pengujian dilapangan dengan material serta peralatan yang sesuai

dengan spesifikasi terdaftar, pengisian akumulator 48 Volt 20 Ah dapat dilakukan selama ± 4 jam.

Pada hasil perhitungan, untuk menghabiskan baterai kendaraan listrik akan habis selama 164 menit. Pada perhitungan ini asumsi yang dipakai adalah penggunaan daya motor 350 watt. Perhitungan tidak melibatkan losses yang terjadi pada kabel dan perhitungan juga tidak melibatkan seberapa besar daya yang digunakan controller. Sedangkan pada hasil pengujian yang telah dilakukan untuk menghabiskan baterai dibutuhkan waktu 133 menit.

Pada pengukuran tegangan awal dan akhir diukur untuk menunjukkan penurunan Tegangan pada waktu tertentu. Ketika pedal gas di injak maka energi pada baterai akan masuk ke motor sehingga energi yang dihasilkan sel surya tidak mengalir masuk ke baterai. Ketika terjadi penurunan kecepatan yang disebabkan pedal gas tidak di injak maka energi listrik mengalir masuk ke baterai.

Perbedaan proses pengujian dan perhitungan disebabkan oleh energi yang dihasilkan panel surya menjadi tidak optimal karena energi listrik mengalir tergantung pada perlakuan proses pengukuran pada kendaraan listrik. Ketika kendaraan listrik dengan menggunakan panel surya berjalan maka energi yang dihasilkan sel surya akan langsung mengalir ke beban. Namun ketika kendaraan listrik dengan menggunakan panel surya mulai berhenti untuk proses pengukuran maka energi listrik akan mengalir masuk ke baterai. Perlakuan pada proses pengujian inilah yang menyebabkan terjadinya perbedaan hasil pengujian dan hasil perhitungan. Kemungkinan lain adalah tingkat presisi pengujian yang dilakukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi data dan pembahasan, bisa diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian yang telah dilaksanakan menggunakan 6 unit photovoltaic, waktu yang dibutuhkan untuk pengisian akumulator 48 Volt 20 Ah hingga penuh yaitu selama kurang lebih 4 jam sedangkan berdasarkan perhitungan selesai dalam waktu 1 jam 36 menit.
2. Lifetime energi kendaraan listrik berdasarkan pengujian adalah 133 menit sedangkan berdasarkan perhitungan adalah 164 menit
3. Lifetime energi kendaraan listrik dengan menggunakan sel surya berdasarkan pengujian Pada hari ketiga 450 menit sedangkan berdasarkan perhitungan 464 menit.
4. Kecepatan kendaraan listrik maksimum 2,307 Km/h

5.2. Saran

1. Kapasitas baterai perlu ditambahkan agar dalam penggunaan nantinya baterai dapat bertahan lebih lama.
2. Motor BLDC diganti dengan daya 3176 Watt sesuai dengan perhitungan gaya traksi kendaraan
3. Untuk memaksimalkan pengisian baterai dilakukan saat kondisi cerah.
4. Bersihkan panel surya dari debu dan kotoran yang menempel agar pengisian maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Rizky, A. R. (2022). *Perancangan Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Brushed 36 Volt 450 Watt*. KILAT, 11(1):10-20.
- Bambang Hari Purwoto, J. M. (2018). *Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif*. EMITOR: Jurnal Teknik Elektro, Vol. 18, No. 01.
- Darma, S. (2017). *Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang Dibutuhkan Untuk Perencanaan*. Jurnal Ampere, 2(1), 39-53.
- I Gusti Ngurah Agung Mahardika, I. W. (2016). *Rancang Bangun Baterai Charger*. E-Journal SPEKTRUM, 3(1).
- Jovendra, H. (2012). *Rancang Bangun Kendaraan Listrik dengan Memanfaatkan Potensi Sel Surya*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- Khwee, K. H. (2013). *Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya*. Jurnal ELKHA, Vol.5, No 2.
- Mahardika, I. G. N. A., Wijaya, I. W. A., & Rinas, I. W. (2016). *Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS*. E-Journal SPEKTRUM, 3(1).
- Nainggolan, B., & Inaswara, F. (2016). *Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel*. Politeknologi.
- Rahayuningtyas, A., Kuala, S. I., & Apriyanto, I. F. (2014). *Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana*

Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan. Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi, 4(1), 223-230.

Syahyuniar, R. (2016). *Pengaplikasian Panel Surya Pada Mobil Listrik.* Jurnal Elemen, 3(1):10.

Yusuf, B., (2022). *Kajian Eksperimen Penggunaan Solar Cell Sebagai Alternatif Pengisian Akumulator 200 Ah 12 Volt pada Mesin Diesel PLTD,* Jurusan D4 Rekayasa Perancangan Mekanik, Universitas Diponegoro.

Rizal Bayu Waskitho, R. H. (2021). *EM-PUS : Elektrik Motor Kampus Sebagai Rancang Bangun Kendaraan Listrik di Wilayah Kampus Terpadu.* Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.

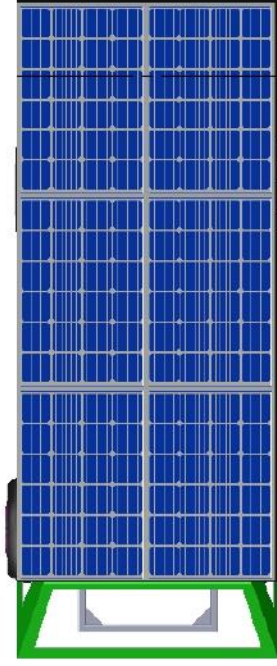
LAMPIRAN

Lampiran 1 (Dokumentasi kegiatan)

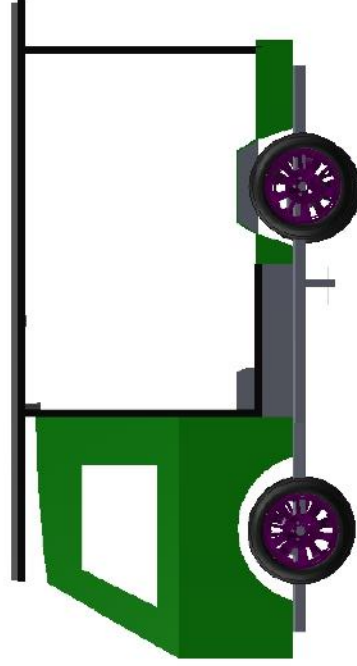
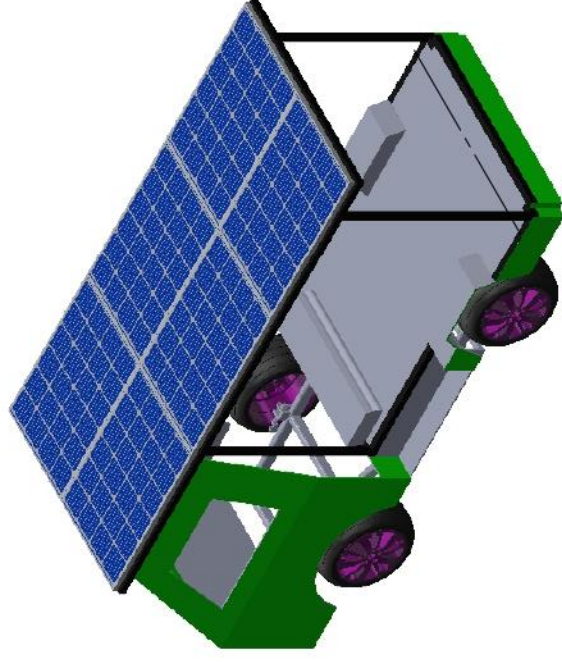


Lampiran 2. Dokumentasi Pengujian

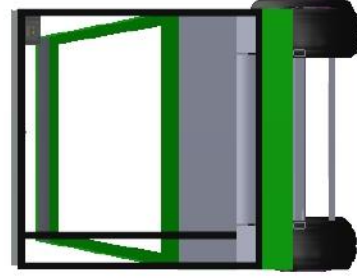




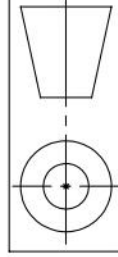
ATAS



DEPAN



KANAN



Skala : 1:40
Ukuran : mm
Tanggal : 23/05/2023

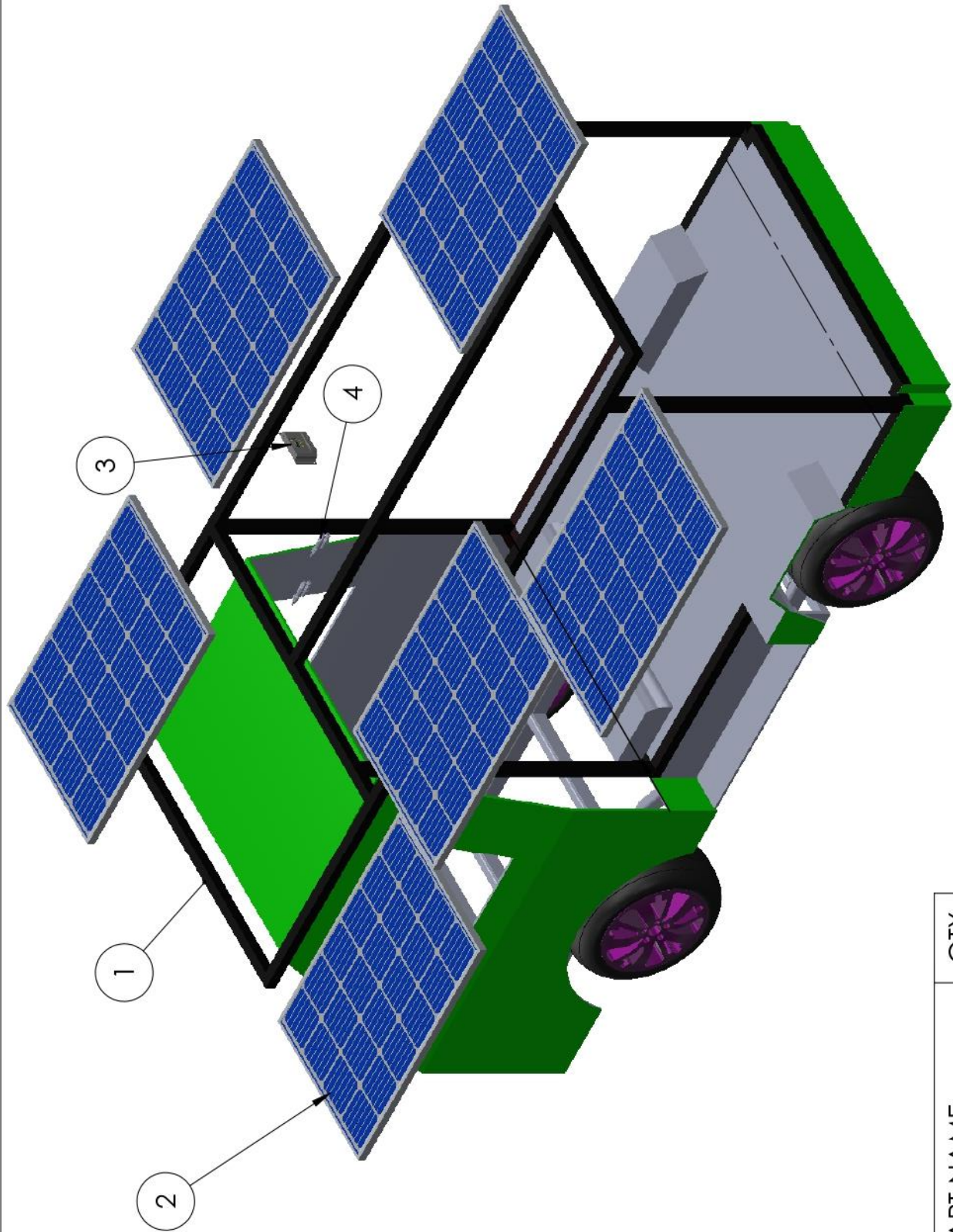
Digambar : Adam Nur Hakim
P. Studi : DIV RPM UNDIP
Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T

PERINGATAN

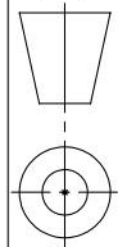
D4 RPM UNDIP

KENDARAAN LISTRIK TENAGA SURYA

A4



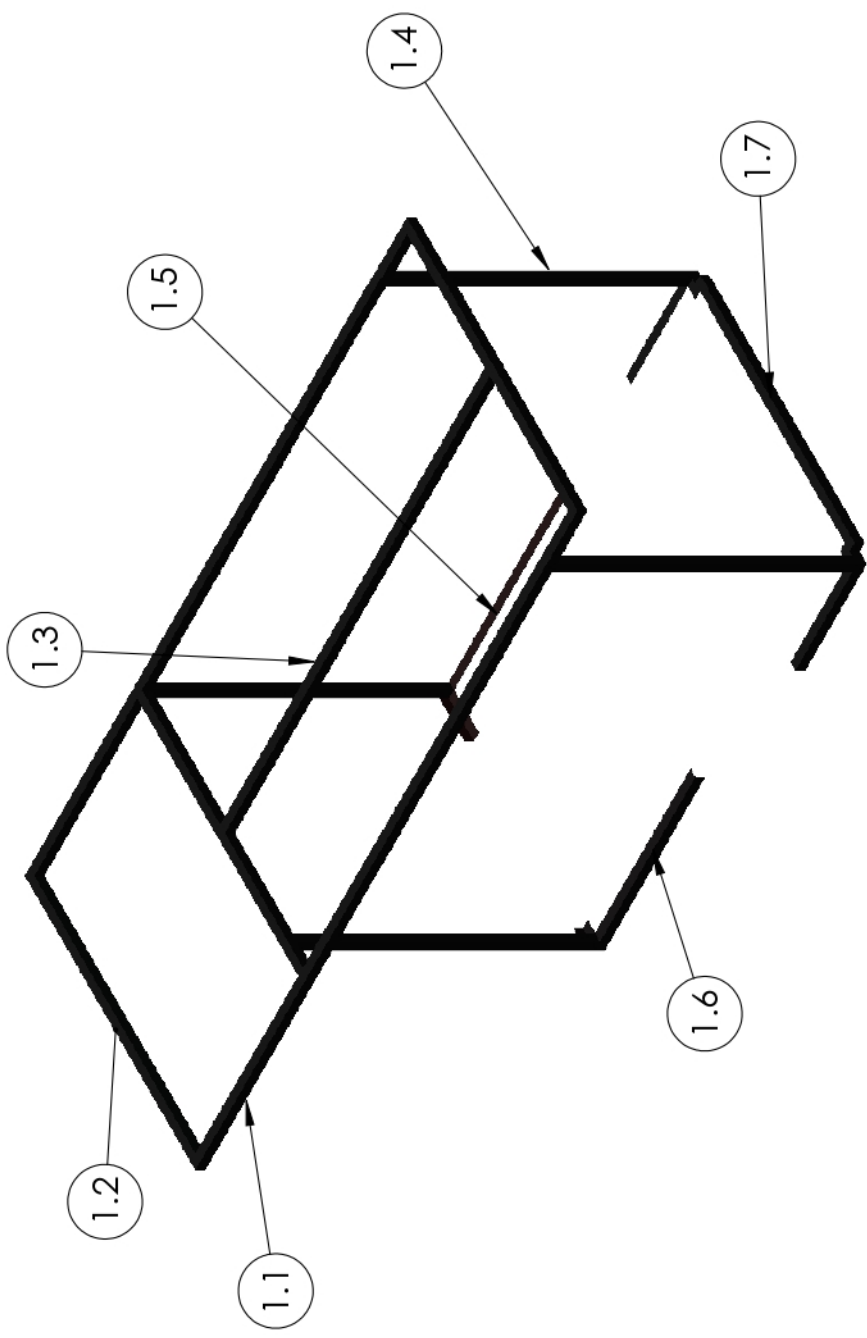
ITEM NO.	PART NAME	QTY
1	Rangka	1
2	Panel Surya	6
3	Solar charger controller	1
4	MC4 cabang 2 (set)	1



Skala : 1 : 20
 Ukuran : mm
 Tanggal : 23/05/2023

Digambar : Adam Nur Hakim
 P. Studi : DIV RPM UNDIP
 Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T

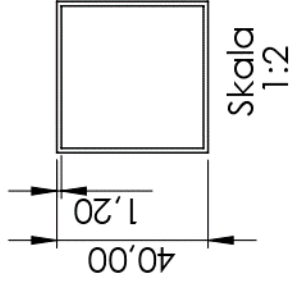
PERINGATAN	
D4 RPM UNDIP	PART INSTALASI PANEL SURYA
	A4



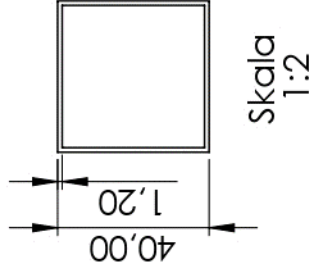
1.7	Rangka samping belakang	1	St - 37	1382 X 240 X 40	Profil L
1.6	Rangka depan kiri	1	St - 37	810 X 100 X 40	Profil L
1.5	Rangka depan kanan	1	St - 37	970 X 270 X 40	Profil L
1.4	Rangka tegak	4	St - 37	1220 X 40 X 1,2	Profil hollow
1.3	Rangka tengah atas	1	St - 37	2140 X 40 X 1,2	Profil hollow
1.2	Rangka samping atas	3	St - 37	1300 X 40 X 1,2	Profil hollow
1.1	Rangka Depan atas	2	St - 37	3090 X 40 X 1,2	Profil hollow
NO	Nama Bagian	Jumlah	Material	Ukuran	Keterangan

	Skala : 1:25	Digambar : Adam Nur Hakim	PERINGATAN
	Ukuran : mm	P. Studi : DIV RPM UNDIP	
	Tanggal : 23/05/2023	Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T	

1.1

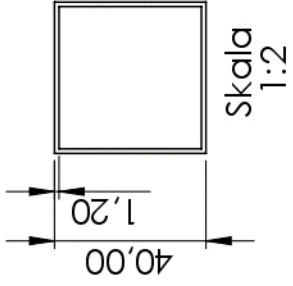


1.2

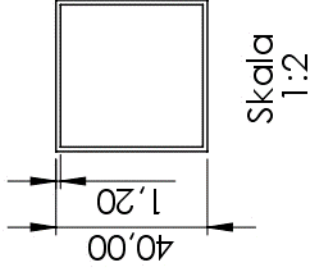


1.2	Rangka Samping Atas	3	St - 37	1300 X 40 X 1,2	Profil hollow
1.1	Rangka Depan Atas	2	St - 37	3090 X 40 X 1,2	Profil hollow
NO	Nama Bagian	Jumlah	Material	Ukuran	Keterangan
		Skala : 1:20 Digambar : Adam Nur Hakim PERINGATAN P. Studi : DIV RPM UNDIP Tanggal : 23/05/2023 Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.			
D4 RPM UNDIP		RANGKA ATAP KENDARAAN PANEL SURYA			A4

1.3

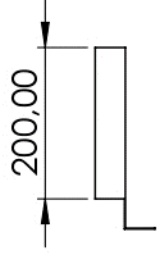
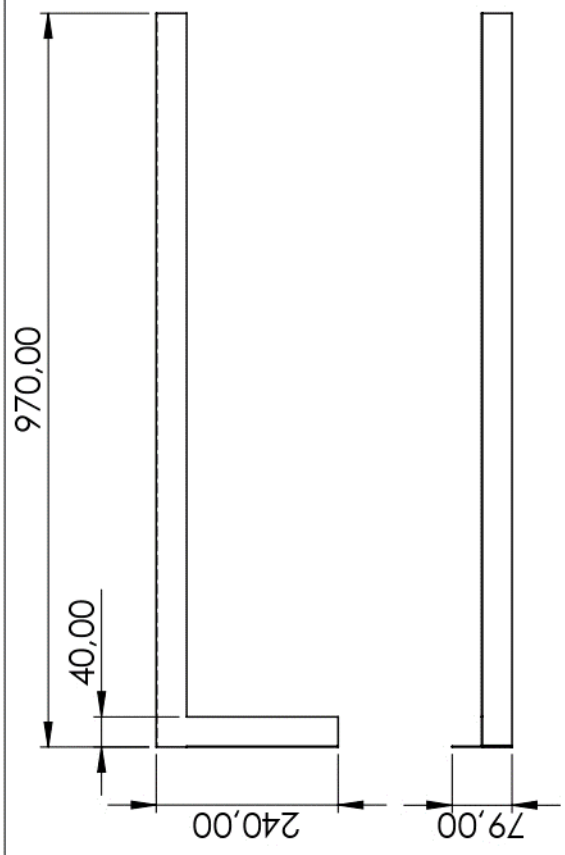


1.4

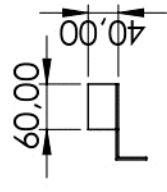
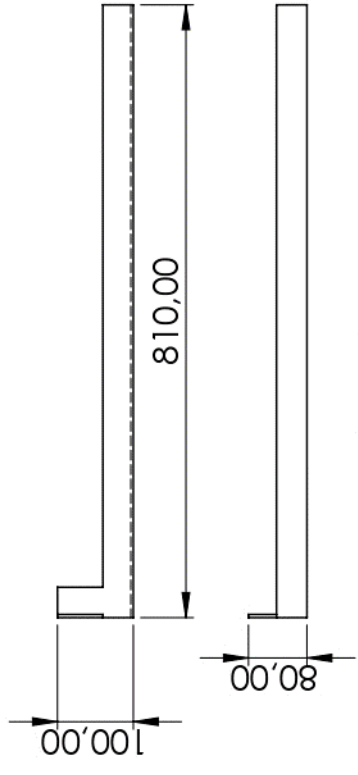


1.4	Rangka Tegak	4	St - 37	1220 X 40 X 1,2	Profil hollow
1.3	Rangka Depan Atas	1	St - 37	2140 X 40 X 1,2	Profil hollow
NO	Nama Bagian	Jumlah	Material	Ukuran	Keterangan
	Skala : 1:20	Digambar : Adam Nur Hakim			
	Ukuran : mm	P. Studi : DIV RPM UNDIP			
	Tanggal : 23/05/2023	Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.			
D4 RPM UNDIP		RANGKA ATAP KENDARAAN PANEL SURYA			PERINGATAN
				A4	

1.5

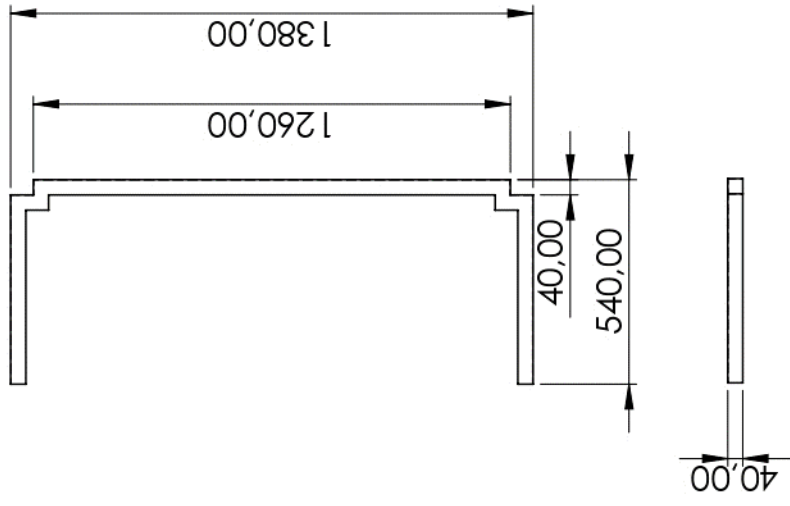


1.6

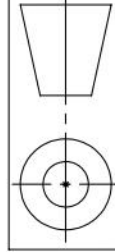
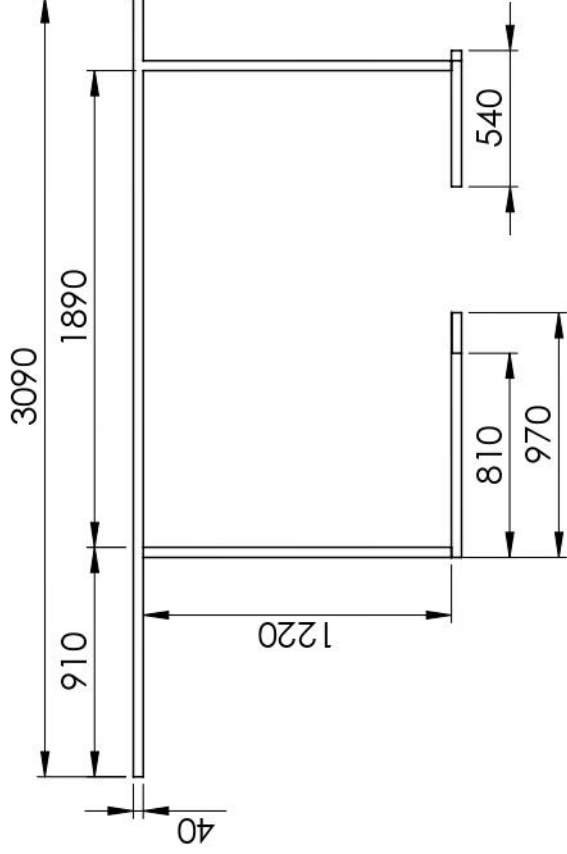
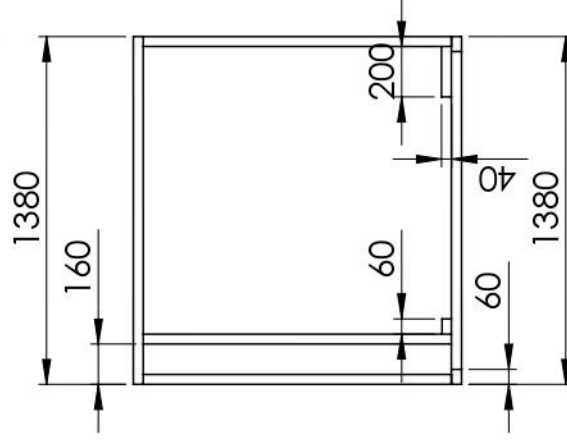
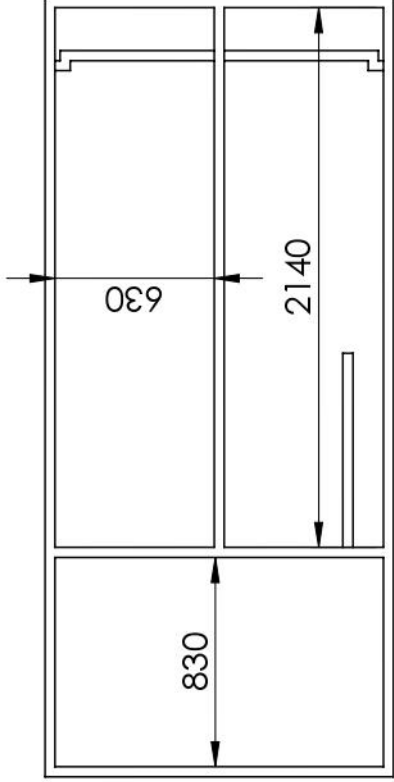
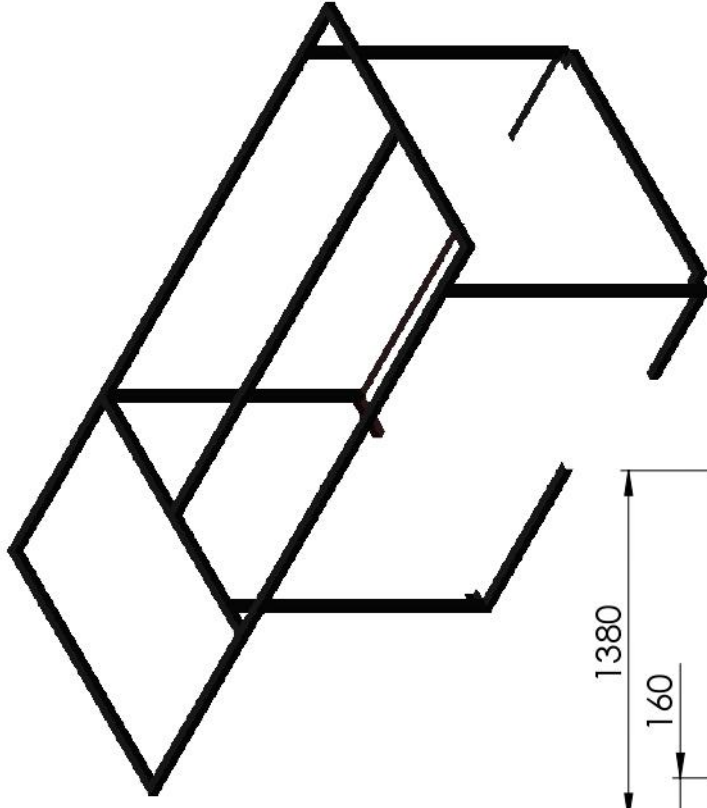


1.6	Rangka Depan Kiri	1	St - 37	810 X 100 X 40	Profil L
1.5	Rangka Depan Kanan	1	St - 37	970 X 240 X 40	Profil L
NO	Nama Bagian	Jumlah	Material	Ukuran	Keterangan
		Digambar : Adam Nur Hakim P. Studi : DIV RPM UNDIP Tanggal : 23/05/2023		PERINGATAN Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.	
D4 RPM UNDIP			RANGKA ATAP KENDARAAN PANEL SURYA		
					A4

1.7



1.7	Rangka Samping Belakang	1	St - 37	1382 X 240 X 40	Profil L
NO	Nama Bagian	Jumlah	Material	Ukuran	Keterangan
	Skala : 1:20		Digambar : Adam Nur Hakim		PERINGATAN
	Ukuran : mm		P. Studi : DIV RPM UNDIP		
	Tanggal : 23/05/2023		Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T		
D4 RPM UNDIP		RANGKA ATAP KENDARAAN PANEL SURYA			A4



Skala : 1 : 20

Ukuran : mm

Tanggal : 23/05/2023

Digambar : Adam Nur Hakim

P. Studi : DIV RPM UNDIP

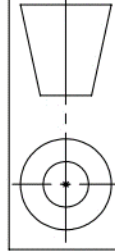
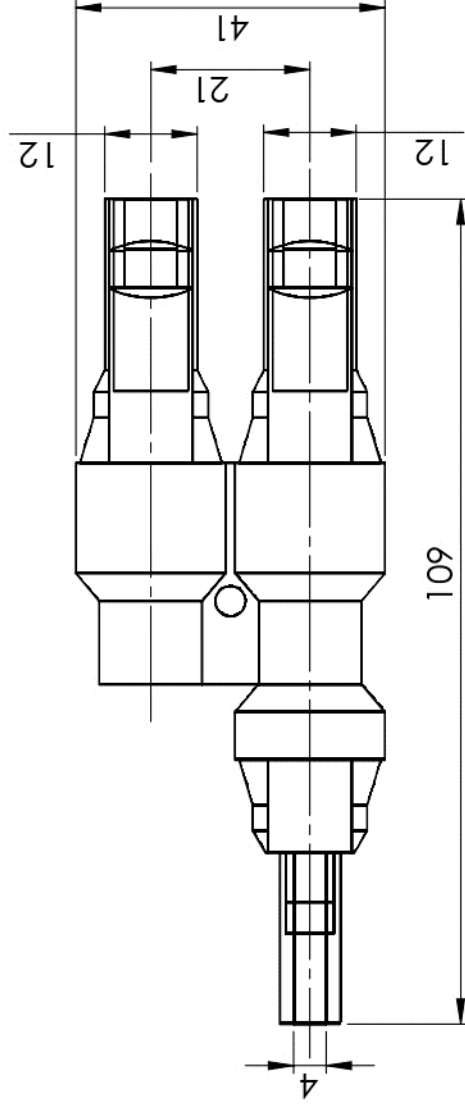
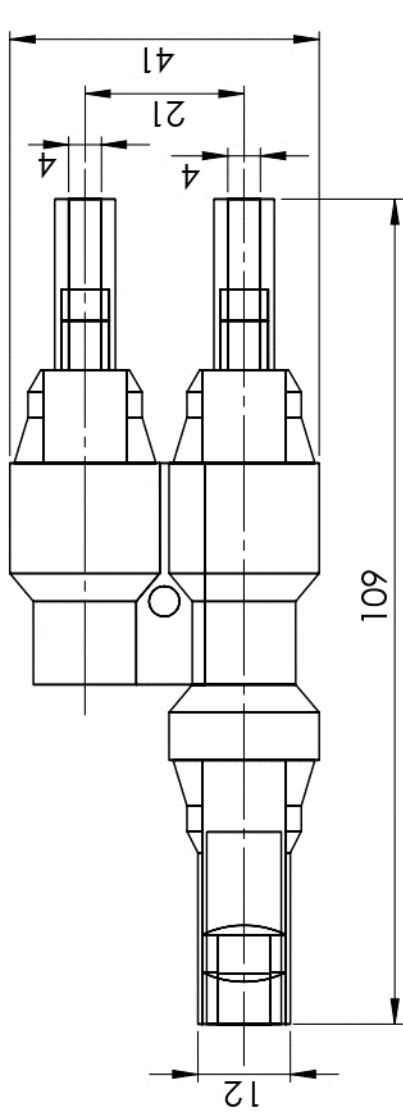
Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T

PERINGATAN

D4 RPM UNDIP

RANGKA ATAP KENDARAAN PANEL SURYA NO : 1

A4



Skala : 1:1

Ukuran : mm

Tanggal : 23/05/2023

Digambar : Adam Nur Hakim

P. Studi : DIV RPM UNDIP

Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T

PERINGATAN

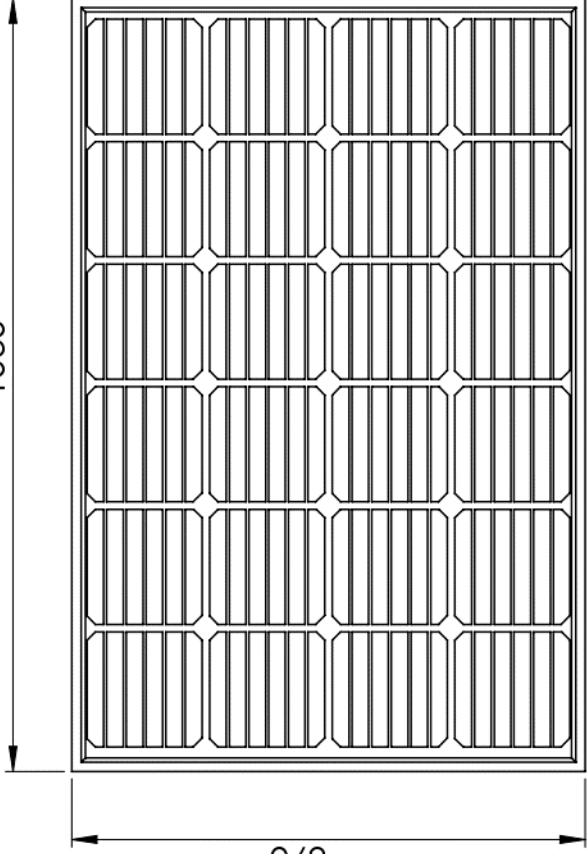
D4 RPM UNDIP

MC4 CABANG 2

NO : 4

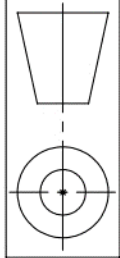
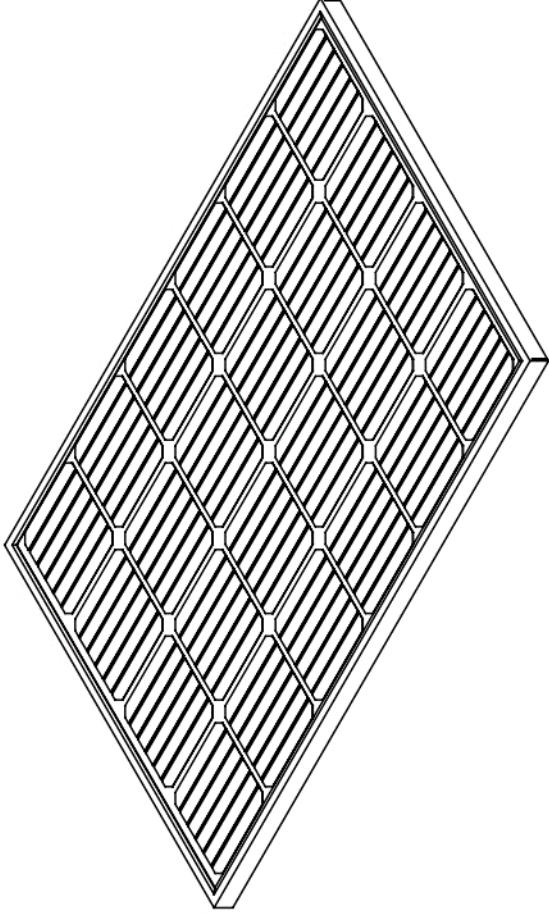
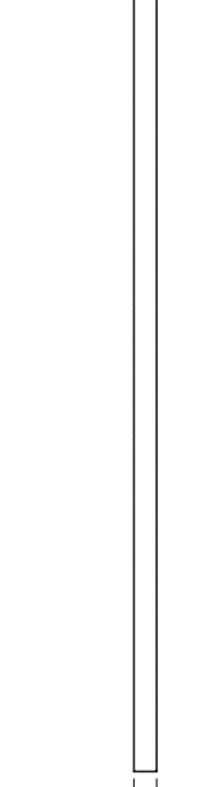
A4

1030



670

30



Skala : 1 : 10

Ukuran : mm

Tanggal : 23/05/2023

Digambar : Adam Nur Hakim

P. Studi : DIV RPM UNDIP

Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T

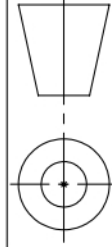
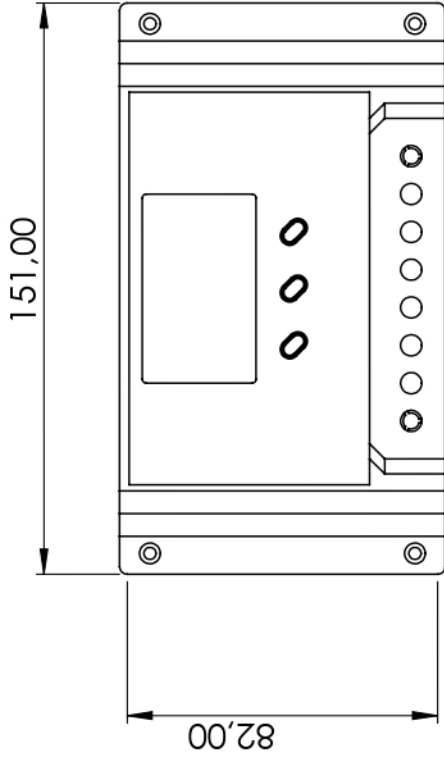
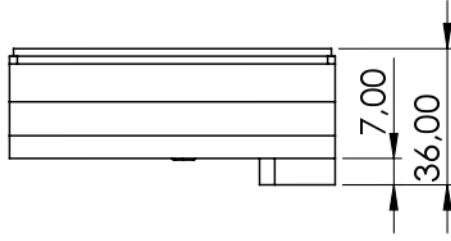
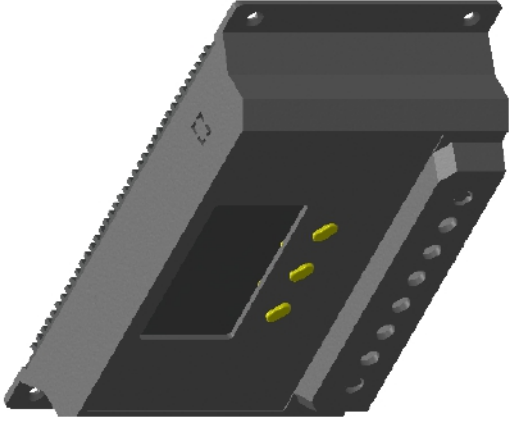
PERINGATAN

D4 RPM UNDIP

PANEL SURYA

NO : 1

A4



D4 RPM UNDIP SOLAR CHARGER CONTROLLER NO : 3 A4	Skala : 1 : 2 Ukuran : mm Tanggal : 23/05/2023	Digambar : Adam Nur Hakim P. Studi : DIV RPM UNDIP Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T	PERINGATAN
--	--	---	------------