



# INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

## PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO



JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 📠 (022)2500940  
BANDUNG 40132

### Dokumentasi Produk Tugas Akhir

### Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	<b>TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: Sistem Pengisian Daya Portabel Baterai Kendaraan Listrik PT. Oyika Powered Solution</b>
Jenis Dokumen	<b>SPESIFIKASI</b> <small>Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB</small>
Nomor Dokumen	<b>B200-TA2122.01.024</b>
Nomor Revisi	<b>002</b>
Nama File	<b>B200-TA2122.01.024-002</b>
Tanggal Penerbitan	<b>26 June 2022</b>
Unit Penerbit	<b>Prodi Teknik Elektro - ITB</b>
Jumlah Halaman	<b>17</b> (termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan				
Ditulis Oleh	Nama	Dhanurangga Al Fadh	Jabatan	Anggota
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
	Nama	Danu Ihza Pamungkas	Jabatan	Anggota
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
	Nama	Kevin Naoko	Jabatan	Anggota
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	

Diperiksa	Nama	Dr. Muhammad Amin Sulthoni, S.T. M.T.	Jabatan	<b>Dosen Pembimbing</b>
Oleh	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
	Nama	Dr. Eng. Arwindra Rizqiawan, S.T., M.T.	Jabatan	<b>Dosen Pembimbing</b>
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
Disetujui	Nama	Dr. Muhammad Amin Sulthoni, S.T. M.T.	Jabatan	<b>Dosen Pembimbing</b>
Oleh	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
	Nama	Dr. Eng. Arwindra Rizqiawan, S.T., M.T.	Jabatan	<b>Dosen Pembimbing</b>
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>3</b>
<b>CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>1    PENGANTAR .....</b>	<b>5</b>
1.1    RINGKASAN ISI DOKUMEN .....	5
1.2    TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN .....	5
1.3    REFERENSI .....	5
1.4    DAFTAR SINGKATAN .....	5
<b>2    SPESIFIKASI.....</b>	<b>7</b>
2.1    SPESIFIKASI PRODUK.....	7
2.1.1 <i>Spesifikasi #1 (Overcurrent protection)c</i> .....	8
2.1.2 <i>Spesifikasi #2 (Overheat protection)</i> .....	8
2.1.3 <i>Spesifikasi #3 (Sistem Komunikasi dengan BMS)</i> .....	8
2.1.4 <i>Spesifikasi #4 (Proteksi Fluktuasi Tegangan Jala-Jala)</i> .....	8
2.1.5 <i>Spesifikasi #5 (Kapasitas Banyaknya Baterai)</i> .....	9
2.1.6 <i>Spesifikasi #6 (Pengaturan Mode Pengisian Daya)</i> .....	9
2.1.7 <i>Spesifikasi #7 (Kecepatan Pengisian Daya)</i> .....	10
2.1.8 <i>Spesifikasi #8 (Interkoneksi dengan Web)</i> .....	10
2.1.9 <i>Spesifikasi #9 (Dimensi dan Bobot)</i> .....	11
2.2    TABEL SPESIFIKASI PRODUK .....	12
2.3    VERIFIKASI.....	13
2.3.1 <i>Spesifikasi #1</i> .....	13
2.3.2 <i>Spesifikasi #2</i> .....	14
2.3.3 <i>Spesifikasi #3</i> .....	14
2.3.4 <i>Spesifikasi #4</i> .....	14
2.3.5 <i>Spesifikasi #5</i> .....	15
2.3.6 <i>Spesifikasi #6</i> .....	16
2.3.7 <i>Spesifikasi #7</i> .....	17
2.3.8 <i>Spesifikasi #8</i> .....	17
<b>3    LAMPIRAN.....</b>	<b>19</b>

## Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

Versi, Tgl, Oleh	Perbaikan
1.4 5 Desember 2021, KN, DIP, DAF	Memperbaiki spesifikasi #4 (fungsionalitas terhadap fluktuasi tegangan input), memperbaiki informasi upload data ke web
1.3 23 Oktober 2021, KN, DIP, DAF	Menambahkan spesifikasi constant current dan constant charging, menambahkan cakupan baterai yang dapat digunakan oleh produk, serta menambah cakupan user dan tampilan web
1.2 6 Oktober 2021, KN, DIP, DAF	Merevisi beberapa spesifikasi
1.2 5 Oktober 2021, KN, DIP, DAF	Menambah spesifikasi yang telah ada
1.1 4 Oktober 2021, KN, DIP, DAF	Pengerjaan bagian verifikasi
1.0, 2 Oktober 2021, KN, DIP, DAF	Dokumen dibuat.

# 1 Pengantar

## 1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini berisi penjelasan spesifikasi dan cara verifikasi spesifikasi dari solusi yang telah dijelaskan pada dokumen sebelumnya. Spesifikasi dirancang agar produk dapat memenuhi objektif yang telah ditentukan pada dokumen B100 sebelumnya. Spesifikasi pada dokumen ini dititik beratkan pada aspek keselamatan dan keandalan.

Dari masing-masing spesifikasi yang ada, akan dilakukan verifikasi terhadap masing-masing spesifikasi dengan metode pengukuran atau pengujian yang tepat sehingga spesifikasi yang telah ditentukan dapat diimplementasikan dengan sesuai.

## 1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Tujuan dari penulisan dokumen ini yaitu sebagai acuan dalam menentukan perancangan dan desain dari produk yang akan dikerjakan. Dokumen ini ditujukan kepada dosen pembimbing dan dosen penguji sebagai acuan spesifikasi sehingga semua pengembangan produk dapat terlaksana dengan baik dan sesuai dengan masalah yang telah terdefinisi dalam dokumen B100 sebelumnya.

## 1.3 Referensi

- [1] R. Khwanrit, S. Kittipiyakul, J. Kudtonagngam and H. Fujita, "Accuracy Comparison of Present Low-cost Current Sensors for Building Energy Monitoring," 2018 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology & International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (ICESIT-ICICTES), 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICESIT-ICICTES.2018.8442066.
- [2] <https://www.cactus-tech.com/wp-content/uploads/2019/03/Commercial-and-Industrial-Grade-Products.pdf>, Diakses pada 10/6/2021. 1.26 PM
- [3] S. Jog, N. Chaturvedi and S. Chitnis, "Electromagnetic compatibility of Energy Efficient Switched Mode Power Supply (SMPS) with CISPR EMI standards," 2015 International Conference on Energy Systems and Applications, 2015, pp. 700-705, doi: 10.1109/ICESA.2015.7503440.
- [4] <https://www.iec.ch/ip-ratings>, Diakses pada 10/6/2021, 10.44 PM

## 1.4 Daftar Singkatan

SINGKATAN	ARTI
A	Ampere
AC	Alternating Current
Ah	Ampere-hour
BMS	Battery Management System
DC	Direct Current
IP	Ingress Protection
NFC	Near Field Communication
LFP	LiFePO <sub>4</sub> (Lithium Ferrous Phosphate)
PLN	Perusahaan Listrik Negara

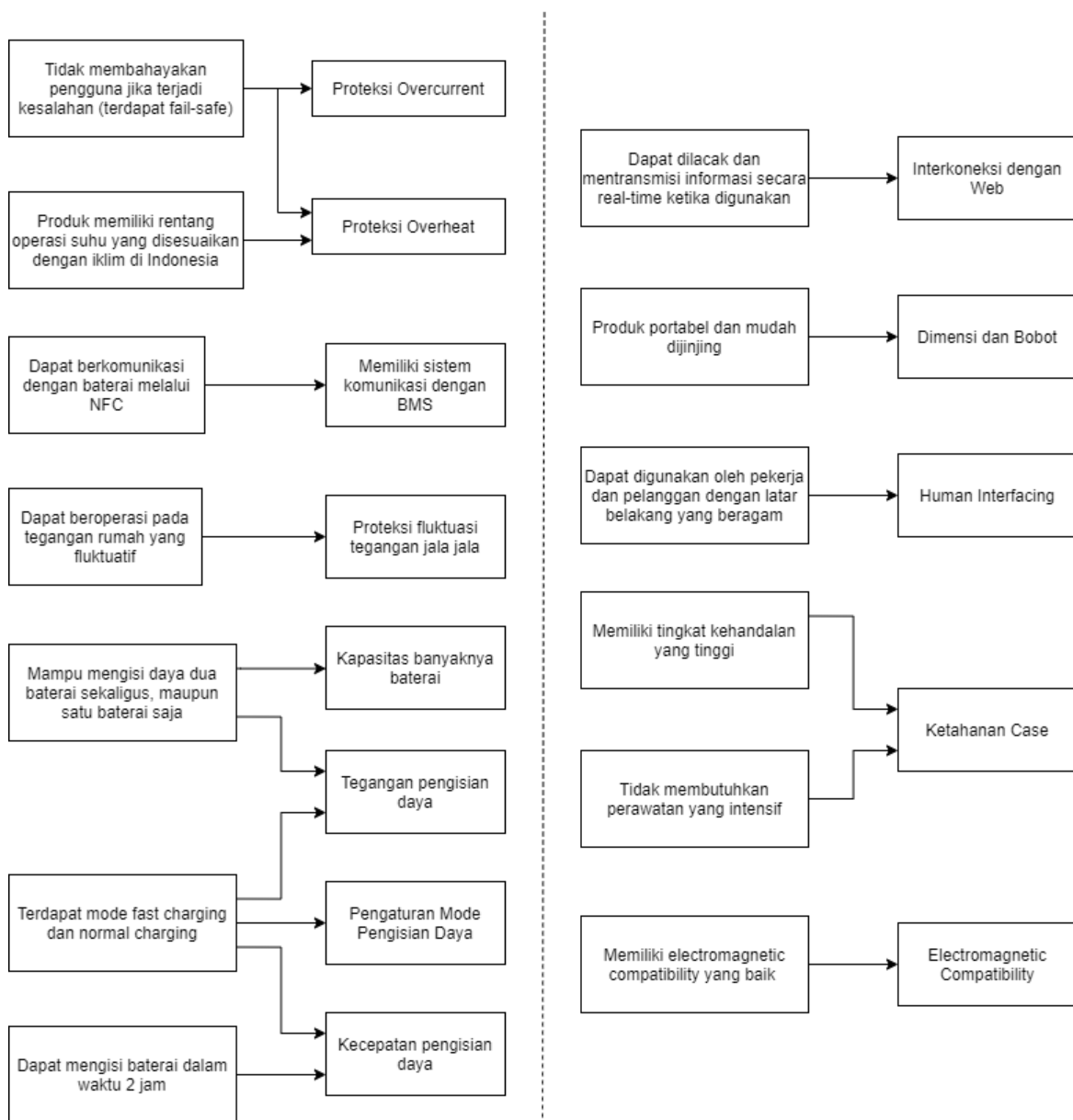
<b>SINGKATAN</b>	<b>ARTI</b>
V	Volt

## 2 Spesifikasi

### 2.1 Spesifikasi Produk

Solusi yang terpilih untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di PT Oyika saat ini memerlukan kami untuk membuat sistem pengisian daya baterai portabel yang dapat mengisi *battery pack* khusus dari PT Oyika diluar kendaraan listrik. Sistem yang dibuat juga akan terhubung ke internet untuk melakukan *data logging* serta *tracking* terhadap produk yang bersangkutan.

Spesifikasi produk ini telah dirancang berdasarkan fitur utama, fitur dasar, fitur tambahan, serta sifat solusi yang telah dipaparkan pada dokumen B100. Dalam perancangan spesifikasi, sifat traceability merupakan salah satu hal perlu diperhatikan agar semua spesifikasi dapat diverifikasi secara kuantitatif. Pada bagian dibawah ini terdapat bagan untuk melihat traceability setiap spesifikasi yang telah ditentukan.



### Gambar 1 Diagram traceability tiap spesifikasi

Baterai yang digunakan di Oyika merupakan baterai bertipe LFP dengan tegangan nominal 60.2 V dengan kapasitas maksimum 11.2 Ah. Baterai tersebut memiliki soket untuk memasukkan daya dan mengeluarkan daya yang terletak pada bagian bawah baterai. Baterai memiliki mode charge dan discharge yang diatur oleh BMS. Sudah terdapat sebuah board sebagai antarmuka komunikasi dengan baterai. Arus charging yang digunakan pada baterai yaitu sebesar 10 A.

#### 2.1.1 Spesifikasi #1 (Short Circuit protection)

Kondisi hubung singkat dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Hubung singkat dapat merusak produk dan juga dapat berbahaya terhadap lingkungan sekitar. Oleh karena itu, diperlukan proteksi untuk mengantisipasi akibat dari hubung singkat tersebut.

Dibandingkan metode penyimpanan daya lainnya, sel *lithium ion* memiliki tingkat kestabilan yang rendah karena bahan dasar lithium yang cenderung reaktif. Penggunaan yang tidak tepat dapat beresiko terjadinya kerusakan pada baterai. Pada kondisi ekstrimnya, baterai dapat meledak dan menyebabkan kebakaran. Maka, sistem proteksi hubung singkat pada produk ini akan memutuskan aliran daya apabila terdeteksi arus hubung singkat. Pemutusan akan dilakukan menggunakan rangkaian proteksi *short-circuit*.

Selain untuk melindungi baterai dari arus yang terlalu besar, pembatasan ini juga bertujuan untuk mencegah kerusakan komponen yang terdapat pada produk. Komponen yang digunakan pada produk ini akan dipilih sebesar 15 A.

#### 2.1.2 Spesifikasi #2 (Overheat protection)

Setiap komponen memiliki rentang temperatur untuk dapat beroperasi dengan baik. Sebuah sub-sistem proteksi suhu berlebih dibutuhkan untuk melindungi semua komponen tersebut. Produk akan memutuskan daya apabila terdeteksi suhu melebihi batas tertentu. Berdasarkan [2], akan dipilih rentang operasi produk pada suhu 0 – 70 °C. Kemudian, produk juga akan memberikan informasi kepada pengguna melalui antarmuka apabila terdapat *failure* pada aspek ini

#### 2.1.3 Spesifikasi #3 (Sistem Komunikasi dengan BMS)

Penghantaran daya yang besar akan mengakibatkan percikan listrik atau *spark* ketika kedua konduktor akan bersentuhan. Untuk menghindari hal tersebut, arus listrik tidak langsung dihantarkan ketika produk dihubungkan ke jala-jala listrik 220 V. Terlebih, Baterai Oyika hanya dapat diisi dayanya jika produk sudah dapat berkomunikasi dengan BMS. Oleh karena itu, diperlukan sebuah mikrokontroler untuk melakukan komunikasi tersebut.

#### 2.1.4 Spesifikasi #4 (Fungsionalitas Produk terhadap Fluktuasi Tegangan Jala-Jala)

Sumber tegangan yang digunakan oleh produk ini diperoleh dari listrik rumah 220 V yang bersumber dari PLN. Tegangan pada beban rumah dapat bervariasi pada beban puncak maupun beban normal. Tegangan dapat menjadi *undervoltage* maupun *overvoltage*. Untuk membatasi hal tersebut, PLN membuat regulasi untuk membatasi *undervoltage* dan



*overvoltage* pada level 10% dari tegangan yang seharusnya yaitu 220 V. sehingga dapat disimpulkan bahwa range tegangan yang harus dapat digunakan oleh produk ini berkisar antara 198 V hingga 242 V. Kondisi ekstrem undervoltage dapat diatasi dengan mengubah duty cycle PWM yang diberikan kepada charger. Sedangkan, kondisi ekstrem overvoltage diatasi dengan penambahan fuse pada sisi input produk.

#### 2.1.5 Spesifikasi #5 (Kapasitas Banyaknya Baterai)

Motor Oyika memiliki dua slot baterai agar jarak tempuh motor semakin jauh. Oleh karena itu, setiap pelanggan dipinjamkan dua buah baterai. Untuk memudahkan pengguna, produk ini perlu memiliki dua buah slot pengisian. Dengan demikian, pengguna dapat mengisi daya dua baterai sekaligus tanpa harus menunggu salah satu baterai penuh.

#### 2.1.6 Spesifikasi #6 (Tegangan output)

Tegangan output dari produk ini menyesuaikan dengan spesifikasi baterai yang ada. Berdasarkan spesifikasi tersebut, diperlukan tegangan output maksimum produk sebesar 68 V untuk melakukan pengisian daya ke baterai. Pada beberapa tahap pengisian daya baterai yang dilakukan, tegangan output akan disesuaikan berdasarkan tegangan baterai. Tiap sel baterai yang digunakan pada *battery pack* PT Oyika memiliki tegangan terendah 2.5 V. Lebih rendah dari itu, BMS akan memberi sinyal kepada *battery pack* untuk melakukan cutoff. Maka, ditentukan bahwa tegangan minimum output dari produk ini adalah 47.5 V, dan tegangan output maksimal adalah 68 V.

#### 2.1.7 Spesifikasi #7 (Pengaturan Mode Pengisian Daya)

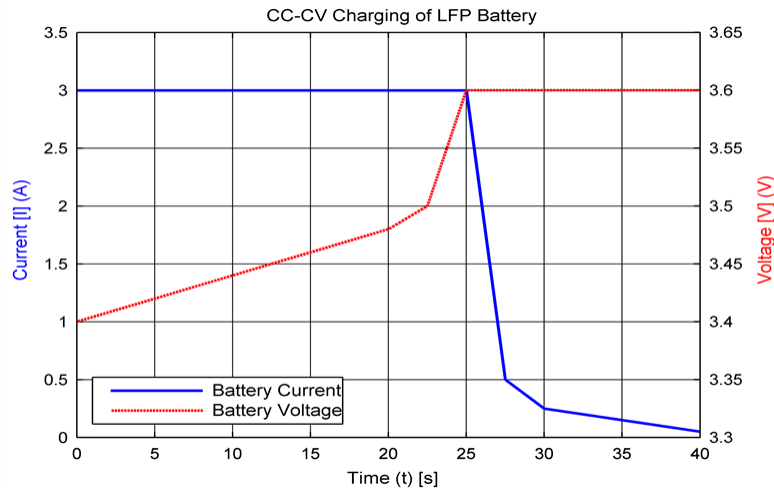
Terbatasnya kemampuan listrik rumah untuk menyuplai daya ke baterai membuat produk ini harus dapat dibatasi penggunaan dayanya. Sehingga diperlukan pemilihan mode daya agar dapat menyesuaikan dengan keterbatasan tersebut. Produk ini akan dilengkapi dengan dua mode pengisian daya, yaitu mode *normal charging* dan mode *fast charging*. Kedua mode ini memiliki perbedaan pada segi arus yang digunakan saat pengisian daya. Mode *normal charging* melakukan pengisian daya dengan arus maksimal  $5 \pm 0.05$  A, dan mode *fast charging* dengan arus  $10 \pm 0.1$  A. Galat ketidakpastian yang ditentukan didasarkan atas persen error dari sensor arus yang umum digunakan pada besar arus pada nominal puluhan ampere [1].

Fungsionalitas dua mode pengisian daya diatas memiliki bahan pertimbangan sebagai berikut. *Battery pack* yang digunakan memiliki tegangan maksimal sebesar 68 V. Dengan asumsi konversi daya AC ke DC sebesar 80% [3], pengisian daya dengan mode *fast charging* akan memerlukan daya 850 W. Bagi pelanggan yang tidak memiliki kapasitas daya rumah yang besar, disediakan juga mode *normal charging* akan memerlukan daya maksimum sebesar 425 W.

Umumnya, pengisian suatu *battery pack* dilakukan dengan arus maksimum sebesar kapasitas dari *battery pack* tersebut. Baterai yang disediakan oleh PT Oyika memiliki kapasitas 11.4 Ah, maka arus pengisian maksimum untuk baterai ini ialah 11.4 A. Hal ini yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan arus pengisian untuk mode *fast charging*.

Untuk tahapan pengisian daya yang digunakan, dipilih dua tahapan yaitu tahap *constant current* untuk pengisian daya baterai pada kapasitas 0 – 80%, dan tahap *constant voltage*

untuk pengisian daya dengan kapasitas 80 – 100%. Sesuai namanya, pengisian daya saat tahap constant current akan dijaga pada arus konstan, namun tegangan pengisian daya akan diubah sesuai dengan tegangan yang dimiliki oleh baterai. Kemudian pada tahap constant voltage, tegangan pengisian daya dijaga konstan. Namun arus pengisian daya akan perlahan diturunkan hingga mencapai 0A saat kapasitas baterai sudah penuh 100%. Kurva tegangan dan arus yang digunakan untuk mengisi daya secara umum dapat dilihat pada Gambar 2. Perlu diketahui bahwa kurva tersebut hanya mewakili pengisian daya untuk 1 sel baterai, dan belum merupakan kurva final yang akan digunakan pada desain produk.



**Gambar 2. Tahap pengisian CC dan CV pada 1 sel baterai LFP**

#### 2.1.8 Spesifikasi #8 (Kecepatan Pengisian Daya)

Untuk pengisian 1 *battery pack*, *normal charging* akan memakan waktu kurang lebih 2 jam dan *fast charging* akan memakan waktu 1 jam. Pengisian daya dua baterai sekaligus akan menjadikan waktu tersebut menjadi 4 jam dan 2 jam. Spesifikasi ini berkaitan erat dengan spesifikasi ke-6, namun memiliki *scope* yang berbeda.

#### 2.1.9 Spesifikasi #9 (Interkoneksi dengan Web)

Produk yang dibuat harus memiliki *data logger* yang dapat diakses dengan mudah. Data logger tersebut berisi bagaimana pengisian daya dilakukan oleh pengguna dan juga lokasi dari produk ini. Untuk menyimpan dan mengakses data logger tersebut, digunakan sistem database pada website yang dapat dipantau dengan mudah aktivitas yang dilakukan oleh penggunaannya. Adapun informasi yang akan di-*sampling* oleh data logger ini ialah nomor serial baterai yang terhubung, durasi pengisian daya, *timestamp*, tegangan input, tegangan dan arus output, serta lokasi dari produk.

Informasi-informasi tersebut akan diupload saat awal mulai pengisian daya, saat selesai pengisian daya (baterai penuh, atau baterai dicabut tiba-tiba), dan saat produk mengalami *failure* (*overheat* atau *overcurrent*). Website yang akan dibuat hanya dapat diakses oleh admin. Sehingga admin dapat memantau penggunaan charger. Tampilan dari web akan dibuat sederhana dan informatif.

#### 2.1.10 Spesifikasi #10 (Dimensi dan Bobot)

Penggunaan motor listrik yang *mobile* atau berpindah-pindah, membutuhkan charger yang dapat dibawa-bawa. Sehingga dibutuhkan desain yang portabel dalam pengembangan produk ini. Selain itu juga, agar tidak banyak memakan tempat, produk juga harus dapat disimpan dengan mudah di dalam rumah maupun di dalam gudang. Produk ini memiliki dimensi maksimal sebesar 40x20x10 cm. Produk juga memiliki bobot maksimal sebesar 2 kg. Nominal dimensi dan bobot yang diambil telah disesuaikan agar produk masih dapat dikatakan portabel dan dapat dijinjing.

#### 2.1.11 Spesifikasi #11 (Ketahanan Case)

Berdasarkan kapasitas baterai PT Oyika dan interval penggunaan kendaraan listrik, dapat diestimasikan bahwa produk paling sering digunakan setiap hari, dan paling lama digunakan setiap 7 hari. Maka, produk yang dibuat memerlukan penutup yang tahan terhadap penggunaan harian.

Untuk memberi standar kualitas dan menjamin ketahanan produk terhadap penggunaan harian, produk ini akan memiliki sertifikasi Ingress Protection (IP) senilai 3 untuk benda padat, dan bernilai 1 untuk benda cair [4]. Pada nilai tersebut, produk diharuskan untuk memiliki celah maksimum yang lebih kecil dari 2.5 mm untuk mencegah benda asing masuk kedalam produk. Kemudian, nilai 1 untuk benda likuid memberi jaminan bahwa produk tidak akan mengalami kerusakan apabila terdapat tetesan air ringan yang jatuh keatas produk.

#### 2.1.12 Spesifikasi #12 (Human Interface)

Produk yang dibuat harus dapat digunakan semudah mungkin. Oleh karena itu diperlukan sebuah human interface yang sederhana tetapi tetap informatif. Karena produk ini akan memiliki dua mode keluaran daya, maka diperlukan sebuah saklar agar pengguna dapat mengubah keluaran daya yang diinginkan. Selain itu, diperlukan juga sebuah LED RGB berukuran standar 5mm di kedua dudukan baterai sebagai indikator untuk memberikan informasi status pengisian baterai pada tiap slot. LED RGB ini juga digunakan sebagai indikator ketika terjadi *failure*. Terakhir, produk perlu memiliki saklar untuk mematikan dan menyalakan produk.

#### 2.1.13 Spesifikasi #13 (Electromagnetic Compatibility)

Produk yang dirancang akan memiliki konsumsi daya yang cukup besar untuk melakukan pengisian daya baterai. Untuk itu, perlu diperhatikan emisi elektromagnetik yang dipancarkan oleh produk saat proses pengisian daya. Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi emisi tersebut ialah dengan memberi *shielding* disekitar rangkaian. Standar emisi gelombang elektromagnetik bagi peralatan rumah tangga ialah CISPR14 [3] Mengikuti standar ini, produk diharuskan untuk memiliki emisi daya maksimal sebesar 50dBuV/m pada frekuensi 9kHz hingga 400GHz.

## 2.2 Tabel Spesifikasi Produk

Tabel 1 Spesifikasi Produk

No	Karakteristik Produk	Spesifikasi	Rincian
1	1	Short Circuit protection	Bila terdapat arus short circuit, rangkaian proteksi short circuit akan memutus arus.
2	1, 2	Proteksi overheat	Pengisian daya berhenti bila suhu operasi lebih besar $70 \pm 0.5$ °C atau lebih rendah dari 0.5 °C
3	3	Memiliki sistem komunikasi dengan BMS	Dapat berkomunikasi dengan BMS di <i>battery pack</i> untuk mengubah mode baterai
4	4	Fungsionalitas produk terhadap fluktuasi tegangan jala jala	Range tegangan jala jala 198 V – 242 V
5	5	Kapasitas banyaknya baterai	Terdapat submodul yang mengontrol output tegangan di tiap dudukan baterai
6	5, 6	Tegangan pengisian daya	Adaptif terhadap tegangan baterai. Tegangan minimum = 47.5 V Tegangan maksimum = 68 V
7	6	Pengaturan Mode Pengisian Daya	Terdapat dua mode output daya, yaitu: <i>Normal charging</i> = $5 \pm 0.05$ A (maks) <i>Fast charging</i> = $10 \pm 0.1$ A (maks)
8	6, 7	Kecepatan pengisian daya	Durasi maksimum pengisian daya: * <i>Normal charging</i> = 2 jam <i>Fast charging</i> = 1 jam
9	8	Interkoneksi dengan Web	Terdapat <i>datalogger</i> ** serta informasi lokasi yang dapat diakses via web
10	9	Dimensi dan Bobot	Dimensi maksimal produk: p x l x t = 40 x 20 x 15 cm Bobot maksimal 2 kg
11	10, 11	Ketahanan <i>Case</i>	Produk memiliki rating ketahanan IP 21
12	12	<i>Human Interfacing</i>	Produk memiliki sistem antarmuka produk dengan pengguna yang meliputi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 buah LED RGB berukuran standar</li> <li>- Saklar pengatur mode keluaran daya</li> <li>- Sebuah socket daya yang dilengkapi saklar untuk menyalakan dan mematikan produk</li> </ul>

13	13	Electromagnetic compatibility	Emisi daya maksimal dari produk adalah 50dBuV/m untuk rentang frekuensi 9 kHz hingga 400 GHz
----	----	-------------------------------	--

\*) Waktu pengisian untuk 1 *battery pack*

\*\*) Nomor serial baterai, durasi pengisian daya, timestamp, tegangan input, tegangan dan arus output, lokasi

**Tabel 2 Karakteristik Produk**

No	Karakteristik Produk
1	Tidak membahayakan pengguna jika terjadi kesalahan (fail-safe)
2	Produk memiliki rentang operasi suhu yang disesuaikan dengan iklim di Indonesia
3	Dapat berkomunikasi dengan baterai melalui NFC
4	Dapat beroperasi pada tegangan rumah yang fluktuatif
5	Mampu mengisi daya dua baterai sekaligus, maupun satu baterai saja
6	Terdapat mode fast charging dan normal charging
7	Dapat mengisi baterai dalam waktu 2 jam
8	Dapat dilacak dan mentransmisi informasi secara real-time ketika digunakan
9	Produk portabel dan mudah dijinjing
10	Memiliki tingkat kehandalan yang tinggi
11	Tidak membutuhkan perawatan yang terlalu intensif
12	Dapat digunakan oleh pekerja dan pelanggan dengan latar belakang yang beragam
13	Memiliki <i>electromagnetic compatibility</i> yang tidak mengganggu lingkungan sekitarnya

## 2.3 Verifikasi

### 2.3.1 Spesifikasi #1

**Tabel 3 Verifikasi spesifikasi #1**

Hal	Short Circuit protection
Rincian	Aliran daya akan terputus bila terdapat arus short circuit
Metode Pengukuran	Menggunakan multimeter dan <i>dummy load</i>

Prosedur Pengujian	Menghubungkan kedua kutub positif dan negatif dengan suatu konduktor sehingga terjadi hubung singkat, lalu melihat apakah fuse putus
--------------------	--

### 2.3.2 Spesifikasi #2

**Tabel 4 Verifikasi spesifikasi #2**

Hal	Overheat protection
Rincian	Sistem akan memutuskan aliran daya bila temperatur didalam produk lebih besar dari $70 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ atau lebih rendah dari $0,5^{\circ}\text{C}$
Metode Pengujian	Simulasi suhu batas atas dan batas bawah akan dilakukan dengan bantuan air panas dan air es. Sebuah termometer kemudian digunakan untuk memverifikasi suhu air panas dan air es tersebut
Prosedur Pengujian	Untuk menguji suhu batas atas, sensor suhu yang terdapat pada produk akan diletakkan di air panas dengan beberapa variasi suhu $70^{\circ}\text{C}$ , kemudian akan diamati state produk. Kemudian, untuk menguji suhu batas bawah, sensor suhu akan diletakkan di air es dengan beberapa variasi suhu $0.5^{\circ}\text{C}$ , kemudian akan diamati state dari produk.

### 2.3.3 Spesifikasi #3

**Tabel 5 Verifikasi spesifikasi #3**

Hal	Memiliki sistem komunikasi dengan BMS
Rincian	Mikrokontroler dapat melakukan komunikasi dengan BMS
Metode Pengujian	Dilakukan pengujian pada setiap perintah yang ada pada BMS
Prosedur Pengujian	Produk diprogram untuk mengirimkan <i>command serial</i> ke BMS baterai untuk <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengubah state baterai menjadi <i>charge</i> dan <i>idle</i>.</li> <li>2. Menguji membaca nomor seri baterai.</li> <li>3. Menguji pembacaan informasi baterai seperti SoC, dan SoH</li> </ol>

### 2.3.4 Spesifikasi #4

**Tabel 6 Verifikasi spesifikasi #4**

Hal	Fungsionalitas Produk terhadap Fluktuasi Tegangan Jala-Jala
-----	---

Rincian	Produk diharapkan dapat tetap beroperasi pada input 198 V hingga 242 V
Metode Pengujian	Variasi input tegangan AC disimulasikan pada lab konversi ITB
Prosedur Pengujian	Produk diberi beberapa input tegangan diantara rentang dan 242V, kemudian output tegangan dan arus dari produk diamati untuk setiap variasi input tegangan

### 2.3.5 Spesifikasi #5

**Tabel 7 Verifikasi spesifikasi #5**

Hal	Kapasitas Banyaknya Baterai
Rincian	Melakukan pengisian pada dua baterai secara bersamaan
Metode Pengujian	Memastikan tidak ada arus pada dudukan baterai yang kosong
Prosedur Pengujian	Melakukan pengisian pada dua baterai secara bersamaan untuk mengamati apakah kedua daya baterai diisi bersamaan. Kemudian melakukan pengisian pada hanya satu dudukan baterai saja untuk mengamati apakah pada dudukan lainnya keluar

### 2.3.6 Spesifikasi #6

**Tabel 8 Verifikasi spesifikasi #6**

Hal	Tegangan output
Rincian	Memiliki tegangan yang menyesuaikan tegangan baterai, dengan range minimum – maksimum adalah 47.5 – 68 V
Metode Pengujian	Menggunakan boost converter yang dapat memberi tegangan output sebesar 47.5 – 68 V untuk mensimulasikan tegangan baterai.
Prosedur Pengujian	<p>Sebelum memulai verifikasi, program yang terdapat pada produk perlu diubah terlebih dahulu. Verifikasi ini bertujuan apakah produk dapat melakukan penyesuaian tegangan berdasarkan tegangan baterai yang terhubung. Maka, akan digunakan boost converter yang tegangan outputnya diatur ke beberapa variasi tegangan</p> <p>Fungsionalitas program untu pengujian ini akan memiliki 3 tahap utama. Pertama, akan dihubungkan boost converter dengan tegangan tertentu ke port pengisian daya baterai. Kedua, sistem akan membaca tegangan baterai tersebut. Dan ketiga, baterai tersebut akan dilepas, dan dilakukan pengukuran terhadap tegangan output produk</p>

	menggunakan multimeter. Pengujian ini kemudian dilakukan untuk beberapa variasi tegangan.
--	---

### 2.3.7 Spesifikasi #7

**Tabel 9 Verifikasi spesifikasi #7**

Hal	Pengaturan Mode Pengisian Daya
Rincian	Arus maksimal pada pengisian daya pada mode <i>normal charge</i> ialah $5 \pm 0.05$ A, dan pada mode <i>fast charge</i> adalah $10 \pm 0.1$ A
Metode Pengujian	Menghitung waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu kali siklus pengisian menggunakan data waktu
Prosedur Pengujian	Menghitung waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu kali siklus pengisian

### 2.3.8 Spesifikasi #8

**Tabel 10 Verifikasi spesifikasi #8**

Hal	Kecepatan Pengisian Daya
Rincian	Durasi maksimum pengisian daya: * <i>Normal charging</i> = 2 jam <i>Fast charging</i> = 1 jam
Metode Pengujian	Menghitung waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu kali siklus pengisian menggunakan data waktu
Prosedur Pengujian	Menghitung waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu kali siklus pengisian



### 2.3.9 Spesifikasi #9

**Tabel 11 Verifikasi spesifikasi #9**

Hal	Interkoneksi dengan Web
Rincian	Produk dapat melakukan <i>data logging</i> serta mengirimkan data tersebut ke web. Selain itu, lokasi produk juga dapat dipantau
Metode Pengujian	Menggunakan perangkat yang terhubung ke internet untuk mengakses data yang ada di database
Prosedur Pengujian	Dilakukan pemantauan data tegangan, arus, waktu pengisian daya, serta lokasi via web saat produk sedang mengisi daya baterai

### 2.3.10 Spesifikasi #10

**Tabel 12 Verifikasi spesifikasi #10**

Hal	Dimensi dan Bobot
Rincian	Dimensi maksimal 40 x 20 x 15 cm, bobot maksimal 2 kg
Metode Pengujian	Dimensi diukur dengan meteran, bobot diukur dengan timbangan
Prosedur Pengujian	Produk diletakkan di tempat yang rata, lalu panjang, lebar, dan tinggi dari produk diukur dengan meteran. Kemudian, produk diletakkan di atas timbangan untuk melihat bobotnya.

### 2.3.11 Spesifikasi #11

**Tabel 13 Verifikasi spesifikasi #11**

Hal	Ketahanan <i>Case</i>
Rincian	Produk memiliki rating IP 21
Metode Pengujian	Akan diuji sesuai pengujian rating IP 21
Prosedur Pengujian	Prosedur pengujian IP 21 dilakukan dengan memastikan tidak adanya celah yang melebihi ukuran 12.5mm. untuk menguji ketahanan terhadap likuid, produk akan diteteskan air secara vertikal.

### 2.3.12 Spesifikasi #12

**Tabel 14 Verifikasi spesifikasi #12**

Hal	Human Interface
Rincian	Dapat memberi informasi keadaan produk secara jelas ke pengguna
Metode Pengujian	Memastikan setiap state dapat diketahui melalui indikator LED, memastikan mode pengisian daya dapat diubah, dan memastikan saklar pemutusan daya bekerja dengan baik
Prosedur Pengujian	Melakukan pengujian pada setiap state yang ada, memastikan pengubahan mode pengisian daya dapat dilakukan, serta memastikan produk dapat dimatikan atau dinyalakan menggunakan saklar pemutusan daya

### 2.3.13 Spesifikasi #13

**Tabel 15 Verifikasi spesifikasi #13**

Hal	<i>Electromagnetic compatibility</i>
Rincian	Emisi daya maksimal pada rentang frekuensi 9kHz hingga 400GHz ialah 50dBuV/m
Metode Pengujian	Mengukur emisi daya pada rentang frekuensi standar CISPR 14 menggunakan EMI receiver atau spectrum analyzer yang tersedia di laboratorium ITB
Prosedur Pengujian	Mengukur emisi daya saat produk sedang mengisi daya dan membandingkannya dengan standar emisi maksimum CISPR 14 (50dBuV/m)

### 3 Lampiran