



INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 📠 (022)250 0940
BANDUNG 40132

Dokumentasi Produk Tugas Akhir

Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: Sistem Pengisian Daya Portabel Baterai Kendaraan Listrik PT. Oyika Powered Solution
Jenis Dokumen	PENGUJIAN <small>Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB</small>
Nomor Dokumen	B500 - TA2122.01.024
Nomor Revisi	02
Nama File	B500 - TA2122.01.024
Tanggal Penerbitan	26 June 2022
Unit Penerbit	Prodi Teknik Elektro - ITB
Jumlah Halaman	41 (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	Dosen Pembimbing
Oleh	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
	Nama	Dr. Eng. Arwindra Rizqiawan, S.T., M.T.	Jabatan	Dosen Pembimbing
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
Disetujui	Nama	Dr. Muhammad Amin Sulthoni, S.T. M.T.	Jabatan	Dosen Pembimbing
Oleh	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	
	Nama	Dr. Eng. Arwindra Rizqiawan, S.T., M.T.	Jabatan	Dosen Pembimbing
	Tanggal	26 June 2022	Tanda Tangan	

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	3
CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN	4
PROPOSAL PROYEK PENGEMBANGAN TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO 2021/2022.....	5
1 PENGANTAR	5
1.1 RINGKASAN ISI DOKUMEN	5
1.2 TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN	5
1.3 REFERENSI	5
1.4 DAFTAR SINGKATAN.....	5
2 PENGUJIAN	6
2.1 PENGUJIAN SPESIFIKASI FUNGSIONAL.....	6
2.1.1 <i>Pengujian #1: Short Circuit protection</i>	6
2.1.2 <i>Pengujian #2: Overheat protection</i>	7
2.1.3 <i>Pengujian #3: Memiliki sistem komunikasi dengan BMS</i>	8
2.1.4 <i>Pengujian #4: Fungsionalitas Produk terhadap Fluktuasi Tegangan AC</i>	10
2.1.5 <i>Pengujian #5: Kapasitas Banyaknya Baterai</i>	12
2.1.6 <i>Pengujian #6: Tegangan output</i>	14
2.1.7 <i>Pengujian #7: Pengaturan Mode Pengisian Daya</i>	16
2.1.8 <i>Pengujian #8: Kecepatan Pengisian Daya</i>	18
2.1.9 <i>Pengujian #9: Interkoneksi dengan Web</i>	20
2.1.10 <i>Pengujian #10: Dimensi dan Bobot</i>	29
2.1.11 <i>Pengujian #11: Ketahanan Case</i>	32
2.1.12 <i>Pengujian #12: Human Interface</i>	35
2.1.13 <i>Pengujian #13: Electromagnetic compatibility</i>	38
2.2 VALIDASI PEMENUHAN CONSTRAIN.....	40
2.2.1 <i>Konstrain #1: Ekonomi</i>	40
2.2.2 <i>Konstrain #2: Manufakturabilitas</i>	40
2.2.3 <i>Konstrain #3: Keberlanjutan</i>	40
2.2.4 <i>Konstrain #4: Keselamatan dan Keamanan</i>	40
2.2.5 <i>Konstrain #5: Pasar</i>	40
2.2.6 <i>Konstrain #6: Desain</i>	40
2.2.7 <i>Konstrain #7: Kemudahan Penggunaan</i>	41
2.2.8 <i>Konstrain #8: Lingkungan</i>	41
3 LAMPIRAN.....	42

Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

Versi, Tgl, Oleh	Perbaikan
1.0, 12 April 2022, KN, DIP, DAF	Dokumen dibuat
1.1, 25 April 2022, KN, DIP, DAF	Pengeditan versi pertama
1.2, 10 Mei 2022, KN, DIP, DAF	Menambahkan hasil pengujian Human Interface
1.3, 14 Mei 2022, KN, DIP, DAF	Menambahkan hasil pengujian mode daya dan kecepatan waktu pengisian daya
2.0, 26 Juni 2022, KN, DIP, DAF	Mengupdate hasil pengujian spesifikasi 7 dan 8, karena subsistem charger sudah berhasil diimplementasikan Membetulkan beberapa formatting

Proposal Proyek Pengembangan Tugas Akhir Teknik Elektro 2021/2022

1 Pengantar

1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini berisi seluruh rangkaian proses pengujian spesifikasi produk yang telah dijabarkan sebelumnya pada dokumen B200. Proses pengujian tersebut mencakup langkah pengujian, hasil pengujian, dan analisis. Hasil pengujian dari proyek pengembangan tugas akhir ini sudah menunjukkan hasil yang baik walaupun belum maksimal. Dengan hasil yang telah didapat, penulis dapat melakukan perbaikan agar produk yang dihasilkan dapat memiliki spesifikasi yang lebih baik lagi.

1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Tujuan penulisan dokumen ini antara lain:

1. Menjelaskan setiap langkah pengujian proyek pengembangan Sistem Pengisian Daya Portabel Baterai Kendaraan Listrik PT. Oyika Powered Solution secara rinci.
2. Mendokumentasikan hasil pengujian dan penjelasan analisis dari setiap spesifikasi produk.
3. Melakukan verifikasi ketercapaian tujuan pengembangan produk Sistem Pengisian Daya Portabel Baterai Kendaraan Listrik PT. Oyika Powered Solution.

1.3 Referensi

- [1] "IEC 60529 IP Testing," Applied Technical Services, [Online]. Available: <https://atslab.com/environmental-testing/iec-60529-ip-testing/>. [Diakses 22 April 2022].
- [2] ITC India, "IP Testing Procedure," ITC India, [Online]. Available: <https://itcindia.org/ip-testing-procedure/>. [Diakses 23 April 2022].

1.4 Daftar Singkatan

SINGKATAN	ARTI
AC	Alternative Current
BMS	Battery Management System
DC	Direct Current
LED	Light Emitting Diode
SoC	State of Charge

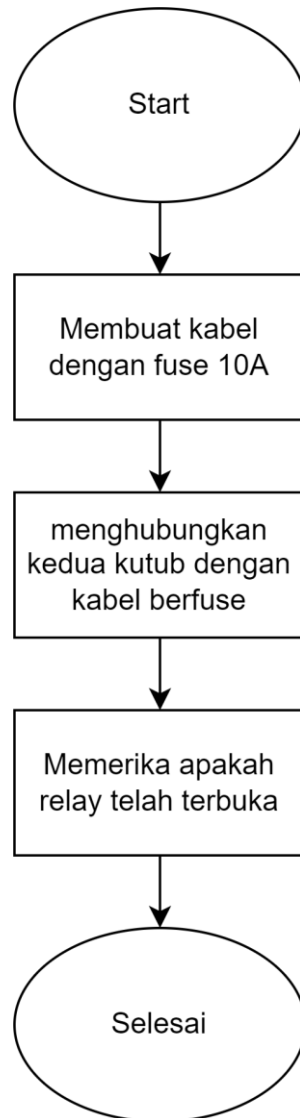
2 Pengujian

2.1 Pengujian Spesifikasi Fungsional

2.1.1 Pengujian #1: Short Circuit protection

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan failure eksternal short circuit dapat diatasi dan tidak merusak produk.

2.1.1.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.1 Langkah pengujian short circuit protection

2.1.1.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian didapatkan rangkaian proteksi short circuit memutus rangkaian ketika kutub positif dan negatif dihubungkan. Dengan demikian, spesifikasi proteksi hubung-singkat terpenuhi.

2.1.2 Pengujian #2: Overheat protection

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk tidak mencapai suhu tertentu ketika dioperasikan.

2.1.2.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.2 Langkah pengujian overheat protection

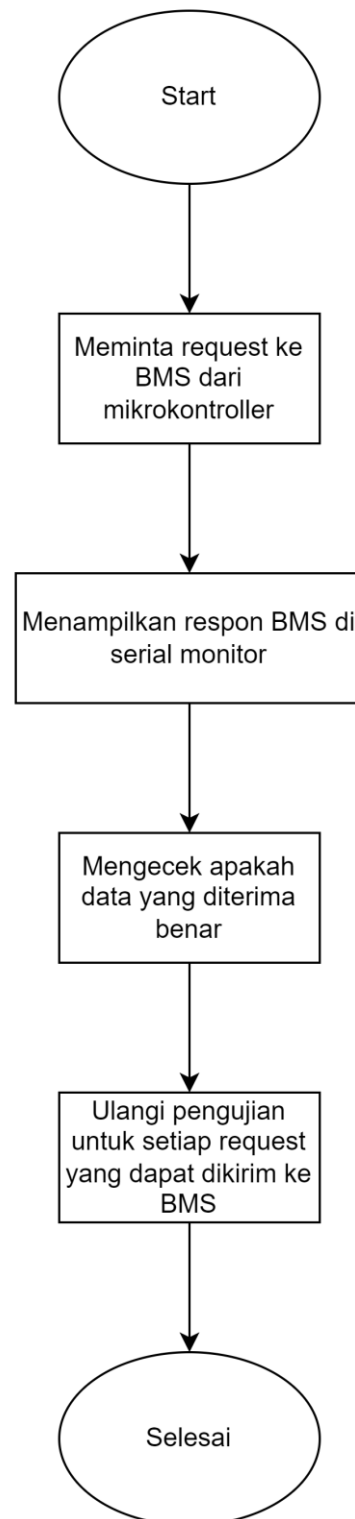
2.1.2.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian overheat protection dilakukan dengan memanaskan sensor suhu hingga suhu mencapai 70°C. Pada suhu 70,3°C, sensor suhu mendeteksi adanya *overheat* sehingga kontrol langsung memutus relay sehingga pengisian daya baterai berhenti dilakukan. Setelah suhu kembali normal, dilakukan pengisian daya secara normal. Setelah terjadi overheat, produk masih dapat digunakan secara normal dan berfungsi dengan baik. Hal ini menunjukkan overheat protection telah berjalan dengan baik.

2.1.3 Pengujian #3: Memiliki sistem komunikasi dengan BMS

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk dapat berkomunikasi dengan BMS melalui komunikasi serial.

2.1.3.1 Langkah Pengujian



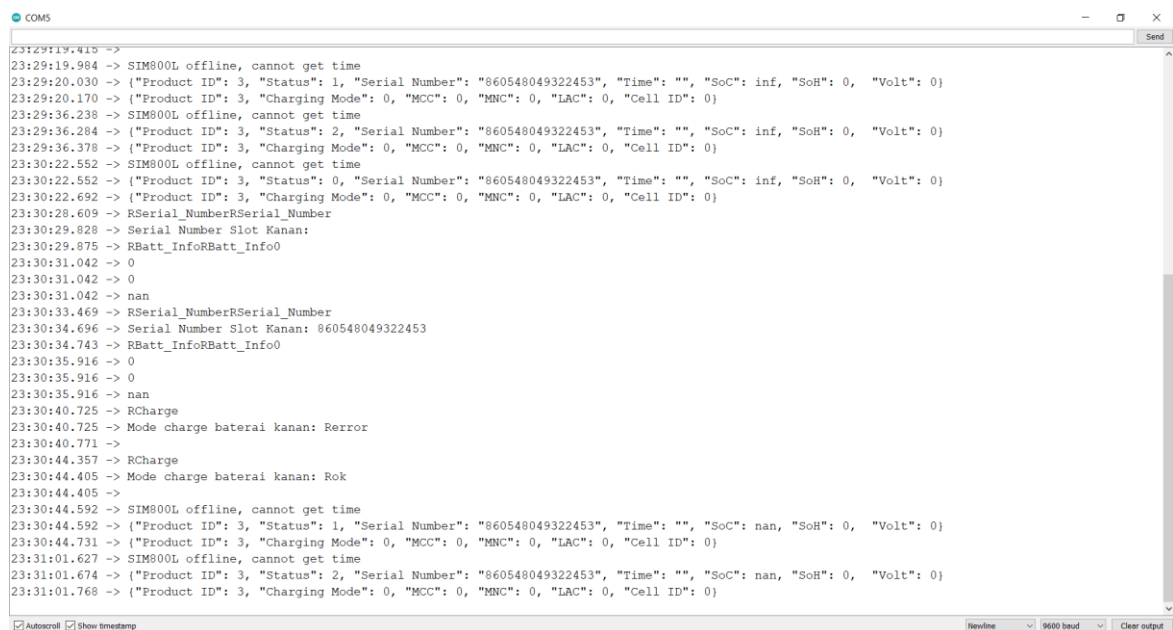
Gambar 2.1.3 Langkah Pengujian Komunikasi dengan BMS

2.1.3.2 Hasil Pengujian dan Analisis



```
23:28:49.420 -> Attempting MQTT connection...connected
23:29:05.106 -> LSerial_NumberLSerial_Number
23:29:05.910 -> Serial Number Slot Kiri:
23:29:05.958 -> LBatt_InfoLBatt_Info0
23:29:06.755 -> 0
23:29:06.755 -> 0
23:29:06.755 -> nan
23:29:08.746 -> LSerial_NumberLSerial_Number
23:29:09.554 -> Serial Number Slot Kiri: 860548049322453
23:29:09.602 -> LBatt_InfoLBatt_Info0
23:29:10.362 -> 2560
23:29:10.362 -> 0
23:29:10.362 -> inf
23:29:13.377 -> LCharge
23:29:13.377 -> Mode charge baterai kiri: Lerror
23:29:13.424 ->
23:29:15.360 -> LCharge
23:29:15.360 -> Mode charge baterai kiri:
23:29:17.349 -> LCharge
23:29:17.396 -> Mode charge baterai kiri:
23:29:19.367 -> LCharge
23:29:19.367 -> Mode charge baterai kiri: Lok
23:29:19.415 ->
23:29:19.984 -> SIM800L offline, cannot get time
23:29:20.030 -> {"Product ID": 3, "Status": 1, "Serial Number": "860548049322453", "Time": "", "SoC": inf, "SoH": 0, "Volt": 0}
23:29:20.170 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
23:29:20.170 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
```

Gambar 2.1.4 Hasil Pengujian Komunikasi dengan BMS pada dudukan kiri



```
23:29:19.984 -> SIM800L offline, cannot get time
23:29:20.030 -> {"Product ID": 3, "Status": 1, "Serial Number": "860548049322453", "Time": "", "SoC": inf, "SoH": 0, "Volt": 0}
23:29:20.170 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
23:29:36.238 -> SIM800L offline, cannot get time
23:29:36.284 -> {"Product ID": 3, "Status": 2, "Serial Number": "860548049322453", "Time": "", "SoC": inf, "SoH": 0, "Volt": 0}
23:29:36.378 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
23:30:22.552 -> SIM800L offline, cannot get time
23:30:22.552 -> {"Product ID": 3, "Status": 0, "Serial Number": "860548049322453", "Time": "", "SoC": inf, "SoH": 0, "Volt": 0}
23:30:22.692 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
23:30:28.609 -> RSerial_NumberRSerial_Number
23:30:29.828 -> Serial Number Slot Kanan:
23:30:29.875 -> RBatt_InfoRBatt_Info0
23:30:31.042 -> 0
23:30:31.042 -> 0
23:30:31.042 -> nan
23:30:33.469 -> RSerial_NumberRSerial_Number
23:30:34.696 -> Serial Number Slot Kanan: 860548049322453
23:30:34.743 -> RBatt_InfoRBatt_Info0
23:30:35.916 -> 0
23:30:35.916 -> 0
23:30:35.916 -> nan
23:30:40.725 -> RCharge
23:30:40.725 -> Mode charge baterai kanan: Rerror
23:30:40.771 ->
23:30:44.357 -> RCharge
23:30:44.405 -> Mode charge baterai kanan: Rok
23:30:44.405 ->
23:30:44.592 -> SIM800L offline, cannot get time
23:30:44.592 -> {"Product ID": 3, "Status": 1, "Serial Number": "860548049322453", "Time": "", "SoC": nan, "SoH": 0, "Volt": 0}
23:30:44.731 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
23:31:01.627 -> SIM800L offline, cannot get time
23:31:01.674 -> {"Product ID": 3, "Status": 2, "Serial Number": "860548049322453", "Time": "", "SoC": nan, "SoH": 0, "Volt": 0}
23:31:01.768 -> {"Product ID": 3, "Charging Mode": 0, "MCC": 0, "MNC": 0, "LAC": 0, "Cell ID": 0}
```

Gambar 2.1.5 Hasil Pengujian Komunikasi dengan BMS pada dudukan kanan

Gambar 2.1.4 dan Gambar 2.1.5 menunjukkan tangkapan layar pada serial monitor. Gambar tersebut menunjukkan proses pemerolehan data dari subsistem kontrol dengan BMS. Perintah “[L/R]Serial_Number” adalah perintah meminta serial number BMS. Kemudian, perintah “[L/R]Batt_Info” adalah perintah meminta info baterai dari BMS, seperti tegangan tiap sel, state-of-charge, state-of-health, arus, dan tegangan baterai. Terakhir, perintah “[L/R]Charge” adalah perintah untuk meminta BMS berubah ke mode *charging*. Apabila baterai belum memasuki mode *charging*, tidak akan ada arus yang melalui baterai meskipun subsistem *charger* telah dinyalakan. Dengan kata lain, pengisian daya baterai tidak dapat dilakukan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, spesifikasi produk terpenuhi.

2.1.4 Pengujian #4: Fungsionalitas Produk terhadap Fluktuasi Tegangan AC

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk masih dapat beroperasi ketika terjadi fluktuasi tegangan AC.

2.1.4.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.6 Langkah Pengujian Ketahanan Produk terhadap Fluktuasi Tegangan Jala-jala

2.1.4.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 2.1.1 Verifikasi output tegangan dan arus dengan variasi input tegangan jala jala (VAC)

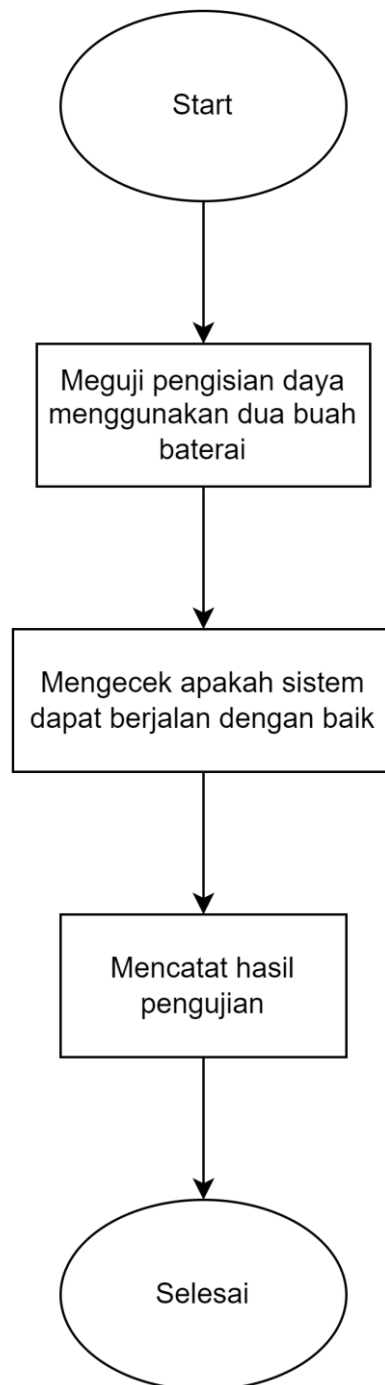
Tegangan input (VAC)	Tegangan output (VDC)	Arus output (A)
198.1	63.2	2
200	63.3	2
205	63.3	2
210	63.4	2
215	63.4	2
220	63.4	2
225	63.4	2
230	63.4	2

Pengujian dilakukan di laboratorium konversi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan AC. Simulasi fluktuasi tersebut dilakukan sesuai dengan kondisi sebenarnya pada tegangan rumah. Produk memiliki ketahanan input tegangan $\pm 10\%$ dari tegangan listrik normal sebesar 220V. sehingga dilakukan pengujian dari 198V hingga 230V. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.1.1 diatas. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa produk dapat mengatasi fluktuasi tegangan input dan tetap mengisi daya baterai dengan tegangan normal. Produk ini berhasil mempertahankan arus keluaran *charger* karena adanya pengendali loop tertutup. Dengan pengendali loop tertutup, sinyal yang diberikan ke *buck converter* akan menyesuaikan agar keluaran *buck converter* selalu mendekati nilai referensi yang ditentukan. Apabila terjadi gangguan seperti fluktuasi tegangan jala-jala, maka pengendali loop tertutup ini akan mengompensasi gangguan tersebut dan tetap mempertahankan nilai keluaran arus *buck converter* sesuai dengan nilai referensi. Dari hasil pengujian ini, spesifikasi fungsionalitas produk terhadap fluktuasi tegangan jala-jala terpenuhi.

2.1.5 Pengujian #5: Kapasitas Banyaknya Baterai

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa produk dapat melakukan pengisian daya dua baterai.

2.1.5.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.7 Langkah Pengujian Kapasitas Banyaknya Baterai

2.1.5.2 Hasil Pengujian dan Analisis



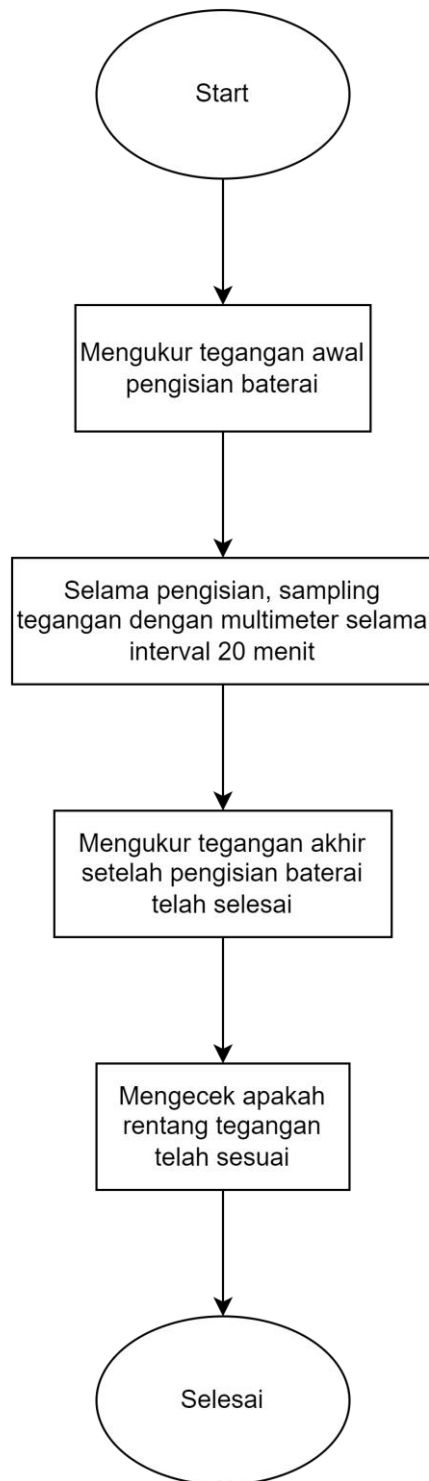
Gambar 2.1.8 Hasil Pengujian Kapasitas Banyaknya Baterai

Gambar 2.1.8 menunjukkan dua buah pak baterai yang sedang diisi dayanya. Indikator LED hijau menunjukkan daya baterai yang tersimpan pada saat pengisian daya. Dari hasil pengujian, pengguna dapat meletakkan dua buah baterai pada dudukan. Kemudian, produk akan mengurus pengisian daya dua buah baterai secara otomatis. Berdasarkan karakteristik dari BMS pada baterai Oyika, pada saat kedua baterai sedang *charging*, baterai yang daya tersimpannya lebih banyak akan ikut mengisi daya baterai yang lebih sedikit daya tersimpannya sampai tegangan kedua baterai seimbang. Produk mampu mengelola pengisian daya dua baterai secara real-time berkat fitur penjadwalan pada RTOS. Dengan menggunakan RTOS, eksekusi setiap tugas dilakukan secara konkurensi, sehingga menimbulkan kesan bahwa produk mengeksekusi beberapa tugas secara paralel. Dari hasil pengujian, spesifikasi produk telah terpenuhi.

2.1.6 Pengujian #6: Tegangan output

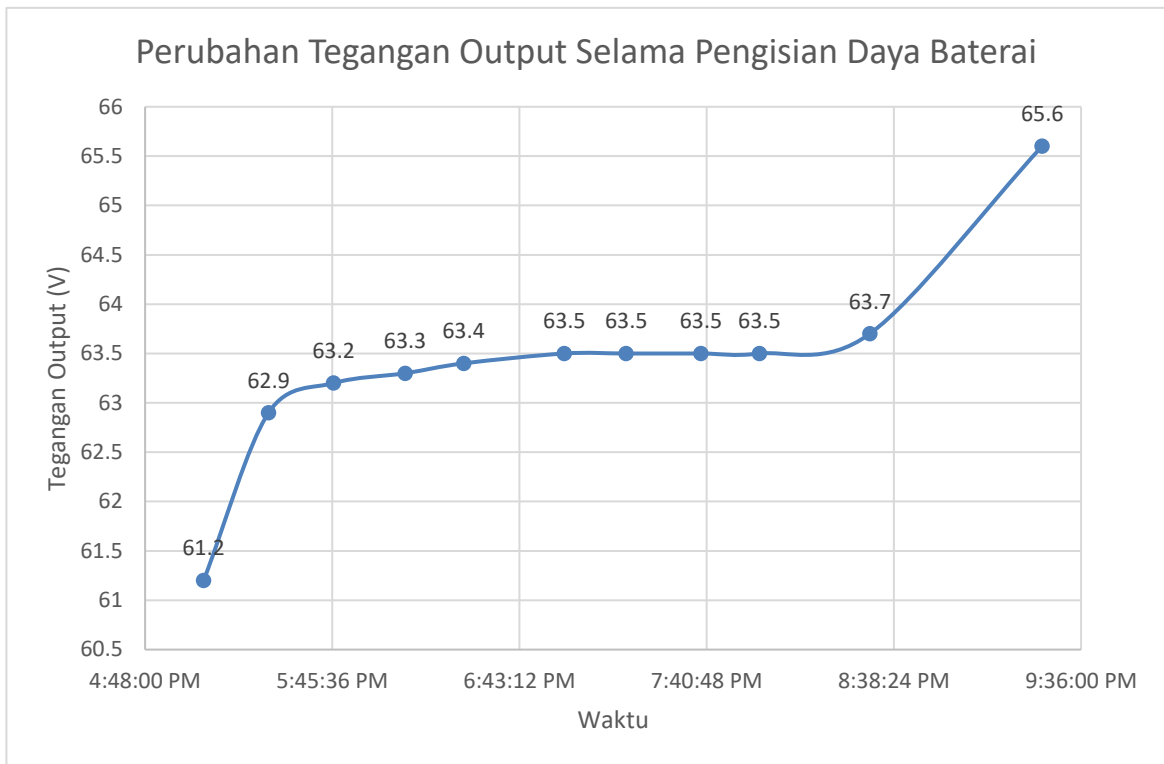
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk mengeluarkan tegangan output sesuai dengan ketentuan baterai Oyika.

2.1.6.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.9 Langkah Pengujian Tegangan Output

2.1.6.2 Hasil Pengujian dan Analisis



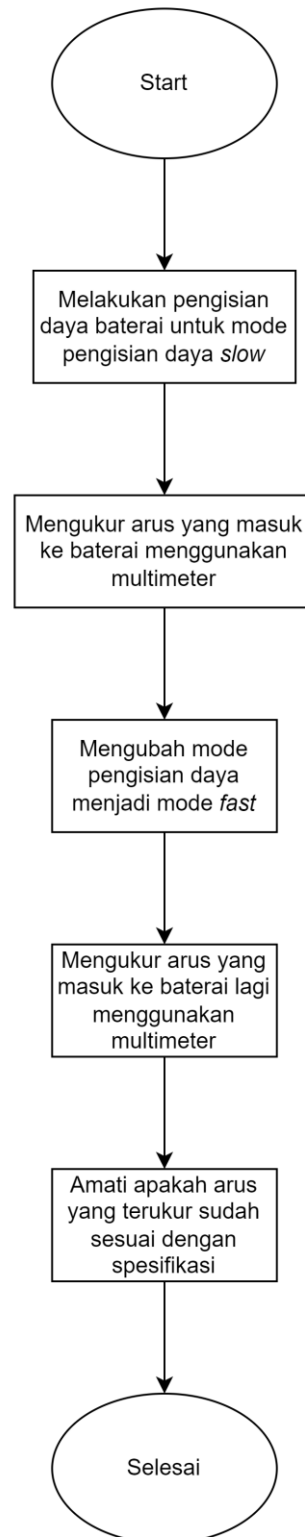
Gambar 2.1.10 Grafik perubahan tegangan output seiring pengisian daya baterai

Pengukuran dilakukan dengan mengukur tegangan awal dan akhir pengisian daya. Hasil pengukuran tegangan menunjukkan selama interval pengisian, tegangan baterai terus meningkat hingga baterai penuh. Rentang tegangan saat pengisian daya baterai adalah 61.2V – 65.6V. Rentang tegangan ini memungkinkan pengisian daya baterai dengan arus yang konstan. Dari hasil pengujian, spesifikasi tegangan output produk sudah terpenuhi.

2.1.7 Pengujian #7: Pengaturan Mode Pengisian Daya

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk memiliki dua mode pengisian daya.





2.1.7.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.11 Langkah Pengujian Pengaturan Mode Pengisian Daya

2.1.7.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 2.1.2 Variansi Arus Output untuk Kedua Mode Pengisian Daya

Mode pengisian daya	Arus output (A)		
	Min	Max	Delta
Slow Charging	 4.953 A	 5.033 A	80mA
Fast Charging	 10.08 A	 10.34 A	26mA

Pada Tabel 2.1.2, dapat diamati arus output nominal dari produk untuk kedua mode pengisian daya. Pengamatan arus dilakukan dalam rentang waktu satu menit. Pada mode slow charging, spesifikasi awal mengharuskan produk mengeluarkan output 5 ± 0.05 A. Terlihat bahwa batas minimum dan maksimum arus output masih berada di rentang toleransi spesifikasi awal, yakni 50mA.

Demikian pula pada mode pengisian daya fast charging, output arus minimum dan maksimum yang teramati pada multimeter masih berada didalam rentang toleransi spesifikasi awal, yakni 100mA

Berdasarkan pengamatan tersebut, disimpulkan bahwa spesifikasi pengaturan mode pengisian daya berhasil terpenuhi

2.1.8 Pengujian #8: Kecepatan Pengisian Daya

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi produk melakukan pengisian daya dalam waktu yang sudah ditentukan.

2.1.8.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.12 Langkah Pengujian Kecepatan Pengisian daya

2.1.8.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 2.1.3 Hasil pengujian kecepatan pengisian daya satu baterai Oyika

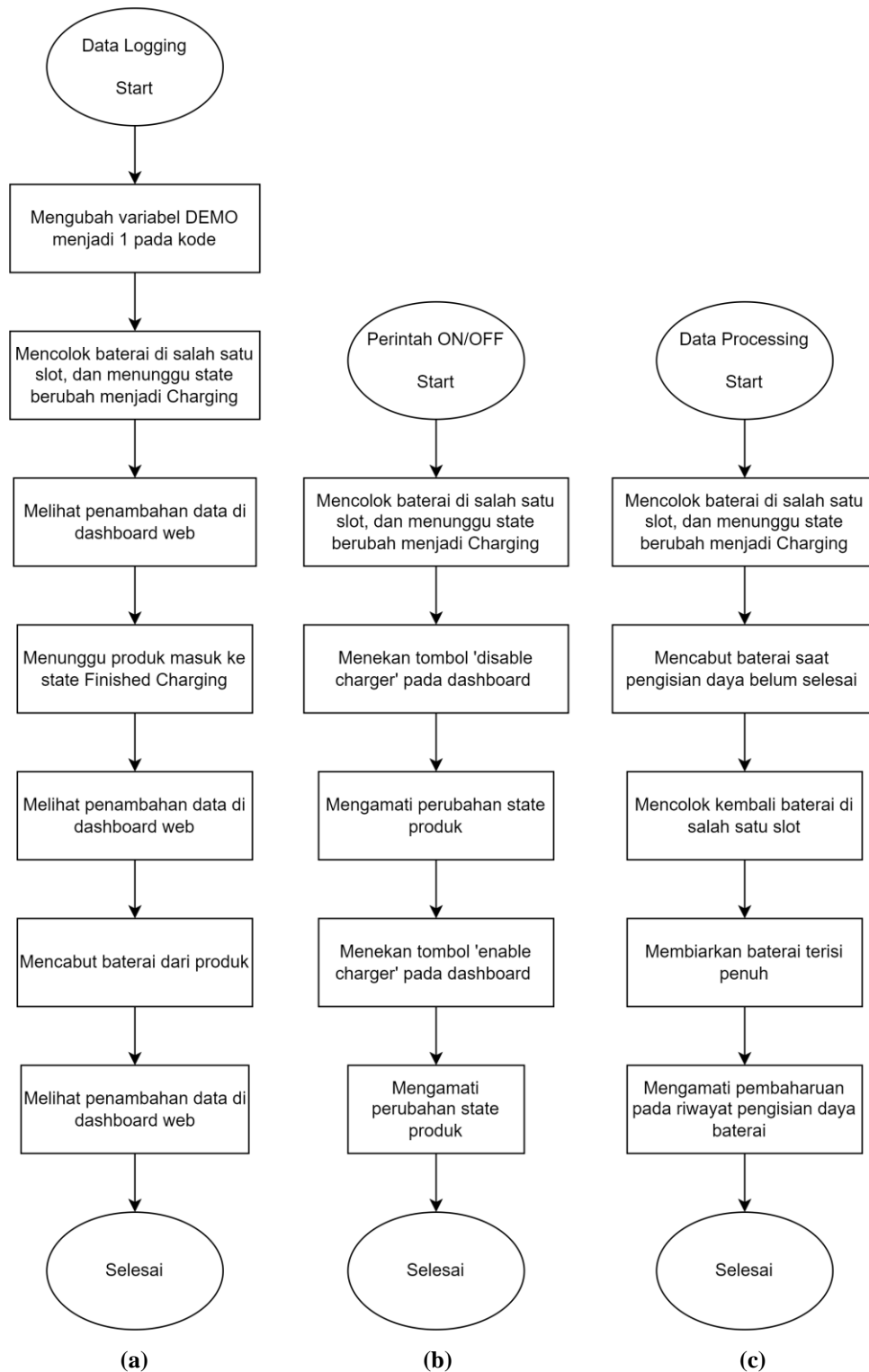
Mode pengisian daya	SoC Awal (%)	Waktu awal pengisian daya	Waktu akhir pengisian daya	Durasi	Durasi bila pengisian mulai dari SoC 0%
Slow Charge	23	12:17:00 PM	13:51:00 PM	1 jam 34 menit	2 jam 2 menit
Fast Charge	11	14:23:00 PM	15:16:00 PM	53 menit	59 menit

Pada pengujian spesifikasi ini, hanya dilakukan pengukuran satu kali terhadap masing masing mode pengisian daya slow charging dan fast charging. Verifikasi kedua kecepatan pengisian daya dilakukan dengan baterai yang berbeda. Hal ini disebabkan karena kurangnya waktu yang tersedia untuk melakukan pengujian, mengingat terdapat keterlambatan dalam proses implementasi subsistem charger. Pada Tabel 2.1.3 bagian samping kanan, dapat dilihat interpolasi matematis dari data waktu hasil pengujian. Interpolasi ini bertujuan untuk melihat kecepatan pengisian daya baterai jika baterai yang bersangkutan memiliki SoC 0%. Berdasarkan hasil interpolasi, terlihat bahwa sistem dapat mencapai target awal yang ditetapkan untuk kecepatan pengisian daya, dengan perbedaan sebesar 2 menit.

2.1.9 Pengujian #9: Interkoneksi dengan Web

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk dapat mengirim data ke website.

2.1.9.1 Langkah Pengujian

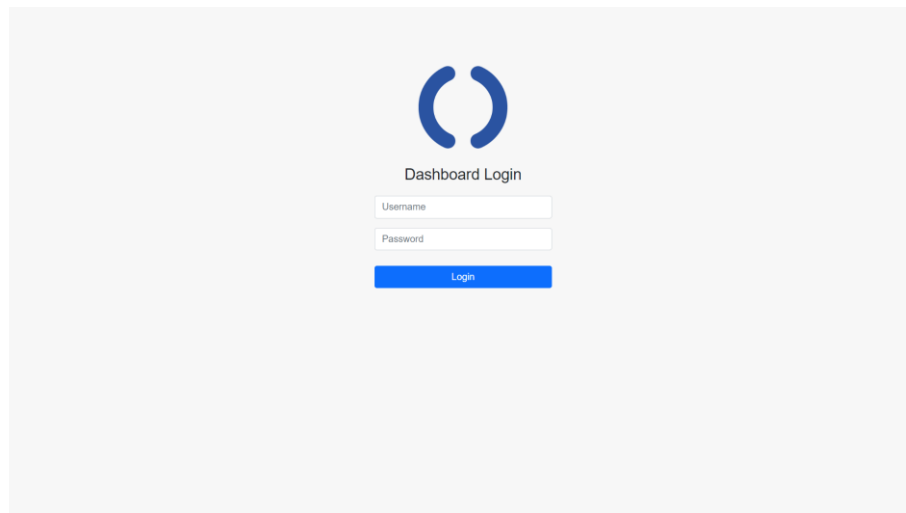


Gambar 2.1.13 Langkah Pengujian Interkoneksi dengan Web.
(a) data logging, (b) perintah ON/OFF, (c) data processing

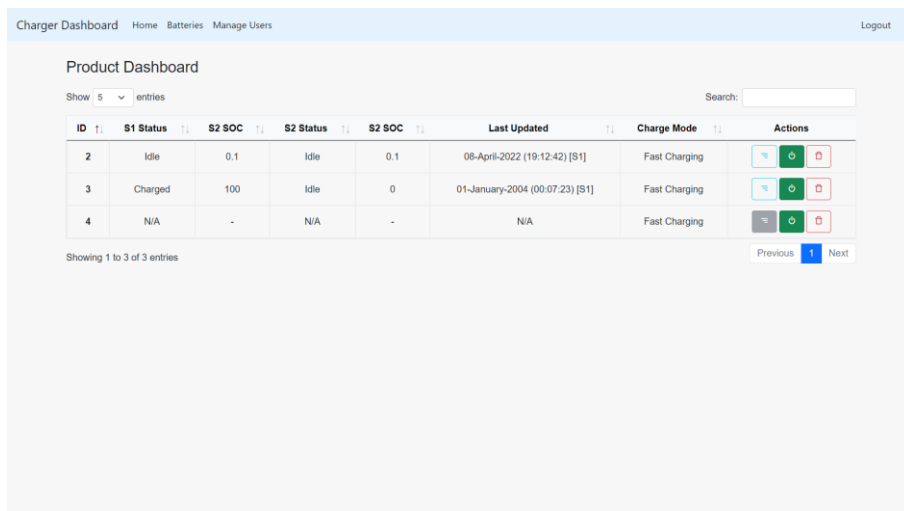
2.1.9.2 Hasil Pengujian dan Analisis

2.1.9.2.1 User Interface

Pada bagian ini, akan ditampilkan beberapa laman utama dari *dashboard* yang telah dibuat. Pengujian untuk fungsionalitas *user interface* telah dilakukan di dokumen B400. Pada dokumen B500 ini, yang akan diuji adalah penampilan data hasil pengiriman dari produk, yang dilakukan pada subbab selanjutnya. Subbab ini ditampilkan untuk mempermudah penjelasan pada subbab selanjutnya. Perlu diketahui juga bahwa masih terdapat inkonsistensi terhadap data yang tertera pada beberapa gambar dibawah ini. Data tersebut bertindak sebagai dummy data. Data-data tersebut akan dihapus saat verifikasi di subbab berikutnya.

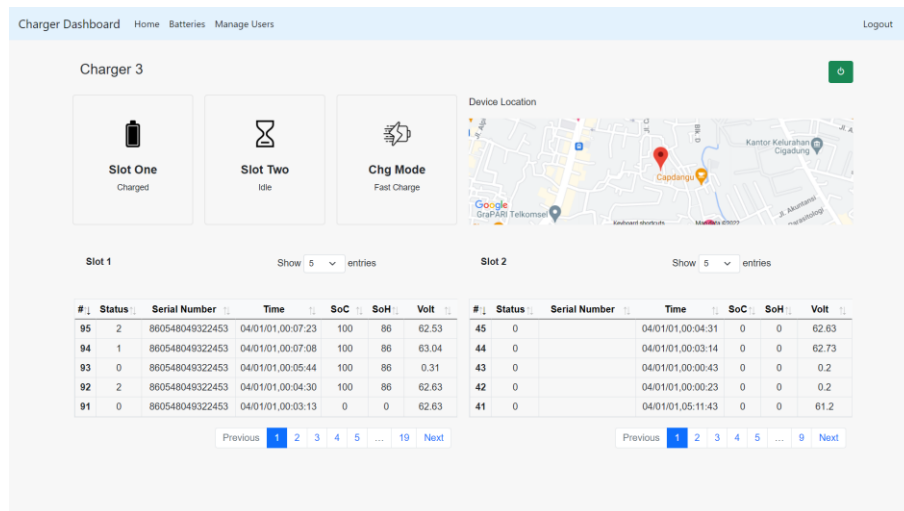


Gambar 2.1.14 Laman login

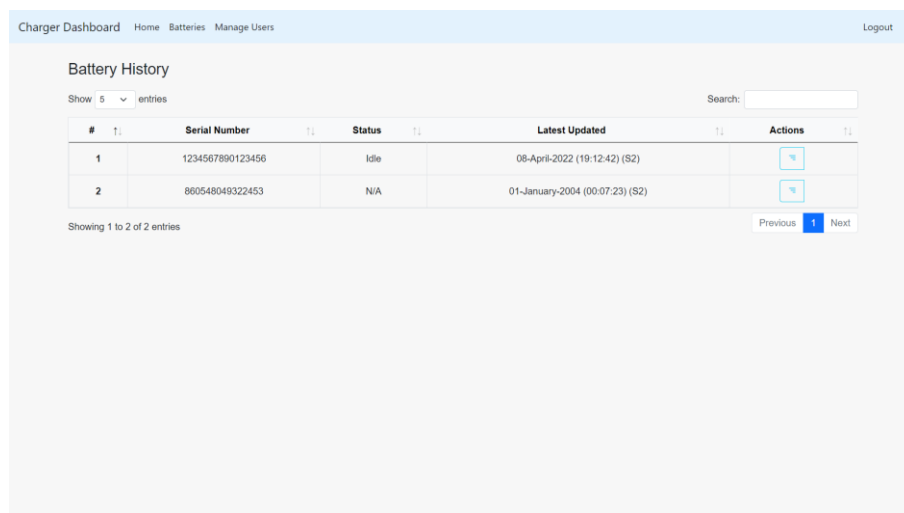


Charger Dashboard							Home	Batteries	Manage Users	Logout
Product Dashboard										
Show 5 entries		Search:								
ID	S1 Status	S2 SOC	S2 Status	S2 SOC	Last Updated	Charge Mode	Actions			
2	Idle	0.1	Idle	0.1	08-April-2022 (19:12:42) [S1]	Fast Charging				
3	Charged	100	Idle	0	01-January-2004 (00:07:23) [S1]	Fast Charging				
4	N/A	-	N/A	-	N/A	Fast Charging				
Showing 1 to 3 of 3 entries							Previous	1	Next	

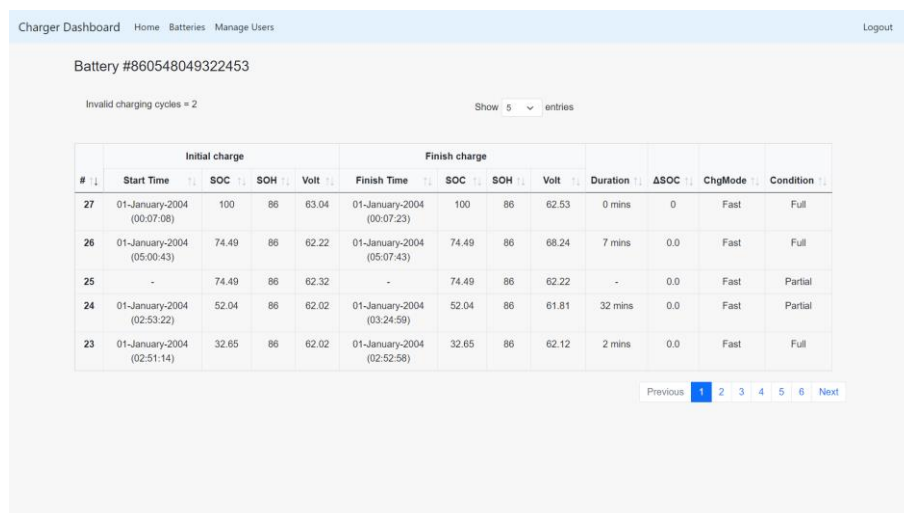
Gambar 2.1.15 Laman informasi keseluruhan produk



Gambar 2.1.16 Laman informasi satu produk



Gambar 2.1.17 Laman informasi riwayat keseluruhan baterai

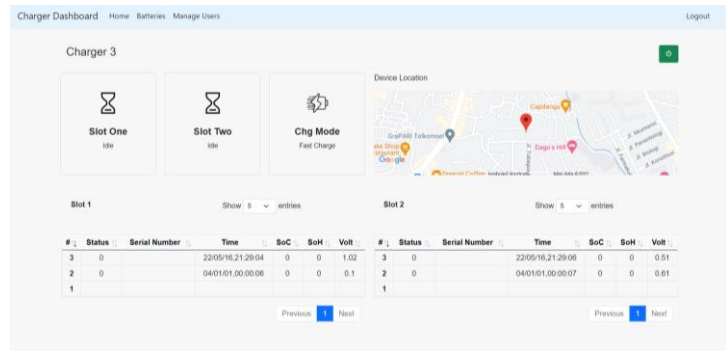


Gambar 2.1.18 Laman informasi riwayat pengisian daya satu baterai

2.1.9.2.2 Data Logging



(a)

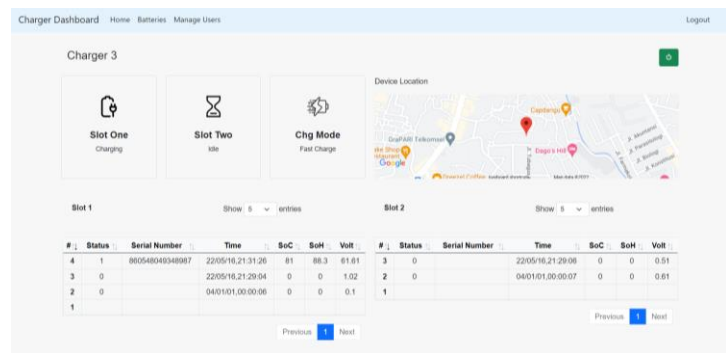


(b)

Gambar 2.1.19 Kondisi saat produk pertama kali dinyalakan
(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



(a)

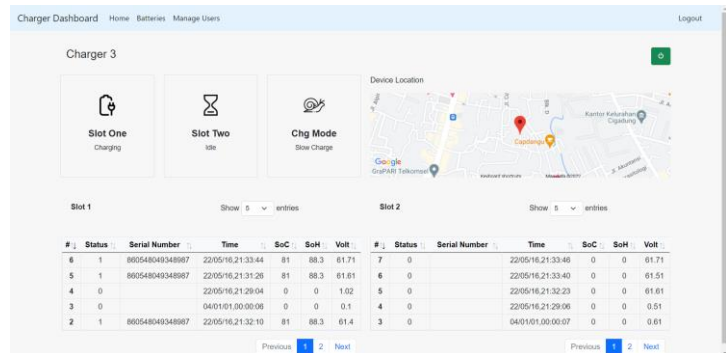


(b)

Gambar 2.1.20 Kondisi saat slot 1 masuk ke mode charging
(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



(a)



(b)

Gambar 2.1.21 Kondisi saat switch mode pengisian daya diubah
(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



(a)

#	Status	Serial Number	Time	SoC	SoH	Volt
6	1	800548049348987	22/05/16,21:33:44	81	88.3	61.71
5	1	800548049348987	22/05/16,21:31:26	81	88.3	61.61
4	0		22/05/16,21:29:04	0	0	1.02
3	0		04/01/16,00:00:06	0	0	0.1
2	1	800548049348987	22/05/16,21:32:10	81	88.3	61.4

(b)

Gambar 2.1.22 Kondisi saat slot 2 masuk ke mode *charging*

(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



(a)

#	Status	Serial Number	Time	SoC	SoH	Volt
9	0		22/05/16,21:29:04	0	0	1.02
8	1	800548049348987	22/05/16,21:31:26	0	0	0.1
7	0		22/05/16,21:29:04	0	0	0.61
6	0		22/05/16,21:32:10	81	88.3	61.4
5	0		22/05/16,21:29:04	0	0	1.02

(b)

Gambar 2.1.23 Kondisi saat slot 2 dicabut

(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



(a)

#	Status	Serial Number	Time	SoC	SoH	Volt
7	2	800548049348987	22/05/16,21:38:35	81	88.3	62.22
6	1	800548049348987	22/05/16,21:33:44	81	88.3	61.71
5	1	800548049348987	22/05/16,21:31:26	81	88.3	61.61
4	0		22/05/16,21:29:04	0	0	1.02
3	0		04/01/16,00:00:06	0	0	0.1

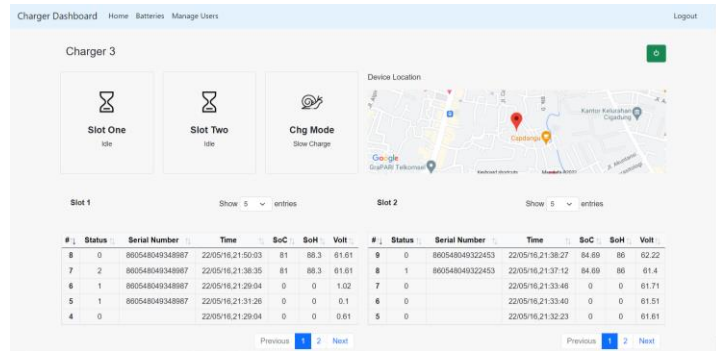
(b)

Gambar 2.1.24 Kondisi saat baterai slot 1 sudah terisi penuh

(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



(a)



(b)

Gambar 2.1.25 Kondisi saat baterai slot 1 dicabut
(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard

Pada beberapa gambar diatas, dapat dilihat pasangan gambar kondisi produk serta dashboard yang menampilkan kondisi produk yang bersangkutan. Dalam pengujian ini, digunakan produk dengan nomor ID 3. Terlihat pada Gambar 2.1.19, saat produk pertama kali menyala dan tidak terdapat baterai yang terhubung, kedua slot berada pada kondisi “Idle”. Terdapat pula informasi lokasi produk di bagian kanan atas dari dashboard.

Kemudian pada Gambar 2.1.20 (a), terdapat baterai yang dimasukkan ke slot 1 pada produk. Setelah produk masuk ke mode charging (ditandai dengan LED yang berwarna biru pada slot 1), produk akan mengirimkan informasi ke dashboard bahwa slot 1 sedang mengisi daya. Dapat dilihat pada dashboard di Gambar 2.1.20 (b), terdapat tabel dibagian kiri bawah yang memuat informasi mengenai baterai yang sedang diisi dayanya, seperti nomor serial, *timestamp*, SOC, SOH, tegangan nominal, dan mode pengisian daya.

Kemudian, bila mode pengisian daya diubah dari *slow charging* ke *fast charging*, maka produk juga akan mengirimkan data ke dashboard terkait perubahan mode pengisian daya yang dilakukan. Perubahan pada dashboard dapat dilihat pada Gambar 2.1.21 (b)

Selanjutnya, pada Gambar 2.1.22 (a) terdapat satu baterai lagi yang dimasukkan ke slot 2, dan slot 2 berubah ke mode *charging*. Mengikuti perubahan mode ini, informasi slot 2 pada dashboard juga ikut *ter-update*, yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.22 (b). Pada bagian kanan bawah dari Gambar 2.1.22 (b) juga dapat dilihat informasi baterai yang terhubung ke slot 2. Adapun informasi yang ditampilkan sama seperti pada slot 1, yakni nomor seri, *timestamp*, SOC, SOH, tegangan nominal, dan mode pengisian daya.

Setelah baterai selesai mengisi daya, terlihat pada Gambar 2.1.24 (a) bahwa LED berubah menjadi warna hijau, dan *dashboard* pada Gambar 2.1.24 (b) juga menunjukkan bahwa slot 1 berada pada mode *charged*.

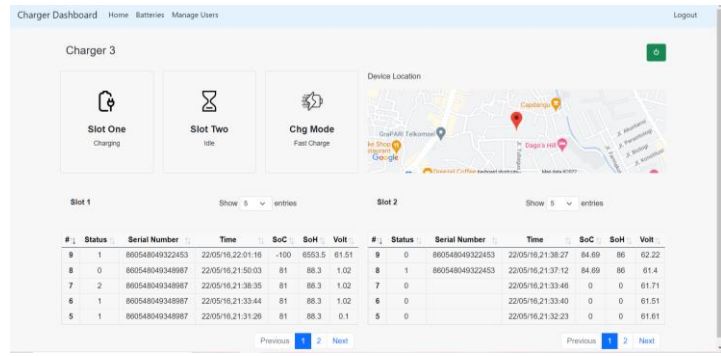
Terakhir, bila baterai dicabut, maka keterangan status slot yang bersangkutan di dashboard berubah kembali menjadi “Idle”, yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.25 (b).

Dari verifikasi beberapa tahap pengisian daya yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa fungsionalitas *datalogger* dan penampilan informasi lokasi bekerja dengan baik, dan spesifikasi terpenuhi

2.1.9.2.3 Pengiriman perintah ON/OFF



(a)



(b)

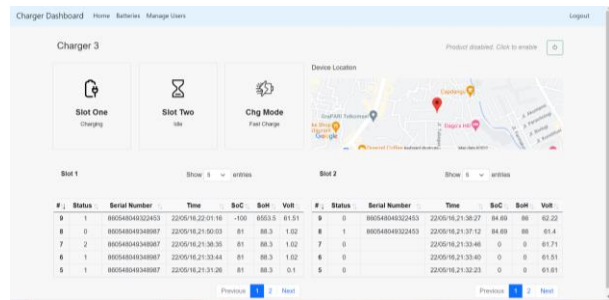
Gambar 2.1.26 Kondisi produk ketika di enable
(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



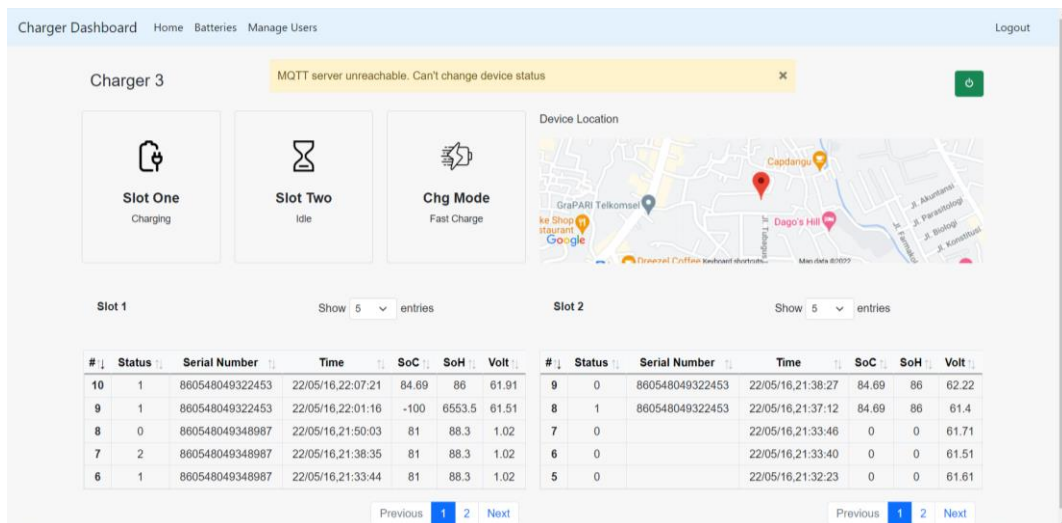
(a)



(b)



Gambar 2.1.27 Kondisi produk ketika produk di disable
(a) Foto produk. (b) tampilan dashboard



Gambar 2.1.28 Tampilan dashboard ketika produk tidak dapat menerima perintah ON/OFF

Pada bagian ini, dilakukan pengujian fitur mematikan dan menyalakan (ON/OFF) dari produk secara *remote* melalui dashboard. Dalam pengujian ini, digunakan produk dengan nomor ID 3. Terlihat pada Gambar 2.1.26 (a) Gambar 2.1.19 bahwa produk sedang dalam mode charging (ditandai dengan LED biru di slot 1). Pada Gambar 2.1.26 (b) bagian kanan atas juga terlihat tombol berwarna hijau. Tombol ini berperan sebagai tombol ON/OFF.

Bila tombol tersebut ditekan, akan dikirimkan perintah ke produk yang bersangkutan untuk masuk ke mode disabled. Terlihat pada Gambar 2.1.27 (a) bahwa LED dari kedua slot berubah menjadi warna merah dan berkedip kedip setiap 500 ms. Terlihat juga pada Gambar 2.1.27 (b) bahwa tombol tersebut berubah menjadi warna putih, dan terdapat keterangan di bagian kiri nya bahwa produk sedang dimatikan.

Bila terdapat kesalahan pada koneksi server ke MQTT broker, atau client ke MQTT broker, bila tombol pada dashboard ditekan, akan muncul peringatan bahwa status dari produk tidak dapat diubah, karena perintah tersebut tidak diterima oleh produk. Peringatan tersebut dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 2.1.28

Dari verifikasi perubahan mode ON/OFF produk, disimpulkan bahwa fungsionalitas pengendalian produk secara remote bekerja dengan baik, dan dapat dikatakan bahwa spesifikasi terpenuhi

2.1.9.2.4 Data Processing

Charger Dashboard Home Batteries Manage Users Logout

Battery #860548049348987

Invalid charging cycles = 0

Show 5 entries

#	Initial charge				Finish charge				Duration	Δ SOC	ChgMode	Condition
	Start Time	SOC	SOH	Volt	Finish Time	SOC	SOH	Volt				
1	16-May-2022 (21:32:10)	81	88.3	61.4	16-May-2022 (21:31:26)	81	88.3	61.41	59 mins	-	Slow	Partial

Previous 1 Next

Gambar 2.1.29 Tampilan riwayat baterai saat baterai dicabut, namun baterai belum terisi penuh

Charger Dashboard Home Batteries Manage Users												Logout
Battery #860548049348987												
Invalid charging cycles = 0												
Show 5 entries												
#	Initial charge				Finish charge				Duration	Δ SOC	ChgMode	Condition
	Start Time	SOC	SOH	Volt	Finish Time	SOC	SOH	Volt				
2	16-May-2022 (21:31:26)	81	88.3	61.41	16-May-2022 (21:33:44)	81	88.3	61.47	2 mins	-	Fast	Partial
1	16-May-2022 (21:32:10)	81	88.3	61.4	16-May-2022 (21:31:26)	81	88.3	61.41	59 mins	-	Slow	Partial
Previous 1 Next												

Gambar 2.1.30 Tampilan riwayat baterai saat mode pengisian daya diubah

Charger Dashboard Home Batteries Manage Users												Logout
Battery #860548049348987												
Invalid charging cycles = 0												
Show 5 entries												
#	Initial charge				Finish charge				Duration	Δ SOC	ChgMode	Condition
	Start Time	SOC	SOH	Volt	Finish Time	SOC	SOH	Volt				
3	16-May-2022 (21:33:44)	81	88.3	61.47	16-May-2022 (21:38:35)	100	88.3	61.53	5 mins	19	Fast	Full
2	16-May-2022 (21:31:26)	81	88.3	61.41	16-May-2022 (21:33:44)	81	88.3	61.47	2 mins	-	Fast	Partial
1	16-May-2022 (21:32:10)	81	88.3	61.4	16-May-2022 (21:31:26)	81	88.3	61.41	59 mins	-	Slow	Partial
Previous 1 Next												

Gambar 2.1.31 Tampilan riwayat baterai saat baterai sudah terisi penuh

Pada Gambar 2.1.29, dapat dilihat riwayat pengisian daya dari baterai nomor seri #860548049348987 saat baterai tersebut dicolok selama 59 menit, dan dicabut. Saat dicabut, baterai tersebut sebetulnya masih belum selesai mengisi daya, sehingga pada kolom “Condition”, keterangan pada charging cycle ini adalah “Partial”.

Kemudian, verifikasi dilanjutkan dengan mengubah switch mode daya. Terlihat pada Gambar 2.1.30 bahwa ada satu entry baru di baris paling atas. Sama seperti pada pengujian sebelumnya, kolom “Condition” juga menunjukkan keterangan “Partial”. Keterangan ini diberikan agar riwayat mode pengisian daya dari baterai juga dapat disimpan dalam riwayat pengisian daya baterai ini.

Terakhir, verifikasi dilakukan pada kondisi dimana baterai sudah terisi penuh. Terlihat pada Gambar 2.1.31 bahwa ada satu entry baru di baris paling atas. Karena pengisian daya sudah penuh, kolom “Condition” sekarang menunjukkan keterangan “Full”.

Dari verifikasi beberapa karakteristik pengisian daya, disimpulkan bahwa fungsionalitas pemrosesan data riwayat baterai yang pernah diisi dayanya bekerja dengan baik, dan dapat dikatakan bahwa spesifikasi terpenuhi.

2.1.10 Pengujian #10: Dimensi dan Bobot

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk memiliki dimensi dan bobot sesuai dengan yang telah ditentukan.

2.1.10.1 Langkah Pengujian

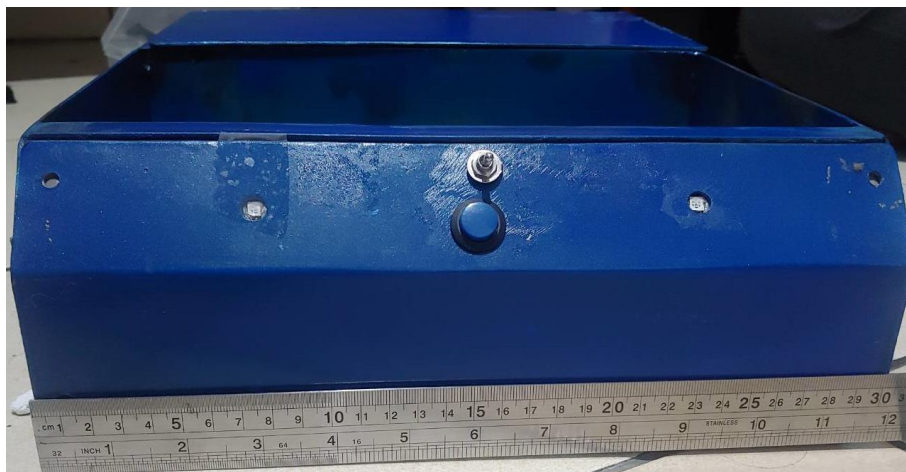


Gambar 2.1.32 Langkah Pengujian Dimensi dan Bobot

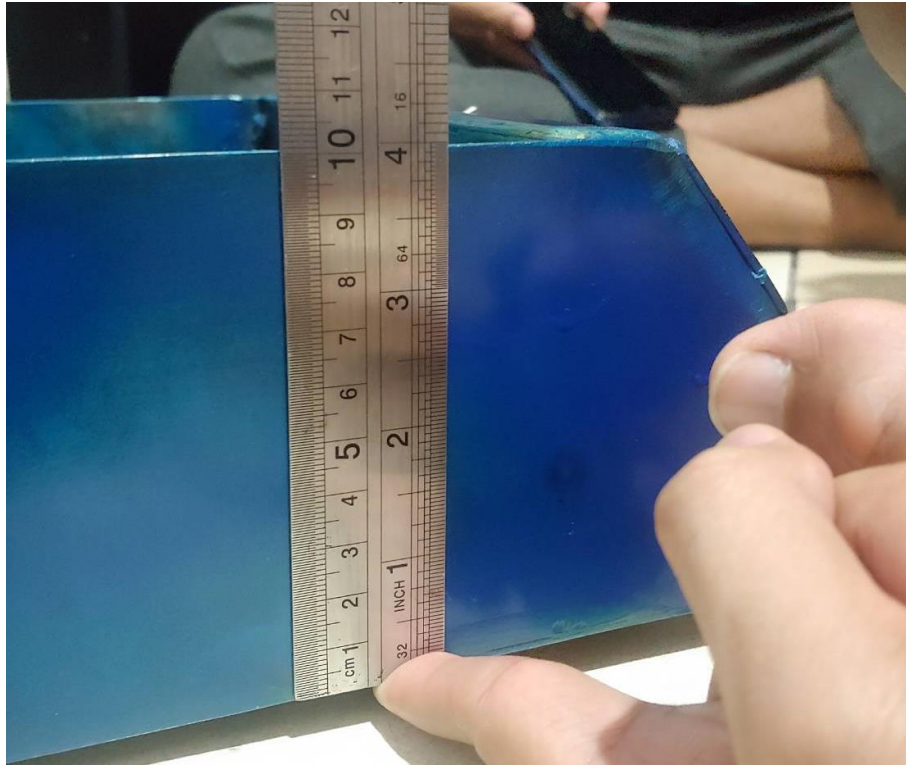
2.1.10.2 Hasil Pengujian dan Analisis



Gambar 2.1.33 Panjang Casing



Gambar 2.1.34 Lebar Casing



Gambar 2.1.35 Tinggi Casing



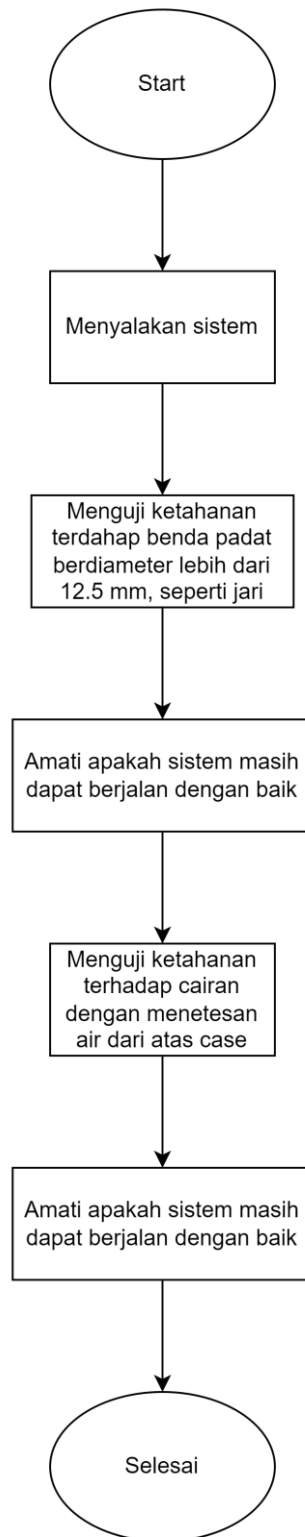
Gambar 2.1.36 Berat Casing

Dari hasil pengujian dimensi, didapatkan ukuran produk sebesar 39 cm x 30 cm x 10 cm. Sedangkan pada spesifikasi, dimensi maksimum sebesar 40 cm x 20 cm x 10 cm. Terdapat perbedaan dengan spesifikasi karena pada penentuan spesifikasi, ukuran dari dudukan baterai belum diperhitungkan. Lalu pada proses pengukuran bobot produk diperoleh sebesar 4.5 kg. Terdapat perbedaan 2,5 kg dari awal spesifikasi. Hal tersebut terjadi karena pemilihan bahan casing yang digunakan. Bahan casing awal yang digunakan seharusnya berupa aluminium yang memiliki kepadatan yang lebih rendah dibandingkan dengan plat besi. Namun karena konstrain ketahanan case, sehingga dipilih plat besi dengan ukuran yang lebih tebal dibandingkan dengan aluminium.

2.1.11 Pengujian #11: Ketahanan Case

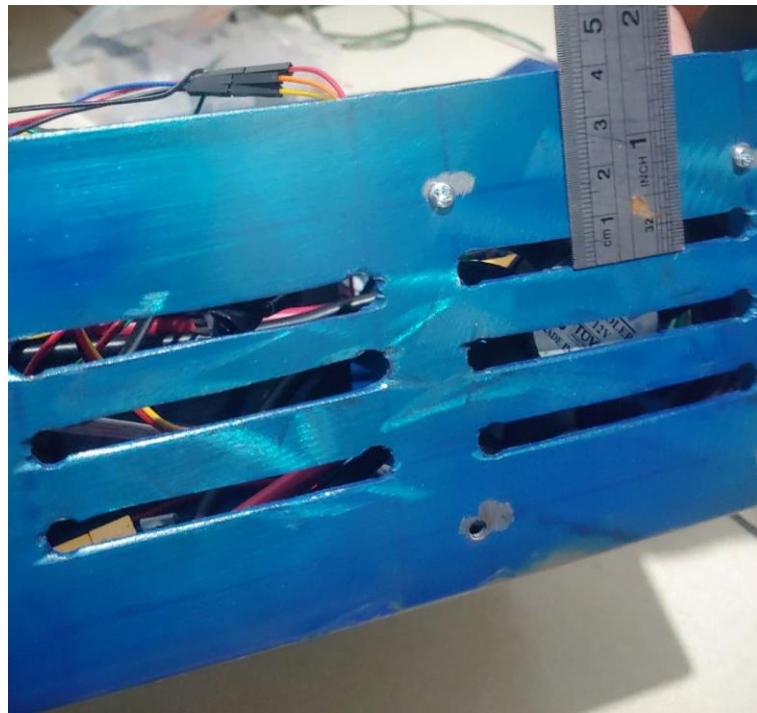
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk memiliki ketahanan casing terhadap lingkungannya.

2.1.11.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.37 Langkah Pengujian Ketahanan Case

2.1.11.2 Hasil Pengujian dan Analisis

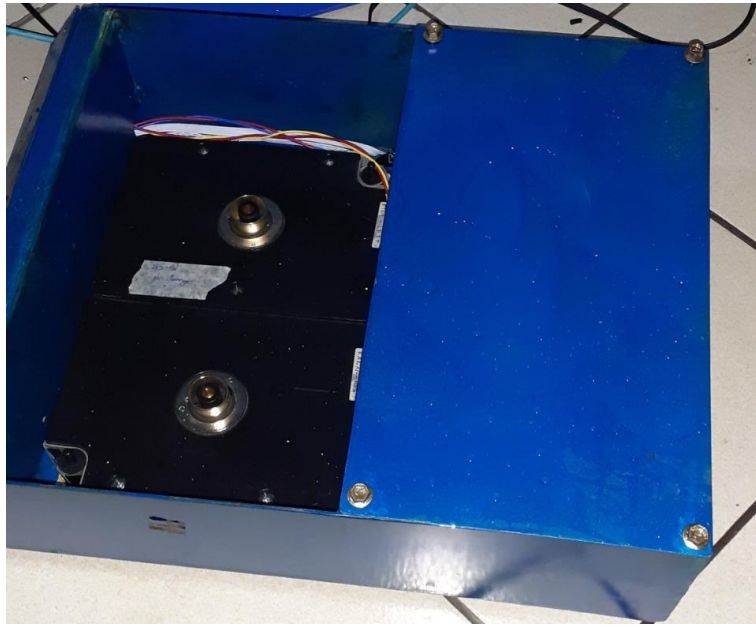


Gambar 2.1.38 Celah Bagian Belakang

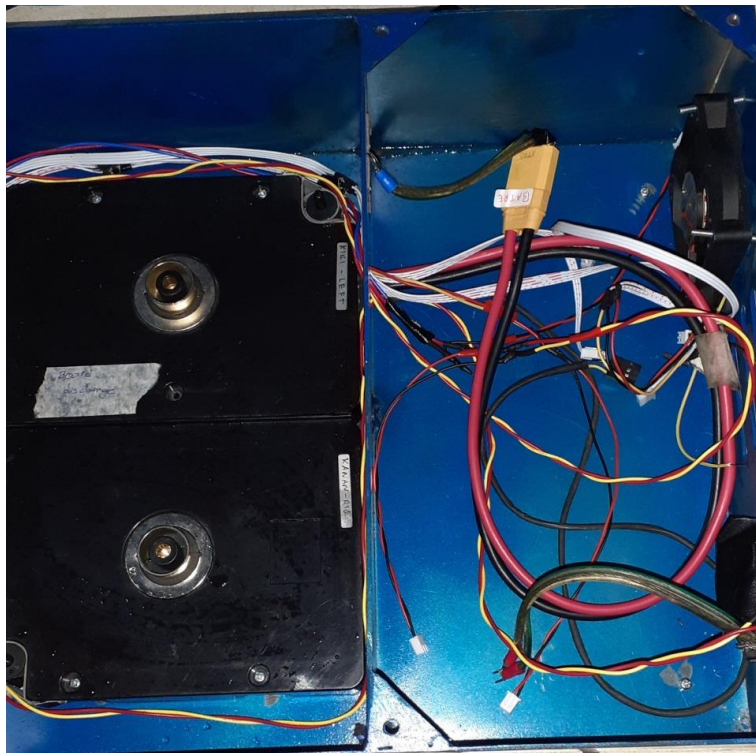


Gambar 2.1.39 Celah Bagian Depan

Dari gambar diatas terlihat bahwa ukuran celah terbesar yang ada pada produk adalah sebesar 0.8 cm. IP Rating yang ditentukan pada spesifikasi adalah IP31. Dust protection rating 3 mengharuskan produk tidak memiliki celah lebih besar dari 12.5mm. Dengan itu, produk yang dirancang sudah sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 2.1.40 Air ditetaskan dari bagian atas casing



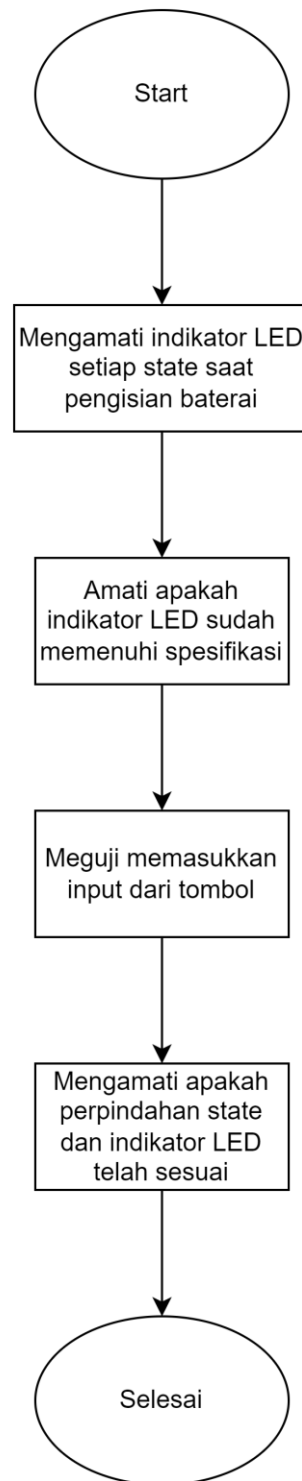
Gambar 2.1.41 Air tidak masuk ke dalam casing

Verifikasi spesifikasi dimulai dengan memercikan air diatas produk, yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.40. Kemudian bila dilihat pada Gambar 2.1.41, tidak ada air yang masuk ke bagian dalam casing. IP Rating yang ditentukan pada spesifikasi adalah IP31. Water protection protection rating 1 mengharuskan produk untuk tetap berfungsi apabila terdapat tetesan air ringan yang jatuh keatas produk. Dengan itu, dapat dikatakan bahwa produk memenuhi spesifikasi IP rating yang telah ditentukan

2.1.12 Pengujian #12: Human Interface

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk memiliki human interface sebagai panduan pengguna.

2.1.12.1 Langkah Pengujian







Gambar 2.1.42 Langkah Pengujian Human Interface

2.1.12.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 2.1.4 menunjukkan indikator LED tiap state dari produk. Dari hasil pengujian, indikator LED berhasil memberikan status dari produk. Selain indikator LED, terdapat juga komponen-komponen masukan dari pengguna berupa tombol dan input power. Semua antarmuka masukan tadi juga sudah teruji bekerja dengan dilakukannya percobaan pengisian daya baterai. Dengan demikian, spesifikasi *human interface* telah terpenuhi.

Tabel 2.1.4 Tabel Hasil Pengujian Human Interface

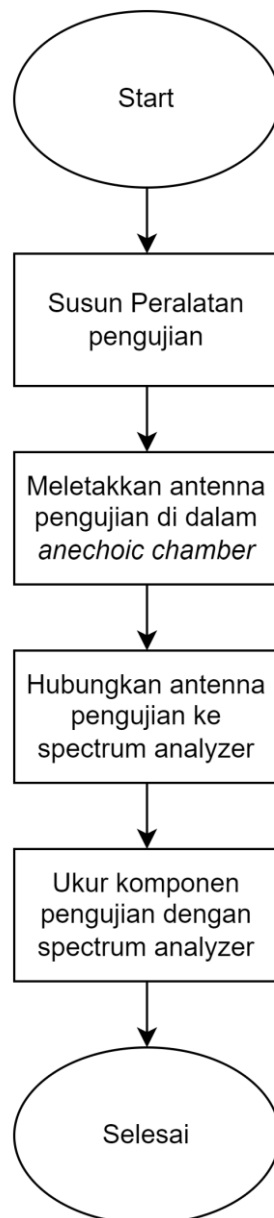
Aspek yang diuji	Gambar produk
Input Power	
State Idle	
State Retrieve Serial Information	
State Charging	

<p>State Finish Charging</p>	
----------------------------------	--

2.1.13 Pengujian #13: *Electromagnetic compatibility*

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk tidak menyebabkan noise yang merusak perangkat lainnya.

2.1.13.1 Langkah Pengujian



Gambar 2.1.43 Langkah pengujian Electromagnetic Compatibility

2.1.13.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian spesifikasi ini belum bisa dilakukan karena keterbatasan alat yang tersedia di laboratorium yang ada di ITB.

2.2 Validasi Pemenuhan Constrain

2.2.1 Konstrain #1: Ekonomi

Secara keseluruhan, produk yang telah dirancang memiliki total biaya sebesar Rp 1.552.000,00, yang mencakup pembelian komponen, serta manufaktur PCB dan casing. Sesuai dengan konstrain yang ditetapkan pada dokumen sebelumnya, biaya pembuatan produk ini akan dibandingkan dengan biaya pembuatan SPBKLU. Berdasarkan data dari Oyika, biaya pembuatan satu kabinet SPBKLU yang dapat memuat 12 baterai berkisar di harga Rp 200.000.000,00. Dari data tersebut, terlihat bahwa biaya produksi satu produk lebih murah dibanding biaya produksi SPBKLU, sehingga konstrain terpenuhi

2.2.2 Konstrain #2: Manufakturabilitas

Proses produksi membutuhkan desain yang mudah untuk di manufaktur dan mudah untuk di troubleshoot. Oleh karena itu, produk dibuat secara modular. Maksud dari modular disini yaitu penggunaan PCB yang berbeda untuk masing-masing fungsionalitas. Terdapat board sensing dan board kontrol secara terpisah sehingga jika terjadi permasalahan pada salah satu board, board lainnya masih dapat berjalan dengan normal.

2.2.3 Konstrain #3: Keberlanjutan

Sesuai pada dokumen sebelumnya, konstrain keberlanjutan berkaitan erat dengan kemudahan pengembangan produk atau reparasi produk di masa yang akan mendatang. Dengan itu, segala desain *hardware* dan *software* yang telah dibuat telah terdokumentasi yang lengkap, agar proses troubleshoot dan development di kemudian hari dapat dilakukan dengan mudah. Bentuk dokumentasi tersebut terkait *version history* dari PCB yang telah dirancang, serta komentar yang dibubuhi di source code yang telah dibuat

2.2.4 Konstrain #4: Keselamatan dan Keamanan

Konstrain keselamatan dan keamanan diperlukan untuk mencegah bahaya kepada pengguna maupun kerusakan pada alat. Dari konstrain ini diturunkan menjadi beberapa fitur pada produk, yaitu terdapat proteksi untuk mencegah adanya kerusakan ketika terjadi kesalahan. Konstrain ini telah dipenuhi berdasarkan pengujian proteksi *short-circuit* pada spesifikasi 1, proteksi *overheat* pada spesifikasi 2.

2.2.5 Konstrain #5: Pasar

Pengaturan mode pengisian daya dilakukan untuk mengatasi pengguna yang tidak dapat melakukan pengisian baterai dengan daya yang besar. Sehingga diperlukan spesifikasi No. 7 yaitu pengaturan mode pengisian daya. Serta tegangan yang digunakan oleh baterai Oyika sangat spesifik sesuai spesifikasi No. 6 tegangan output.

2.2.6 Konstrain #6: Desain

Desain produk dituntut agar ramping dan portable serta andal. Untuk memenuhi konstrain ini, spesifikasi dimensi dan bobot serta spesifikasi ketahanan *case*. Berdasarkan hasil pengujian, spesifikasi ketahanan *case* terpenuhi, namun spesifikasi dimensi dan bobot belum terpenuhi.

2.2.7 Konstrain #7: Kemudahan Penggunaan

Konstrain kemudahan penggunaan muncul dari latar belakang pengguna yang akan menggunakan produk ini. Karena produk ini akan digunakan untuk masyarakat umum yang tidak semua paham mengenai kelistrikan, maka produk perlu dibuat semudah mungkin agar pengguna dapat menggunakannya dengan mudah. Dari konstrain ini, diturunkan menjadi fitur produk berupa adanya komunikasi dengan BMS, *human interface* yang sederhana, dan dapat mengisi daya dua baterai sekaligus. Pemenuhan konstrain ini telah divalidasi dari pengujian sistem komunikasi dengan baterai pada pengujian 3, *human interface* pada pengujian 12, dan kapasitas banyaknya baterai pada pengujian 5.

2.2.8 Konstrain #8: Lingkungan

Lingkungan tempat produk dioperasikan sangat perlu untuk diperhatikan agar produk tidak mudah rusak ketika digunakan. Oleh karena itu produk yang dibuat memiliki proteksi terhadap panas berlebih atau *overheat*. Konstrain ini telah dipenuhi berdasarkan pengujian proteksi *overheat* pada spesifikasi 2.

3 Lampiran

Lampiran 1. BOM dari subsistem charger

Subsistem	Komponen	Harga	
Charger	MOSFET (600V, 40A)	Rp	60,000.00
	MOSFET driver (IR2110 dan rangkaian pelengkap)	Rp	15,000.00
	Induktor switching	Rp	350,000.00
	Kapasitor smoothing AC (500V, 220uF)	Rp	40,000.00
	Kapasitor smoothing DC (500V, 82uF)	Rp	30,000.00
	Ultrafast switching diode	Rp	10,000.00
	Bridge rectifier	Rp	5,000.00
	Lain lain	Rp	30,000.00
Sensing	Sensor arus (ACS712)	Rp	20,000.00
	High precision resistors (3x1.1M, 2x100k)	Rp	10,000.00
	Sensor suhu (LM35)	Rp	15,000.00
	ADC eksternal (ADS1115)	Rp	90,000.00
Kontrol	Modul GSM	Rp	150,000.00
	ESP32	Rp	90,000.00
Interface	Rangkaian LED	Rp	2,000.00

	Sekumpulan button	Rp	20,000.00
Power supply	HiLink 220VAC to 12VDC	Rp	50,000.00
	Mini 560 12VDC to 5VDC	Rp	20,000.00
Lain lain	konektor, heatsink, spacer	Rp	50,000.00
	Jasa Cetak PCB	Rp	500,000.00
	Jasa pembuatan casing	Rp	300,000.00
Total		Rp	1,857,000.00