

DESAIN SISTEM PENGELOLAAN STASIUN PENGGANTIAN BATERAI UNTUK SEPEDA MOTOR LISTRIK BERBASIS BATTERY SWAP

SYSTEM DESIGN OF BATTERY SWAPPING STATION MANAGEMENT FOR ELECTRIC MOTORCYCLE BASED ON BATTERY

Teguh Ramadhan¹, Muhamad Reza Ph.D.², Sigit Yuwono Ph.D.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹teguhramadhan@student.telkomuniversity.ac.id, ²muhamad.reza@gmail.com,

³yuwono@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sepeda motor listrik memerlukan baterai agar dapat digunakan. Ketika energi baterai telah habis, baterai perlu diisi ulang. Namun dengan durasi pengisian baterai yang relatif lama serta terbatasnya tempat untuk melakukan pengisian baterai mengakibatkan terbatasnya jarak yang dapat ditempuh oleh sepeda motor listrik. Sehingga, diperlukan sistem pengisian baterai yang dapat mempersingkat waktu pengisian baterai serta memperpanjang jarak tempuh sepeda motor listrik. Maka dari itu, penulis melakukan penelitian mengenai sistem penggantian baterai. Dalam Tugas Akhir ini, penulis merancang simulasi pengelolaan Stasiun Penggantian Baterai (SPB) untuk sepeda motor listrik. Komponen penelitian yang termasuk kedalam Tugas Akhir ini antara lain, prosedur penggantian baterai dan estimasi waktu penggantian baterai, sistem monitoring oleh pihak stasiun penggantian baterai dan biaya penggantian baterai. Dari hasil pembuatan Tugas Akhir, diperoleh rancangan prosedur penggantian baterai di SPB. Bentuk rancangan prosedur penggantian baterai yang diterapkan pada SPB antara lain: pengguna masuk kedalam akun penggantian baterai dengan memasukkan PIN pengguna, pemilihan baterai yang akan ditukarkan dengan baterai pengguna, proses memasukkan baterai pengguna kedalam slot kosong yang tersedia, pembayaran penggantian baterai, dan pengambilan baterai yang telah dipilih oleh pengguna. Untuk perkiraan durasi penggantian baterai di SPB berdasarkan data yaitu 1 menit 13 detik. Untuk sistem monitoring, pihak SPB dapat memonitoring baterai yang tersedia di SPB, kondisi slot baterai dan riwayat penggantian baterai. Dari proses monitoring baterai, diperoleh informasi nomor seri baterai, persentase energi baterai dan umur baterai. Untuk monitoring slot, diperoleh informasi nomor slot baterai dan kondisi slot. Untuk biaya penggantian baterai berada pada rentang Rp 18.117 sampai dengan Rp 36.839 sesuai kondisi baterai yang diambil dan yang ditukarkan di SPB.

Kata Kunci : Sepeda Motor Listrik, Stasiun Penggantian Baterai.

Abstract

Electric motorcycle is require a battery to be used. When the battery's energy has been depleted, the battery needs to be recharged. But with the duration of the charging the battery is relatively old and limited places to do the charging to occur the limited distance that can be traveled by electric motorcycles. so, needed battery charging system that can shorten charge time and extend the mileage of electric motorcycles. Therefore the author conducting research on battery swapping system. In this final Task, author of designing simulation of Battery Swapping Station Management (SPB) to electric motorcycles. It contains the research component of the final project is among other things, the procedure of replacing the batteries and replacement battery time estimation, monitoring system by the station battery replacement and battery replacement costs. Results from the making of the final project, the design of the battery replacement procedure is applied to the SPB, among others: the user account into the replacement battery by inserting a PIN for a user, the selection of rechargeable batteries will be switched with the user's battery, the process of inserting the batteries into the empty slot user available, payment replacement batteries, and batteries that have been selected by the user. For the estimated duration of the battery replacement in SPB based on data that is 1 minute 13 seconds. For system monitoring, the SPB can monitor battery available in SPB, the condition of the battery slot and battery replacement. Of the process of monitoring the battery, the battery serial number information is obtained, the percentage of energy battery and battery life. For monitoring slot slot number information is obtained, the battery and the slot. For the replacement cost of the battery is at a range of Rp 18,117 up to Rp 36,839 depend on battery condition taken and exchanged in SPB.

Keywords : Electric Motorcycle, Battery Swapping Station.

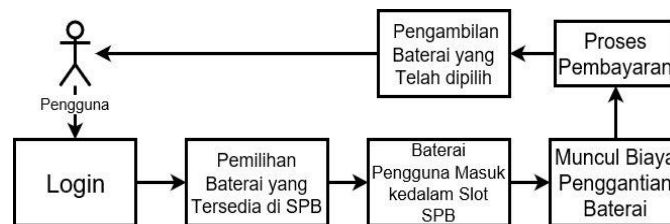
1. Pendahuluan

Sepeda motor listrik merupakan sepeda motor yang menggunakan energi listrik sebagai bahan bakar utama. Dibandingkan dengan sepeda motor yang saat ini banyak digunakan, sepeda motor listrik merupakan kendaraan yang ramah lingkungan karena emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor listrik hampir nol [7]. Selain ramah lingkungan, sepeda motor listrik memiliki beberapa kelebihan, antara lain tidak menimbulkan kebisingan sehingga tidak menimbulkan polusi suara, konsumsi energi lebih efisien serta tidak memerlukan perawatan berkala seperti sepeda motor yang saat ini banyak digunakan [7]. Agar energi listrik tidak hilang begitu saja, sepeda motor listrik membutuhkan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik, sehingga dapat digunakan energinya ketika diperlukan. Agar baterai sepeda motor listrik selalu dapat digunakan, maka dilakukan pengisian baterai setiap kali baterai sepeda motor listrik terdeteksi rendah. Namun menurut VIAR, proses untuk pengisian baterai sepeda motor listrik membutuhkan waktu 5-6 jam hingga penuh [4]. Kondisi ini menyebabkan banyak waktu terbuang untuk melakukan pengisian baterai dan terbatasnya jarak yang dapat ditempuh sepeda motor listrik karena terbatasnya tempat untuk melakukan pengisian baterai. [4] Berdasarkan permasalahan yang ada, muncul ide untuk melakukan penelitian mengenai sistem pengisian baterai, penulis melakukan penelitian mengenai sistem yang dapat mempersingkat waktu pengisian energi baterai serta memperluas jangkauan jarak tempuh sepeda motor listrik. Maka dari itu, penulis mencoba untuk merancang pengelolaan Stasiun Penggantian Baterai (SPB) untuk sepeda motor listrik.

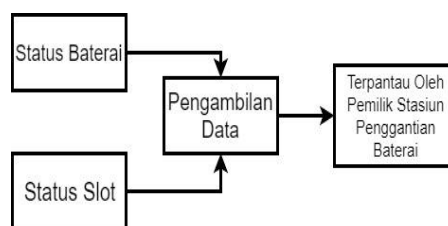
2. Perancangan Sistem

2.1 Diagram Blok Sistem Sistem Pengelolaan SPB

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, maka didapatkan gambaran sistem pengelolaan yang diterapkan ketika SPB telah beroperasi, gambaran rancangan sistem sesuai yang ditampilkan pada gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1 Diagram Blok Proses Penggantian Baterai



Gambar 2.1 Diagram Blok Monitoring

2.1 Perhitungan Biaya Penggantian Baterai

1. Penentuan Estimasi Biaya Penggantian Baterai

Ada beberapa rumus matematis untuk menentukan biaya penggantian baterai, antara lain :

- Kapasitas Baterai Terhadap Umur Pemakaian Baterai

$$U_j = Cap_j - \left(\frac{n}{100} \times Cap_j\right) \quad (2.1)$$

Keterangan :

- U_j : Kapasitas Baterai Terhadap n-bulan (Ah)
- Cap_j : Kapasitas Awal Baterai (0 Bulan) (Ah)
- n : Umur Pemakaian Baterai (bulan)

- Lama Pengisian energi Baterai Terhadap n-bulan

$$T_j = \frac{U_j}{I_o} \quad (2.2)$$

Keterangan :

T_j : Lama Pengisian energi Baterai Terhadap n-bulan (Jam)
 U_j : Kapasitas Baterai Terhadap n-bulan (Ah)
 I_o : Arus Keluaran Dari Adaptor Pengisian energi Baterai (A)

- Biaya Listrik Pengisian energi Energi Baterai Terhadap n-bulan

$$B_t = \left(\frac{W \times T_j}{1000} + Rd \right) \times \$_j \quad (2.3)$$

Keterangan :

B_t : Biaya Listrik Pengisian energi Energi Baterai Terhadap n-bulan (Rp/Kwh)
 W : Beban Pengisian energi Baterai (Watt)
 T_j : Lama Pengisian energi Baterai Terhadap n-bulan (Jam)
 Rd : Rugi-rugi daya (KwH)
 $\$_j$: Biaya listrik per KwH

- Rugi Pengguna

Merupakan pengurangan biaya penggantian baterai berdasarkan sisa energi baterai pengguna

$$H_s = \left(\frac{100 - Cap_{js}}{100} \right) \times H_{max} \quad (2.4)$$

Keterangan :

H_s : Rugi Pengguna (Rp)
 Cap_{js} : Baterai yang dipilih di SPB (%)
 H_{max} : Harga maksimal pembayaran penggantian baterai (Rp)

- Biaya Penggantian Baterai

$$H_{bat} = 2(B_t) + (H_b) + (B_L) - (H_s) \quad (2.5)$$

Keterangan :

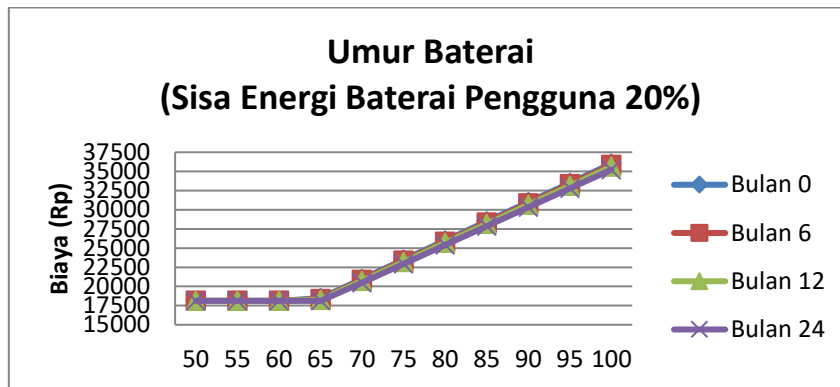
H_{bat} : Biaya Penggantian Baterai (Rp)
 B_t : Biaya Listrik Pengisian energi Energi Baterai Terhadap n-bulan (Rp)
 H_b : Harga Baterai (Umur Baterai 2 Tahun) (Rp)
 B_L : Biaya Lainnya (Rp)
 H_s : Rugi Pengguna

3. Pembahasan

3.1 Penentuan Biaya Penggantian Baterai

Berikut merupakan grafik dari hasil perhitungan biaya penggantian baterai terhadap parameter kondisi baterai

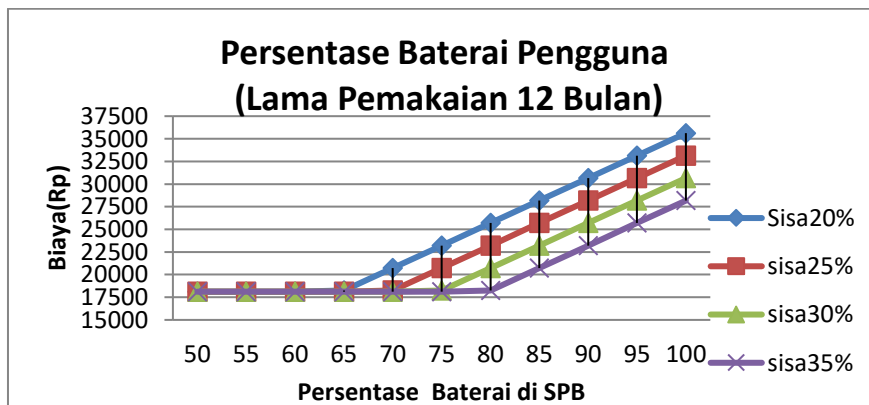
1. Kondisi Umur Pakai Baterai



Gambar 3.1 Grafik Selisih Biaya Penggantian Baterai Terhadap Umur Baterai (Sisa Energi Baterai Pengguna 20%)

Gambar 3.1 merupakan grafik dari hasil perhitungan biaya penggantian baterai berdasarkan kondisi umur pakai baterai. Untuk sisa energi baterai pengguna dianggap sama yaitu 20% dan rentang persentase energi baterai yang tersedia di SPB adalah **50% - 100%**. dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan biaya penggantian baterai tertinggi untuk kondisi umur baterai **0 bulan** adalah **Rp 36.018**. Biaya penggantian baterai tertinggi untuk kondisi umur baterai **6 bulan** adalah **Rp 35.821**. Biaya penggantian baterai tertinggi untuk kondisi umur baterai **12 bulan** adalah **Rp 35.624** dan biaya penggantian baterai tertinggi untuk kondisi umur baterai 24 bulan adalah **Rp 35.230** dan biaya penggantian baterai minimal berdasarkan kondisi umur setiap baterai = **biaya modal** (biaya penggantian baterai minimal dibawah harga modal, maka biaya penggantian baterai sesuai dengan harga modal).

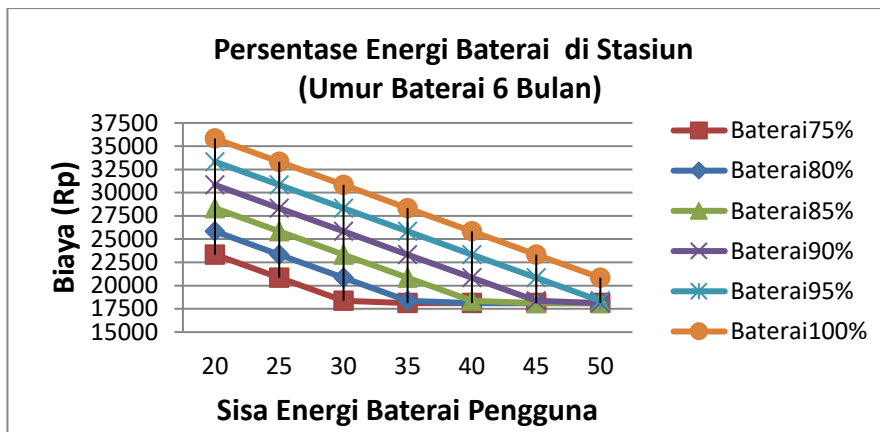
2. Persentase Sisa Energi Baterai Pengguna



Gambar 3.2 Grafik Persentase Sisa Energi Baterai Pengguna (Umur Baterai 12 Bulan)

Gambar 3.2 merupakan grafik dari hasil perhitungan biaya penggantian baterai berdasarkan kondisi umur pakai baterai. Untuk umur setiap baterai yang tersedia di SPB dianggap sama yaitu **12 bulan** dan rentang persentase energi baterai yang tersedia di SPB adalah **50% - 100%**. dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase sisa energi baterai pengguna **20%** adalah **Rp 35.624**. Biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase sisa energi baterai pengguna **25%** adalah **Rp 33.141**. Biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase sisa energi baterai pengguna **30%** adalah **Rp 30.658** dan biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase sisa energi baterai pengguna **35%** adalah **Rp 28.174** dan biaya penggantian baterai minimal berdasarkan persentase sisa energi baterai pengguna = **biaya modal** (biaya penggantian baterai minimal dibawah harga modal, maka biaya penggantian baterai sesuai dengan harga modal).

3. Persentase Energi Baterai Yang Tersedia Di Stasiun Penggantian Baterai



Gambar 3.3 Grafik Selisih Biaya Penggantian Baterai Terhadap Persentase Baterai yang Dipilih (Umur Baterai 6 Bulan)

Gambar 3.2 merupakan grafik dari hasil perhitungan biaya penggantian baterai berdasarkan kondisi umur pakai baterai. Untuk umur setiap baterai yang tersedia di SPB dianggap sama yaitu **6 bulan** dan rentang persentase sisa energi baterai pengguna adalah **20% - 50%**. dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase energi baterai yang tersedia di SPB **100%** adalah **Rp 35.821**. Biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase energi baterai yang tersedia di SPB **95%** adalah **Rp 33.326**. Biaya penggantian baterai tertinggi persentase energi baterai yang tersedia di SPB **90%** adalah **Rp 30.830**. Biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase energi baterai yang tersedia di SPB **85%** adalah **Rp 28.334**. Biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase energi baterai yang tersedia di SPB **80%** adalah **Rp 25.839**. Biaya penggantian baterai tertinggi berdasarkan persentase energi baterai yang tersedia di SPB **75%** adalah **Rp 23.343** dan biaya penggantian baterai minimal berdasarkan berdasarkan persentase energi baterai yang tersedia di SPB = **biaya modal** (biaya penggantian baterai minimal dibawah harga modal, maka biaya penggantian baterai sesuai dengan harga modal).

3.2 Estimasi Lama Waktu Penggantian Baterai di SPB

Tabel 3.1 Data Lama Waktu Penggunaan ATM di ATM FKB Universitas Telkom dan Penitipan Barang di BORMA Bojongsong

NO	Pengguna	(Menit : Detik)		
		A	B	C
1	Pengguna 1	2:07	0:14	2:21
2	Pengguna 2	0:41	0:12	0:53
3	Pengguna 3	0:48	0:14	1:02
4	Pengguna 4	0:42	0:16	0:58
5	Pengguna 5	1:46	0:14	2:00
6	Pengguna 6	0:35	1:12	1:47
7	Pengguna 7	0:36	0:14	0:50
8	Pengguna 8	0:25	0:30	0:55
9	Pengguna 9	0:34	0:38	1:12
10	Pengguna 10	0:24	0:12	0:36
11	Pengguna 11	0:34	0:28	1:02
12	Pengguna 12	1:31	0:28	1:59
13	Pengguna 13	0:33	0:20	0:53
14	Pengguna 14	0:31	0:54	1:25
15	Pengguna 15	0:37	1:00	1:37
16	Pengguna 16	0:31	0:12	0:43
17	Pengguna 17	0:38	0:26	1:04
18	Pengguna 18	0:24	0:18	0:42
19	Pengguna 19	0:28	0:12	0:40
20	Pengguna 20	1:38	0:14	1:52
Total Waktu		16:03	8:28	24 menit 31 detik
Rata-Rata		0:48	0:25	1:13

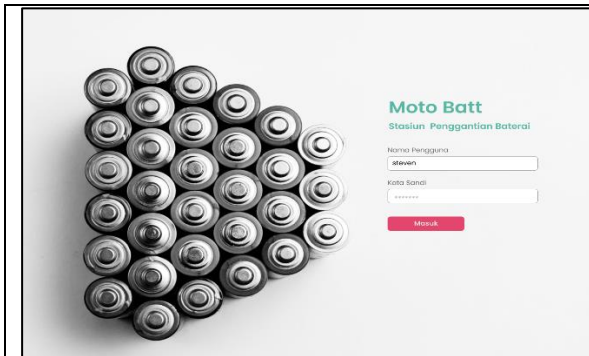
Keterangan Variabel :

- A : Lama Waktu Pengambilan Uang di ATM
- B : Lama Waktu Penitipan dan Pengambilan Barang di Tempat Penitipan
- C : Jumlah A dan B

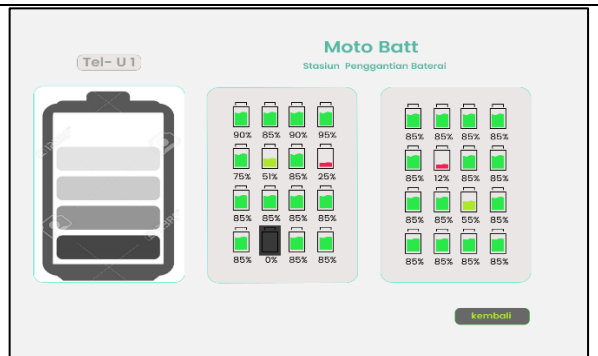
Data pada Tabel 3.1 merupakan data yang digunakan untuk permisalan lama waktu penggantian baterai di SPB. Dari data tersebut didapatkan rata-rata lama waktu penggantian baterai di SPB adalah **1 menit : 31 detik.**

3.3 Tampilan Simulasi Pengoperasian Stasiun Penggantian Baterai

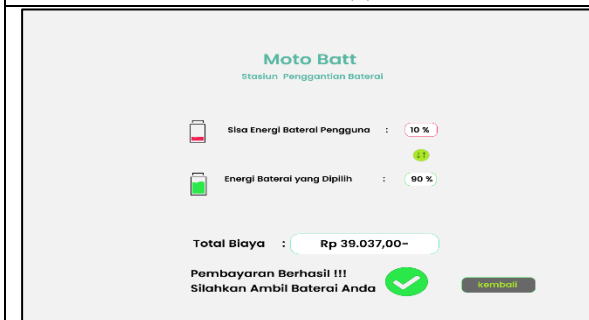
Gambar 3.4 sampai dengan Gambar 3.14 merupakan tampilan simulasi pengelolaan Stasiun Penggantian Baterai.



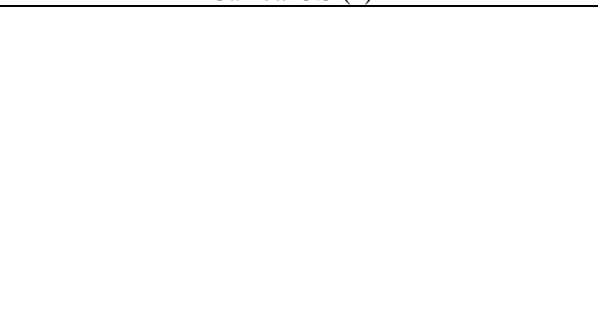
Gambar 3.4 (1)*



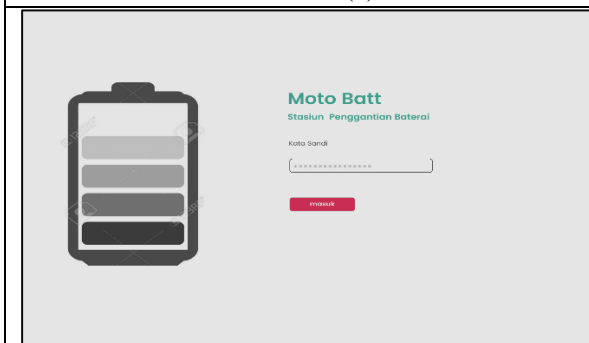
Gambar 3.5 (2)*



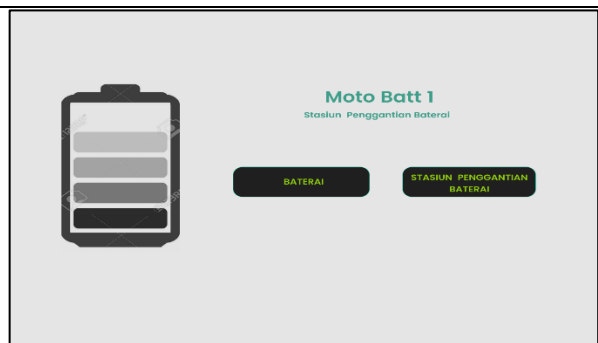
Gambar 3.6 (3)*



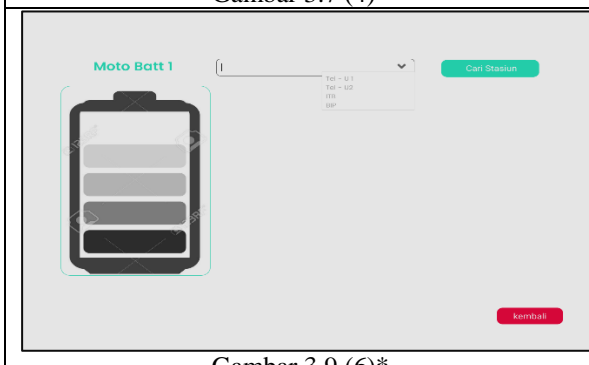
Gambar 3.8 (5)*



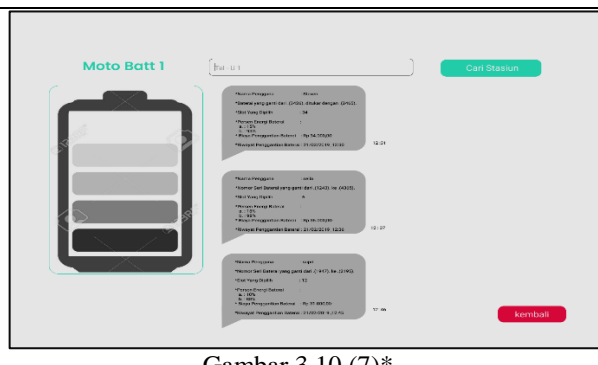
Gambar 3.7 (4)*



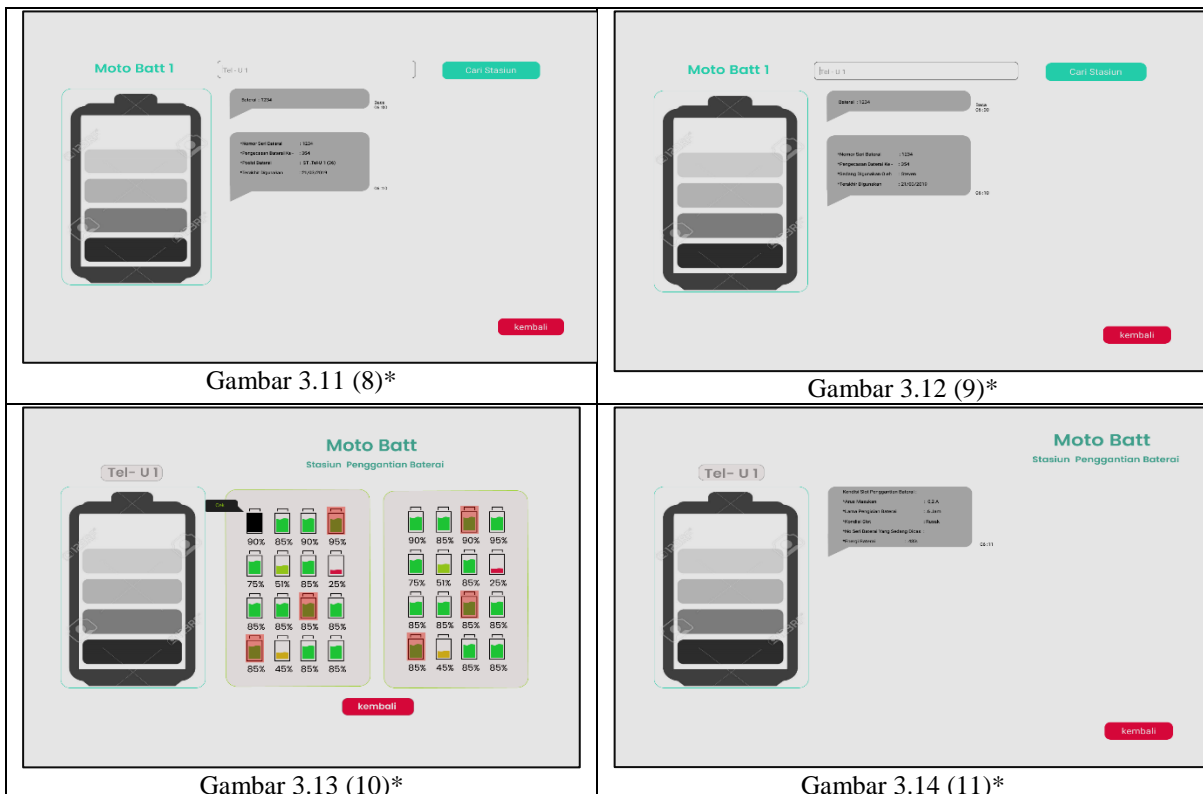
Gambar 3.8 (5)*



Gambar 3.9 (6)*



Gambar 3.10 (7)*



Gambar 3.11 (8)*

Gambar 3.12 (9)*

Gambar 3.13 (10)*

Gambar 3.14 (11)*

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian Tugas Akhir ini disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan untuk menentukan biaya penggantian baterai, biaya tertinggi untuk pembayaran penggantian baterai adalah Rp 36.018,00 dengan kondisi sisa energi baterai pengguna 20% , persentase baterai yang dipilih di SPB adalah 100% dan umur pemakaian baterai yang dipilih 0 bulan. Sedangkan biaya terendah untuk pembayaran penggantian baterai ada lah RP 18.117,00 (untuk biaya terendah = modal yang dikeluarkan oleh pihak SPB)
2. Estimasi waktu rata untuk penggantian baterai di SPB berdasarkan data adalah 1 menit 13 detik
3. Selisih biaya penggantian baterai antar kondisi baterai relatif sama untuk 2 kondisi baterai antara lain persentase energi baterai yang dipilih di SPB, persentase sisa energi baterai pengguna
4. Selisih biaya penggantian baterai antar parameter cenderung konstan bila dilihat dari biaya penggantian baterai tertinggi untuk setiap parameter kondisi
5. Prosedur yang dilakukan dalam proses penggantian baterai antara lain, login kedalam akun penggantian baterai dengan memasukkan PIN pengguna, memilih baterai yang akan ditukarkan dengan baterai pengguna, masukkan baterai pengguna kedalam slot kosong yang tersedia, pembayaran penggantian baterai, dan pengambilan baterai yang telah dipilih pengguna.
6. Untuk sistem monitoring, pihak SPB dapat memonitoring baterai yang tersedia di SPB, kondisi slot baterai dan kegiatan penggantian baterai. Untuk monitoring baterai didapatkan informasi tentang nomor seri baterai, persentase energi baterai dan umur baterai. Untuk monitoring slot didapatkan informasi tentang nomor slot baterai dan kondisi slot.

Daftar Pustaka:

- [1] Wu. Hao ,dkk , “An Optimization Model for Electric Vehicle Battery Charging at a Battery Swapping Station” in *IEEE Conference*,2017
- [2] <https://indone5ia.wordpress.com/2012/01/04/kondisi-dan-permasalahan-energi-di-indonesia/> [diakses 14 april 2018]
- [3] “benzinske crpke – Google karte.” [Online]. Available: <https://www.google.hr/maps/search/benzinske+crpke/@45.7227273,15.9931155,12.5z/data=!5m1!1e1?hl=hr>. [diakses februari 2018]
- [4] Pavic.Ivan, dkk, “Transportation and Power System Interdependency For Urban Fast Charging And Battery Swapping Stations In Croastia” in *IEEE Journal*,2017.

- [5] R. Mushfiqur,dkk, “*Electric Vehicle Battery Swapping Station: Business Case and Optimization Model*” *IEEE Conference*, 2017
- [6] Ellis.Russell, dkk, “*Battery Recharging and Testing Swap Stations*” in *IEEE Conference*, 2017.
- [7] Suen.Shiew-Huey,dkk" *Strategy and Construction of Electric Refueling System for Electric Scooter in Taiwan*” in *IEEE Conference, Barcelona, Spain*,2013
- [8] Everington.Keoni, Taiwan News, “*Gogoro launches the Gogoro 2 Deluxe in Taiwan* ,”2018.[Online]. Avialable: [https : // www .taiwannews. com.tw/ en/news / 3353416](https://www.taiwannews.com.tw/en/news/3353416). [diakses maret 2018]
- [9] Chino.Mike, Inhabitat, “*Could Gogoro’s new electric Smartscooter and battery swapping infrastructure revolutionize urban transport?*,”2015 [Online]. Avialable : [https://inhabitat.com / gogoros –new -smartscooter-and-6-second-battery-swapping-network-could-revolutionize-urban transportation / gogoro-batteries /](https://inhabitat.com/gogoros-new-smartscooter-and-6-second-battery-swapping-network-could-revolutionize-urban-transportation/gogoro-batteries/). [diakses maret 2018]
- [10] “*Modeling, Simulation, and Identification of Battery Dynamics*” [Online] <https://www.google.com/search?biw=1366&bih=651&tbm=isch&sa=1&ei.=yRzoWv-KDYH38QW936SACA&q> [diakses april 2018]