PENGISIAN BATERAI LI-ION DENGAN METODE CONSTANT CURRENT, CONSTANT VOLTAGE, CONSTANT CURRENT – CONSTANT VOLTAGE

ANDI MUHAMMAD NUR PUTRA[1*], GILANG RAMADHAN[2]
Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang[1, 2]
andimnurputra@itp.ac.id*, gilangex12@gmail.com

Abstract: *One of the main components in the development of environmentally friendly electric-based vehicle technology is the battery. Battery technology is growing along with the significant growth rate of electric vehicles lately. The main issues concerning the use of batteries are limited capacity, long charging times, and safety issues such as battery temperatures that can rise rapidly during use and charging. A number of innovations have been made to overcome the battery charging problem, which is key to the development of electric vehicles. This paper uses three charging methods to present the charging process of lithium-ion batteries that are widely used in electric vehicles. The simulation process was conducted with a 16.7 kW test circuit that is designed to deliver a maximum charging current of 90 A. Test results have been presented where charging with the constant current constant voltage method can provide better charging behavior for the battery. It took 100 minutes to fully charge the battery, keeping the temperature below the maximum limit of 45^{O}C.*
Keywords: *Battery, Charging, Time, Temperature.*

Abstrak: Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam pengembangan teknologi kendaraan berbasis listrik yang ramah lingkungan. Teknologi baterai terus berkembang seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan listrik yang cukup siginifikan akhir-akhir ini. Isu utama dalam penggunaan baterai adalah kapasitas yang terbatas, waktu pengisian yang lama, dan masalah keamaan seperti temperatur baterai yang dapat naik dengan cepat saat digunakan maupun saat diisi. Berbagai inovasi telah dilakukan untuk mengatasi masalah pengisian baterai yang merupakan kunci dari perkembangan kendaraan listrik. Paper ini mengulas proses pengisian baterai jenis lithium ion yang banyak dipakai pada kendaraan listrik dengan menggunakan tiga metode pengisian. Proses pengujian berlangsung dengan simulasi menggunakan rangkaian pengujian berkapasitas 16,7 kW yang didesain dapat mengalirkan arus pengisian maksimum 90 A. Hasil pengujian telah dijabarkan dimana pengisian dengan metode tegangan konstan arus konstan dapat memberikan perilakuan pengisian yang lebih baik bagi baterai. Untuk mengisi baterai hingga penuh dibutuhkan waktu selama 100 menit dengan temperatur terjaga di bawah batas maksimum 45^{O}C.
Kata Kunci: Baterai, pengisian, waktu, temperatur.

A.Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir ini transportasi mengalami perubahan, untuk mengurangi polusi dan ketersediaan bahan bakar yang ada saat ini dengan betransisi ke penggunaan kendaraan berbasis beterai [1], salah satu transportasi yang mulai bertansisi menggunakan teknologi baterai adalah mobil dan motor [2]. Pada abad-19 dan awal abad-20 untuk mengurangi polusi perlu meningkatkan pembatasan mengemudi pada kendaraan bensin di sekitar wilayah metropolitan, dan alternatif cerdas bisa menjadi pengenalan kendaraan listrik [3]. Berkat pembatasan mengemudi dari kendaraan bensin di daerah perkotaan, pasar kendaraan listrik mulai tumbuh, dan banyak negara berkontribusi dengan intensif untuk membeli kendaraan hibrida dan baterai [4].

Pengisian kendaraan listrik terdiri dari pengisian arus konstan (CC) dan tegangan konstan (CV) Awalnya, pengisi daya mengisi baterai dengan mode CC dan tegangan baterai secara bertahap meningkat. Ketika tegangan baterai mencapai tegangan pengisian maksimum, pengisi daya mengubah modenya dari pengisian CC mode ke pengisian mode CV. Proses pengisian selesai ketika arus baterai mencapai nilai tertentu [5].

Waktu pengisian daya telah menjadi kelemahan teknologi kendaraan listrik, karena secara historis jauh lebih cepat dan nyaman untuk mengisi bahan bakar dari sumber berbasis

 P-ISSN 2622-9110
E-ISSN 2654-8399

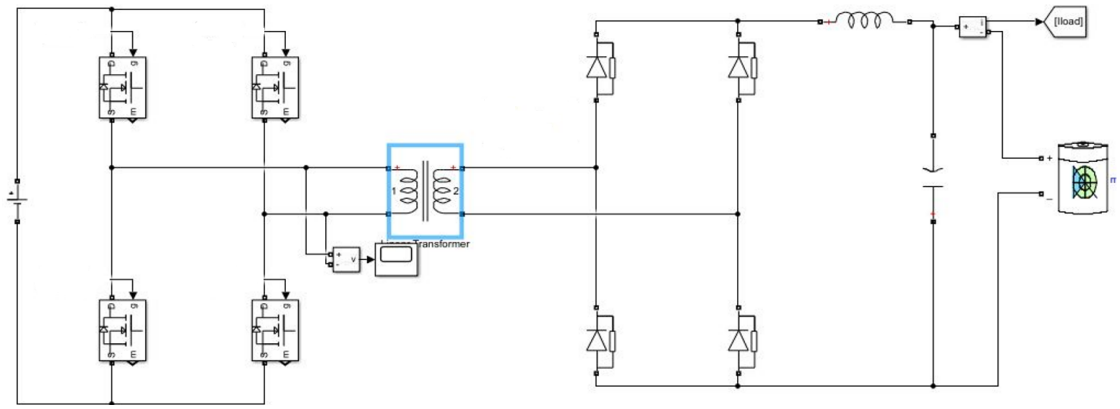
minyak bumi. Pengisian kendaraan listrik telah dikategorikan dalam tiga tingkatan, sebagai berikut: Level 1 adalah pengisian standar yang memiliki daya pengisian kurang dari 5 kW, Level 2 adalah pengisian cepat yang terjadi antara 5 kW dan 50 kW, dan Level 3 adalah pengisian super cepat yang lebih besar dari 50 kW [6].

Pengisi daya baterai untuk kendaraan listrik biasanya diklasifikasikan sebagai on-board (dalam kendaraan listrik) atau off-board (di lokasi tetap) sehubungan dengan posisinya, dan sebagai searah atau dua arah dalam hal aliran daya. Menurut tingkat daya pengisian yang ditetapkan oleh Society of Automotive Engineers (SAE), baik pengisian daya AC level 1 (lambat) dan AC level 2 menggunakan pengisi daya terpasang dengan level daya maksimum. Dengan demikian, penerapan AC level 1 yang dimaksudkan adalah untuk pengisian daya di rumah atau kantor menggunakan convenience outlet pada umumnya, sedangkan AC level 2 ditujukan untuk pengisian daya di fasilitas umum atau pribadi. Berbeda dengan dua jenis level daya yang disebutkan di atas, pengisian daya level 3 (cepat) (baik AC atau DC) menggunakan pengisi daya off-board dan mengacu pada aplikasi komersial [7].

Baterai yang digunakan untuk kendaraan listrik adalah lithium-ion, Baterai lithium-ion diproyeksikan menjadi baterai paling populer untuk kendaraan listrik plug-in dan baterai penuh (PHEV dan BEV). Karena baterai li-ion sangat cocok untuk kendaraan listrik saat ini karena mereka dapat menghasilkan energi dan daya tinggi per unit massa baterai, membuatnya lebih ringan dan lebih kecil daripada baterai isi ulang lainnya [8].

B.Metodologi Penelitian

Kendaraan berbasis baterai/Electric Vehicle (EV) adalah kendaraan yang berjalan dengan penggerak listrik dengan daya tambahan yang tersimpan pada unit penyimpanan energi yang dapat diisi ulang dari jaringan listrik dan *Brake energy recuperation* [9]. Energi listrik untuk pengisian pergerakan kendaraan dapat berasal dari pembangkit listrik serta sumber energi terbaharukan dan disimpan dalam baterai, sel bahan bakar dan *ultracapacitors.* Tidak seperti kendaraan konvensional, EV menggunakan sumber daya dan motor listrik yang lebih efisien dari pada kendaraan mesin pembakaran internal. Baterai sebagai komponen utama dapat EV digunakan sebagai suplai utama bagi penggerak motor listrik. Baterai lithium-ion (Li-ion) adalah baterai yang paling cocok untuk kendaraan listrik saat ini karena dapat menghasilkan energi dan daya tinggi per unit massa baterai, membuatnya lebih ringan dan lebih kecil dari pada baterai isi ulang lainnya [8]. Baterai Li-ion merupakan baterai isi ulang di mana ion lithium bergerak di antara anoda dan katoda, menciptakan aliran listrik yang berguna untuk aplikasi elektronik. Dalam siklus pelepasan, lithium di anoda (bahan karbon) terionisasi dan dipancarkan ke elektrolit. Ion litium bergerak melalui pemisah plastik berpori dan dimasukkan ke dalam lubang seukuran atom di katoda (oksida logam litium), pada saat yang sama elektron dilepaskan dari anoda.Pengisian ulang baterai Li-ion dapat dil akukan dengan beberapa cara seperti menggunakan pengisian AC dan DC. Dalam [9 – 11] dijelaskan bahwa berdasarkan Standar SAE J1772 daya pengisian Level I dapat mencapai hingga 1,92 kW. Pada Level II SAE J1772 dapat mendukung pengisian daya pada 208VAC dan 48A (9,98kW) kemudian 240VAC dan 80A (19.2kW). Pengisian cepat Level III menggunakan pengisi daya tegangan tinggi hingga 500 VDC dan 400A langsung ke baterai kendaraan. Rangkaian uji (charger) berbentuk single phase inverter didesain untuk proses pengisian baterai. Rangkaian inverter ini digunakan untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC yang mana dilengkapi dengan sistem kontrol. Tegangan AC ini kemudian disearhkan Dan menjadi tegangan DC berfungsi sebagai keluaran DC yang lebih tinggi. Rangkaian ini bekerja dengan mengubah tegangan masukan DC 400 V yang dikontrol dengan kendali PI untuk mendapatkan tegangan dan arus keluaran konstan yang diperlukan untuk proses pengisian, Setelah melewati inverter tegangan akan bermuatan AC untuk menghantar daya melewati kumparan magnet saat sejajar, pada saat melewati kumparan akan mengalami rugi-rugi daya, daya akan masuk ke rectifire untuk mengubah tegangan ke DC lalu dialirkan ke dalam baterai.



Gambar 1. Rangkaian simulasi charger baterai Li-ion

Tabel 1. Parameter rangkaian uji

PARAMETER	SYMBOL	CC-CV
Peak Power	Pout	15390 W
Input Voltage	Vin	400 Vdc
Output Voltage	Vout	179 Vdc
Output Current	Iout	80 - 90 A
Transformator Winding 1	Vrms R L1	400 4.3218e-6 0.45856e-9
Transformator Winding 2	Vrms R L2	70 0.7938e-6 0.084225e-9
Inductor	L1,L2	2.39 mH
Capacitor	C1,C2	1.05 μf

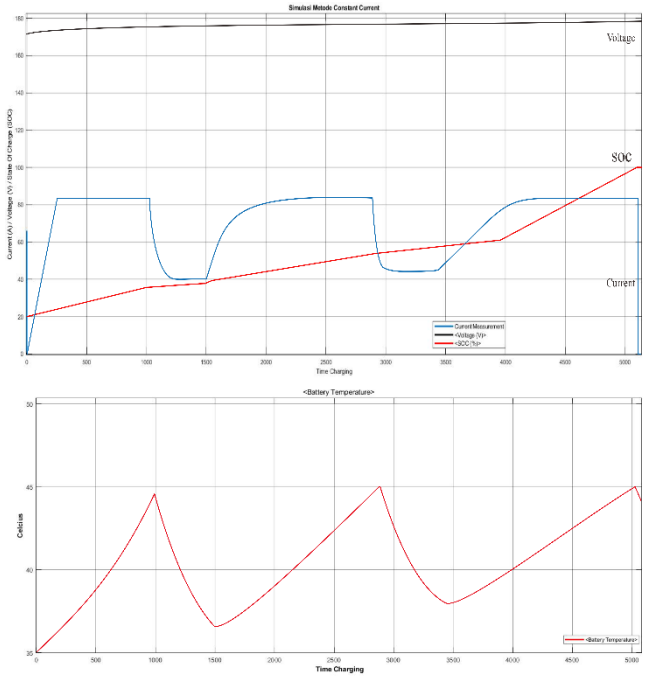
Dalam pengujian yang dilakukan, beberapa variabel akan diamati untuk dianalisis dan ditarik kesimpulan. Pengujian dilakukan dengan tiga metode pengisian menggunakan rangkaian uji seperti ditunjukkan pada gambar 1 di atas. Kondisi pengujian didesain agar kondisi mula-mula (SOC) baterai berada pada kondisi 0% sehingga dapat diamati setiap perilaku pengisian untuk tiap tahapan kenaikan level kondisi pengisian. Variabel masukan (daya charger) yang digunakan untuk mengisi baterai juga diatur sama untuk ketiga kondisi pengisian sehingga dapat dibandingkan hasil dari tiap-tiap metode yang digunakan.

C.Hasil dan Pembahasan

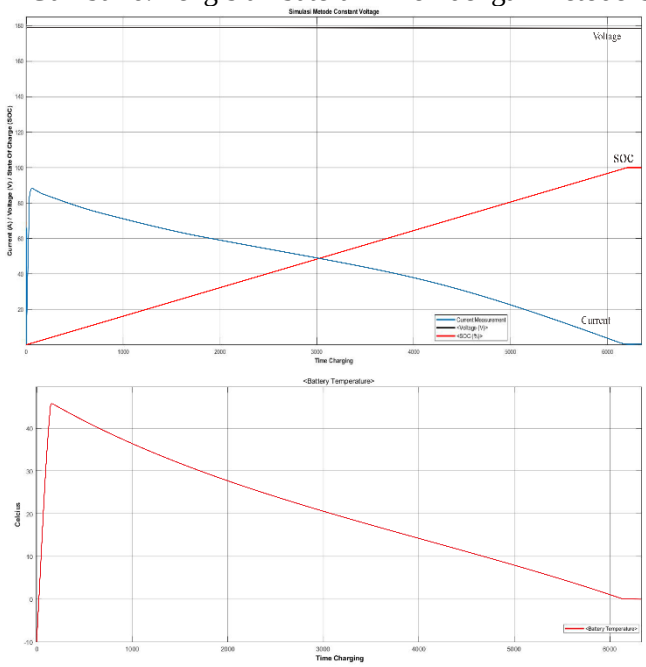
Pada bagian ini, proses pengisian baterai Li-ion divalidasi secara komputerisasi menggunakan simulasi. Pengujian untuk ketiga metode pengisian CC, CV, dan CCCV menggunakan baterai Li-ion berkapasitas 7,6 kWh. Pengisian baterai dimulai dari kondisi *state of charge* (SOC) 0% hingga baterai penuh 100%. Hasil pengujian memberikan gambaran tentang kondisi baterai saat diisi, temperature, lama waktu pengisian, dan pola pengisian yang terjadi di dalam baterai.

Pengujian pertama dilakukan dengan metode CC. Seperti ditunjukkan pada gambar 6 baterai diisi dengan arus pengisian sebesar 84 A dan tegangan pengisian 179 V. Arus pengisian di atur agar selalu konstan selama proses pengisian baterai berlangsung. Baterai membutuhkan waktu 88 menit untuk penuh (SOC 100%). Pengisian dengan metode ini menyebabkan terjadinya peningkatan signifikan pada temperatur baterai. Setiap perubahan kodisi pengisian baterai (SOC) bertambah 20%, temperatur naik hingga batas maksimum yang diizinkan sehingga arus pengisian diturunkan dan kembali ke nilai awal secara perlahan untuk mempercepat proses pengisian.

P-ISSN 2622-9110
E-ISSN 2654-8399



Gambar 6. Pengisian baterai Li-ion dengan metode CC

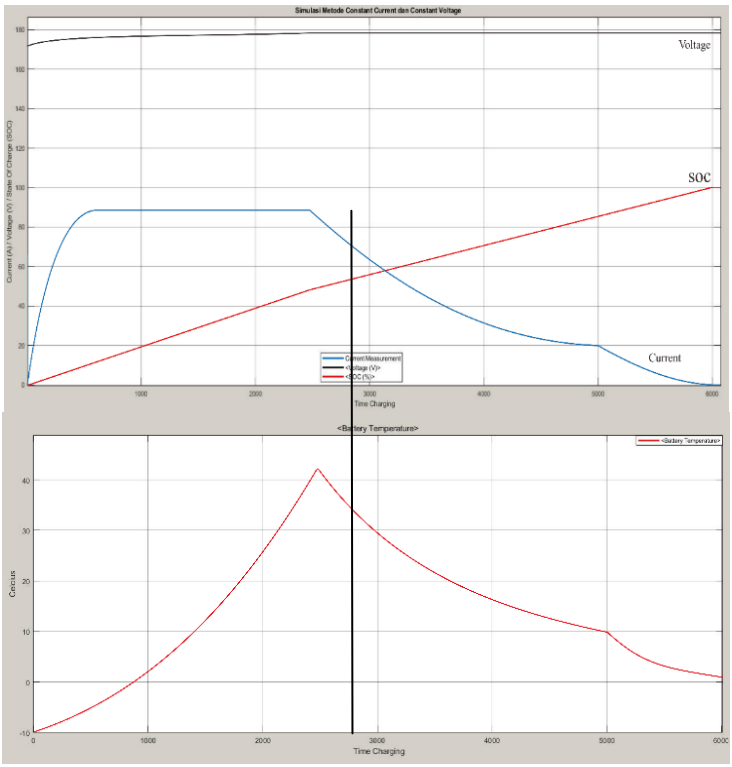


Gambar 7. Pengisian baterai Li-ion dengan metode CV

Dengan menggunakan baterai dengan kapasitas yang sama untuk kondisi pengisian (SOC) 0% hingga 100%, pengujian lain dilakukan dengan metode pengisian CV. Metode ini memberlakukan arus yang besar di awal-awal pengisian berlangsung. Arus tersebut kemudian berkurang secara perlahan ketika bateri mulai terisi dengan mempertahankan tegangan di nilai yang ditetapkan. Seperti ditunjukkan pada gambar 7 di atas, setelah 105 menit kapasitas baterai terisi penuh. Dari gambar terlihat bahwa temperatur baterai berada di titik maksimum saat proses awal pengisian berlansgung, kemudian mulai turun seiring dengan turunnya arus pengisian yang dibebankan ke baterai.

Pengujian pengisian baterai dengan metode CCCV kemudian dilakukan. Dalam pengujian ini, arus diatur untuk terus konstant hingga kapasitas baterai terisi sampai 50% dan kemudian perlahan turun untuk mengisi baterai hingga penuh 100%. Dengan arus pengisian mencapai 90 A pada tegangan 179 V, dibutuhkan waktu hingga 100 menit untuk baterai terisi

sampai penuh. Gambar 8 di bawah ini menunjukkan kondisi pengisian baterai dengan metode CCCV. Pada saat pengisian, temperatur baterai mencapai titik maksimum ketika kaspasitas baterai telah terisi 50%. Pengisian baterai dengan metode ini memungkinan baterai terisi degan waktu yang cepat dan aman karena temperatur baterai dapat dijaga selama proses pengisian berlangsung.



Gambar 8. Pengisian baterai Li-ion dengan metode CCCV

D.Penutup

Simulasi pengisian baterai Li-ion yang merupakan jenis baterai yang banyak digunakan pada kendaraan listrik telah dilakukan. Uji coba pengisian dilakukan dengan tiga metode CC, CV, dan CCCV. Hasil pengujian memberikan informasi perilaku baterai selama proses pengisian berlangsung. dari ketiga metode yang diujicobakan, pengisian dengan metode CCCV memungkinkan untuk digunakan sebagai pilihan utama karena baterai dapat terisi dengan waktu yang cukup cepat dengan menjaga temperatur baterai selalu di batas aman. Pada saat uji coba dilakukan, dengan arus pengisian mencapai 90 A baterai dapat terisi penuh dalam waktu 100 menit dengan suhu terjaga di bawah 45 ^{O}C. Apabila dibandingkan dengan metode CC dimana waktu pengisian dapat berlangsung lebih cepat, temperatur baterai dapat dijaga lebih baik pada pengisian metode CCCV.

Dafar Pustaka

[1] A. Gaurav and A. Gaur, “Modelling of Hybrid Electric Vehicle Charger and Study the Simulation Results,” *2020 Int. Conf. Emerg. Front. Electr. Electron. Technol. ICEFEET 2020*, pp. 2–7, 2020.

[2] R. Collin, Y. Miao, A. Yokochi, P. Enjeti, and A. Von Jouanne, “Advanced electric vehicle fast-charging technologies,” *Energies*, vol. 12, no. 10, 2019.

[3] M. Gjelaj, C. Traholt, S. Hashemi, and P. B. Andersen, “Cost-benefit analysis of a novel DC fast-charging station with a local battery storage for EVs,” *2017 52nd Int. Univ. Power Eng. Conf. UPEC 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1–6, 2017.

[4] “EnergyLab Nordhavn - EnergyLab Nordhavn fremtidens energi system.” 2021, [Online]. Available: http://www.energylabnordhavn.com/index.html.

[5] V. B. Vu, D. H. Tran, and W. Choi, “Implementation of the Constant Current and Constant Voltage Charge of Inductive Power Transfer Systems with the Double-Sided

P-ISSN 2622-9110
E-ISSN 2654-8399

LCC Compensation Topology for Electric Vehicle Battery Charge Applications," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 33, no. 9, pp. 7398–7410, 2018.
[6] L. J. Deal, "Department of Energy." pp. 203–204, 1982.
[7] K. N. Genikomsakis, I. Angulo Gutierrez, D. Thomas, and C. S. Ioakimidis, "Simulation and Design of Fast Charging Infrastructure for a University-Based e-Carsharing System," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 19, no. 9, pp. 2923–2932, 2018.
[8] B. Kennedy, D. Patterson, and S. Camilleri, "Use of lithium-ion batteries in electric vehicles," *J. Power Sources*, vol. 90, no. 2, pp. 156–162, 2000.
[9] C. H. Dharmakeerthi, N. Mithulananthan, and T. K. Saha, "Modeling and planning of EV fast charging station in power grid," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–8, 2012.
[10] X. Liu and T. Feng, "Energy-storage configuration for EV fast charging stations considering characteristics of charging load and wind-power fluctuation," *Glob. Energy Interconnect.*, vol. 4, no. 1, pp. 48–57, 2021.
[11] F. Sutra Kamajaya and M. Muzmi Ulya, "Analisis Teknologi Charger Untuk Kendaraan Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 3, pp. 163–166, 2015.