



RANCANGAN BANGUN SISTEM OTOMATIS PENGALIH SUMBER DAYA CADANGAN DC BERBASIS BATERAI PACK LITHIUM ION

Endang¹, Rahmat Hidayat²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: endang.ndang18166@student.unsika.ac.id, rahmat.hidayah@staff.unsika.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi otomatis sistem kendali, berbagai alat yang praktis dan efisien telah banyak diciptakan. Tujuan pembuatan berbagai alat tersebut yaitu untuk mempermudah menyuplai listrik elektronik dalam kehidupan sehari-hari. Supply daya listrik yang kontinu tidak dapat dicapai jika hanya hanya menggunakan satu sumber listrik, tanpa adanya sumber listrik cadangan. Disisi lain, jika menggunakan supply listrik cadangan dibutuhkan sistem pengalih supply listrik yang bekerja secara otomatis dan tidak ada delay atau berkedip. Penelitian ini berkaitan dengan Rancangan Bangun Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan Dc Berbasis Baterai Pack Lithium Ion, tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem otomatis yang bekerja untuk mengalihkan sumber peralatan dari sumber utama PLN ke sumber daya cadangan Baterai Pack Lithium Ion atau sebaliknya agar ketidak-tersediaan sumber listrik tidak mempengaruhi kerja alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai yang diharapkan dengan batasan baterai Baterai Pack Lithium Ion dengan kapasitas 45Ah.

Kata Kunci: *Lithium Ion, Step Down Xl 4015, Pengalih Sumber Daya Cadangan*

ABSTRACT

The development of automatic control system technology, various practical and efficient tools have been created. The purpose of making these various tools is to make it easier to supply electronic electricity in everyday life. Continuous supply of electric power cannot be achieved if only using one power source, without a backup power source. On the other hand, if you use a backup power supply, you need a power supply switching system that works automatically and there is no delay or flashing. This research is related to the Design of Automatic System for Switching Backup Dc Resources Based on Lithium Ion Battery Packs, the purpose of this research is to design an automatic system that works to divert the source of equipment from the main source of PLN to a backup power source of Lithium Ion Battery Pack or vice versa so that the the availability of a power source does not affect the work of the tool. The results show that the designed system can work as expected with the limitation of the Lithium Ion Battery Pack battery with a capacity of 45Ah.

Keywords: *Lithium Ion, Step Down Xl 4015, Backup Power Switch*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber kebutuhan masyarakat yang harus terpenuhi setiap harinya untuk menghidupkan peralatan, perabotan dan benda lainnya yang membutuhkan daya energi listrik agar dapat berfungsi. Disisi lain energi listrik juga berperan penting dalam menggerakkan roda perekonomian.

Dalam kehidupan sehari-hari suplay energi listrik sangat diperlukan olah perindustrian, perhotelan, perkantoran, sekolahan, perumahan mewah maupun sederhana, Perusahaan Listrik Negara (PLN) sangat berperan penting sebagai sumber utama pemasok energi listrik untuk masyarakat, Namun saat PLN bisa mengalami gangguan dan terjadi pemadam energi listrik, apabila suplay energi listrik dari PLN padam maka seluruh aktivitas masyarakat akan terganggu.

Berdasarkan permasalahan pemadaman listrik yang sering mengganggu aktivitas, sangat diperlukan suplay energi listrik cadangan sebagai back-up suplay listrik PLN jika terjadi gangguan atau pemadaman listrik, perindustrian, perhotelan, perkantoran, sekolahan, perumahan mewah maupun sederhana tetap beraktivitas.

Untuk peralatan elektronik dengan fungsi khusus seperti monitoring sistem, cctv, dvr, wifi router atau pencatatan data (datarecording) dibutuhkan suplai daya listrik yang bersifat kontinu agar dari setiap proses yang berlangsung tidak terjadi kehilangan data [1]. Suplai daya listrik yang kontinu tidak dapat dicapai ketika hanya menggunakan satu sumber listrik saja, tanpa adanya sumber listrik cadangan. Disamping itu, jika sumber listrik cadangan seperti baterai atau alat penyimpan energi listrik yang lain sengaja ditambahkan, dibutuhkan suatu sistem pengalihan catu daya yang dapat bekerja secara otomatis [2] agar sumber daya cadangan tersebut dapat langsung

dimanfaatkan sebagai pengganti dari sumber listrik utama. Oleh karenanya dalam penelitian ini dirancang suatu Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan Dc Berbasis Baterai Pack Lithium Ion dengan sumber listrik utama berupa listrik PLN dan sumber daya cadangan berupa baterai pack Lithium Ion (Li-Ion) untuk menyuplai kebutuhan daya listrik cctv, dvr dan wifi router dan juga peralatan elektronik dc lainnya.

Rumus masalah

Beberapa rumusan masalah yang menjadi acuan untuk membuat penelitian antara lain:

1. Alat difungsikan sebagai sistem otomatis pengalih sumber daya cadangan dc berbasis Baterai pack lithium ion
2. Bagaimana Sistem otomatis tetap bekerja walaupun suplay energi listrik dari pln mati/ terputus
3. Berapa lama ketahanan baterai pack lithium ion dalam suplay energi listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Power Supply AC-DC 12V

Power supply atau catu daya adalah suatu alat atau perangkat elektronik yang berfungsi untuk merubah arus AC menjadi arus DC untuk memberi daya suatu perangkat keras atau elektronik lainnya. Sumber ac yaitu sumber tegangan bolak-balik, sedangkan sumber tegangan dc merupakan tegangan searah.

Power supply atau catu daya secara efektif harus mengisolasi rangkaian internal dari jaringan utama, dan bisanya harus dilengkapi dengan pembatas arus otomatis atau pemutus bila jadi beban lebih atau hubungan singkat. Bila pada saat terjadinya kesalahan catu daya, tegangan keluaran dc meningkatkan di atas suatu nilai aman maksimum untuk rangkaian internal, maka daya secara otomatis harus di putuskan.



Gambar 1. Power Supply AC-DC 12V

2. Step Down XI 4015 CC VV

Step Down XI 4015 bisa juga untuk charging atau pengisian pada baterai Li-Ion, terdapat dua potensiometer mini dengan kapasitas 10Kohm untuk mengatur tegangan keluaran dan 1Kohm berguna untuk mengatur arus ampere.

Modul XL 4015 ini tegangan input hanya mampu menerima maksimal 30VDC dengan kuar arus 5 ampere.



Gambar 2. Step Down XI 4015

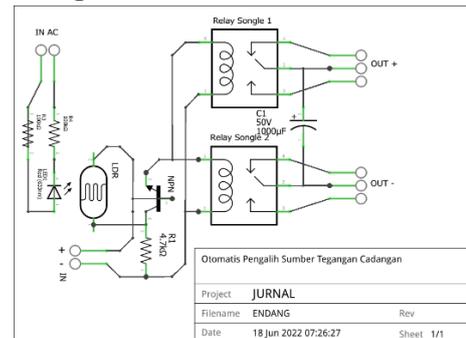
3. Volt Ampere Meter Digital

Volt dan ampere meter digital adalah sebuah komponen panel listrik yang berfungsi untuk menampilkan sebuah nilai tegangan listrik (V) untuk volt meter dan nilai arus (A) untuk ampere meter pada suatu rangkaian daya listrik berupa digital pada lcd display.



Gambar 3. Volt Ampere Meter Digital

4. Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan



Gambar 4 rangkaian Sistem Otomatis Pengalih Sumber

Tersedia atau tidaknya sumber listrik dari PLN dapat diketahui dengan cara melihat indikator pada lampu LED pada power supply AC-DC (yang berasal dari sumber listrik PLN) dengan tegangan baterai (sumber daya cadangan), jika lampu LED indikator dari PLN menyala maka relay akan ON dan menggunakan sumber tegangan dari power supply, sebaliknya jika lampu indikator padam maka relay akan OFF sumber tegangan yang di gunakan dari baterai. Kompon yang di gunakan pada rangkaian Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan sebagai beriku

A. Relay songle

Relay adalah komponen elektronik berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialirkan listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid

sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka.

Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus atau tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220V) dengan memakai arus atau tegangan yang kecil 0.1 ampere 12VDC.



Gambar 5 Relay single

B. Resistor

Resistor merupakan komponen elektronik dengan dua kutub untuk mengatur tegang dan arus listrik yang di gunakan sebagai bagian dari rangkaian dari sirkuit elektronik serta paling sering dipakai. Ciri utama yang dimiliki resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan, dara listrik (nois) , koefisien suhu, dan induktansi. Resistor dapat di integrasikan ke dalam, sirkuit hibrida hingga sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki tergantung pada desain rangkaian sirkuit, serta kebutuhan daya harus cukup dan sesuai agar resistor agar tidak terbakar.



Gambar 6. Resistor

C. Kapasitor

Kapasitor merupakan alat yang di gunakan untuk menyimpan muatan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidak setimbangan internal muatan dengan satuan yang di gunakan adalah Farad. Kapasitor memiliki kutub negatif dan kutub positif. Kapasitor terbagi menjadi tiga jenis ,yaitu kapasitor tetap (nilai kapasitornya tetap), kapasitor variable dan kapasitor elektrolit (kondensor elektrolit).

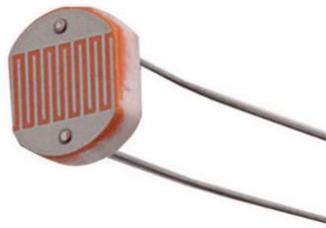


Gambar 7. Kapasitor 4700uf 50VDC

D. Light Dependent Resistor (LDR)

Light Dependent Resistor (LDR) ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang bisa di gunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konvensi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang memunyai dua buah elektroda pada permukaannya.

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10 M Ω dan dalam keadaan terang sebesar 10 K Ω atau kurang.



Gambar 8. Light Dependent Resistor (LDR)

E. Transistor C828

Transistor merupakan salah satu komponen elektronik yang berjenis semikonduktor yang mempunyai tiga pin atau kaki, yaitu basis, emitor, dan kolektor. Transistor memiliki fungsi sebagai penguat atau digunakan sebagai switching (pemutus atau penyambung otomatis), menstabilkan tegangan dan lainnya. Selain itu transistor juga dapat dimanfaatkan untuk mengalirkan listrik agar lebih akurat dan sumber listriknya.

Tipe transistor ini memang bentuk dan fungsinya sama dengan transistor pada umumnya. Transistor ini merupakan jenis transistor dengan kaki NPN dan mempunyai spesifikasi sebagai berikut, yaitu tegangan maksimal kaki kolektor ke emitor 25V, tegangan maksimal kaki kolektor ke basis 30V dan tegangan maksimal kaki emitor ke basis 7V.



Gambar 9. Transistor C828

F. Dioda

Dioda merupakan komponen aktif dua kutub dimana pada umumnya bersifat semikonduktor yang

memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah dan menghambat dari arah berlawanan. Dioda dapat di analogikan sebagai katup pada bidang elektronik. Dioda memiliki karakteristik hubungan arus dan tegangan kompleks yang tidak linear dan biasanya tergantung pada teknologi atau material yang di gunakan atau material yang digunakan serta parameter penggunaan.



Gambar 10. Dioda

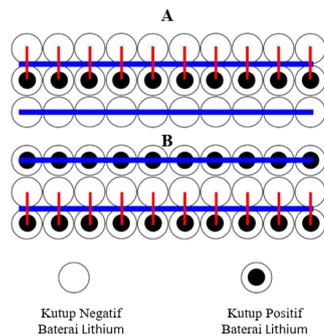
5. Komponen Baterai Pack Lithium Ion

Energi tersedia dalam beraneka bentuk, antara lain mekanik, kimia, radiasi, potensi listrik, listrik potensi gravitasi, suhu tinggi, kinetik, panas laten dan matahari. Ada beberapa metode, perancangan, teknologi serta sistem untuk menyimpan berbagai bentuk energi. Pilihan teknologi penyimpanan energi listrik biasanya ditentukan oleh aplikasi, aspek keekonomian integrasi dalam sistem, dan ketersediaan sumber daya [3]. Ada lima teknologi penyimpanan energi antara lain : Penyimpanan Energi Baterai, Daya Hidro Elektrik Terpompa (PHES), Penyimpanan Energi Udara Bertekanan (CAES), Penyimpanan Energi Thermal (CSP), Dan Penyimpanan Energi Hidrogen [3]. Baterai yang akan di bahas pada rancangan bangun penyimpanan energi ini adalah baterai yang dapat diisi ulang dan biasa di gunakan pada kendaraan listrik atau sumber listrik DC di rumah-rumah, yaitu baterai Li-Ion.

Baterai adalah sebuah media tempat penyimpanan energi listrik dalam bentuk energi kimia yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Saat ini, sangat

banyak macam bentuk baterai dan jenisnya. Penggunaannya tergantung pada kebutuhan daya, arus dan tegangan yang diperlukan oleh masing-masing peralatan elektronik. Baterai dapat dimanfaatkan untuk menyimpan energi listrik [4],[3].

Baterai Li-Ion yang digunakan adalah baterai 18560, dengan tegang 3,7 Volt dan kapasitas yaitu, 1500 mAh. Setiap cell baterai Li-Ion dirangkai secara seri dan parallel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 hingga menghasilkan tegangan 12 V dan kapasitas 45 Ah. Setiap baterai pack dilengkapi BMS seperti pada gambar 10



Gambar 11. Rangkaian Baterai Pack

A. Baterai Lithium Ion

Baterai li-Ion adalah baterai yang memiliki ketentuan lebih ribet daripada SLA (Solid Lead Acid). Li-Ion cell memiliki under voltage 2,7V dan upper volttagge 4,2V. Jika lebih rendah daripada 2,7V maka akan drop, Jika lebih dari 4,2V maka akan panas dan berisiko bisa meledak. Voltase dan Arus pengisian cell li-ion juga tidak boleh berlebihan, harus tepat dan stabil. Berawal dari latar belakang inilah maka sistem charger baterai Ii-Ion membutuhkan perlakuan yang khusus. yaitu dengan menambahkan Baterai Manajemen System (BMS).



Gambar 12. Baterai Lithium Ion

B. Baterai Management System (BMS)

Baterai management system (BMS) adalah perangkat yang digunakan untuk penyeimbang baterai li-ion, pemantauan dan proteksi pada baterai susun. BMS juga dilengkapi dengan passive cell balancing, sensor tegangan setiap baterai, sensor suhu, sensor arus, Rangkaian proteksi untuk memutus arus.



Gambar 13. BMS

III. PERANCANGAN

Pada perancangan pengalihan sumber daya cadangan perlu beberapa tahapan yang dilakukan antara lain: komponen perpindahan daya cadangan, instalasi kabel, pemasangan keseluruhan dan hasil perancangan

1. Komponen Perpindahan Tegangan Cadangan

Dalam perancangan instalasi penyedia daya cadangan, di gunakan beberapa komponen sebagai berikut:

A. Power Supply AC-DC 12V

Power supply yang di gunakan mengubah tegangan AC PLN menjadi DC 12V 10A.

B. Step Down XI 4015 CC VV

Step Down XL 4015 yang di gunakan sebagai pengisi daya pada baterai Li-Ion.

C. Baterai Lithium Ion

Baterai Li-Ion yang di gunakan pada Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan ini menggunakan 30 baterai 1.200 mAh yang di hubungkan secara paralel dan seri dan berkapasitas 36 Ah/ 12 VDC.

D. Baterai Management System (BMS)

BMS yang di gunakan Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan adalah 3S 60A 12VDC di alat tersebut sudah ada penyeimbang untuk baterai.

E. Relay Songle

Pengguna relay songle 12VDC pada Pengalih Sumber Daya Cadangan untuk pengoperasian pemindahan Supply sumber daya dari power supply dan baterai.

F. Voltmeter Amperemeter

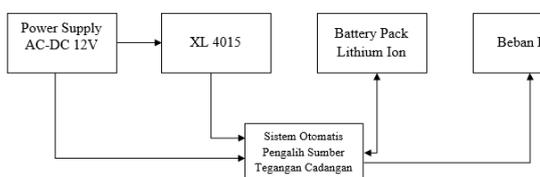
Voltmeter Amperemeter yang di gunakan dalam pengukuran Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan ini adalah Voltmeter Amperemeter digital dengan range tegangan 0 – 100 VDC dan range arus 0 – 10 A.

G. Kabel penyambung

Kabel penyambung yang di gunakan untuk instalasi kabel pada komponen Pengalih Sumber Daya Cadangan adalah TF 2x0,5mm

2. Instalasi Kabel

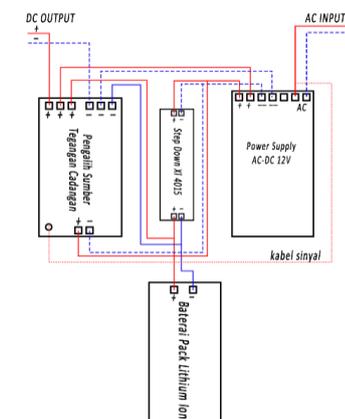
Perancangan instalasi kabel untuk catu daya cadangan harus terlebih dahulu membuat diagram pengkabelanya seperti pada gambar 13 di bawah ini:



Gambar 14 Blok Diagram Sistem Otomatis Pengalih Sumber

Daya Cadangan Dc Berbasis Scc Dan Baterai Pack Lithium Ion

Desain dari sistem yang dirancang sebagaimana di tunjukan pada gambar 13. Di atas. Desain sistem didasarkan pada kondisi dimana ada atau tidaknya sumber listrik utama PLN. Jika sumber listrik PLN tersedia maka beban akan menggunakan sumber tersebut sebagai sumber listrik, dan sebaliknya jika tidak tersedia maka beban akan langsung memanfaatkan sumber listrik dari tegangan cadangan yang ada di battery pack li-ion. Tersedia atau tidaknya sumber tegangan listrik dari PLN dapat dilihat dari volt ampere meter digital power supply atau volt ampere meter digital baterai pack Li-Ion.



Gambar 15 Diagram Kabel Keseluruhansistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan

3. Hasil Perancangan Alat

A. Pengalih Sumber Daya Cadangan



Gambar 16. Hasil Sistem Pengalih Sumber Daya Cadangan

B. Baterai Pack Lithium Ion



Gambar 17. Hasil rangkai Baterai Pack Lithium Ion

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pengujian alat ini penulis melakukan pengujian dan pengambilan data. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah hasil perancangan alat yang telah dilakukan, sesuai dengan harapan atau tidak. Dan berikut ini tahapan pengujian yang dilakukan: Pengujian Pengalih Sumber Daya Cadangan dan pengujian Baterai Pack Lithium Ion

1. Pengujian Pengalih Sumber Daya Cadangan

A. Sumber listrik dari PLN

Sumber yang digunakan oleh beban adalah langsung dari power supply yang terhubung dari PLN dan di ubah menjadi 13,6 VDC seperti pada gambar 17 di bawah.



Gambar 18. Sumber listrik dari PLN

Gambar 17 tersebut menunjukkan tampilan pada volt ampere meter digital yang kiri menunjukkan bahwa power supply dari PLN sedang aktif dan volt ampere meter digital pengisian pada baterai pack Li-Ion aktif.

B. Sumber listrik dari baterai pack lithium ion

Sumber yang digunakan oleh beban adalah baterai pack Li-Ion seperti pada gambar 18 di bawah.



Gambar 19. Sumber listrik dari baterai pack lithium ion

Gambar 18 tersebut menunjukkan tampilan volt ampere meter digital yang kanan menunjukkan supaya daya dari baterai pack Li-Ion sedang digunakan sedangkan volt ampere meter digital dari power supply tidak aktif.

2. Pengujian Baterai Pack Lithium Ion

A. Kapasitas Baterai Lithium Ion

Baterai Pack Lithium Ion dirangkai secara seri dan parallel agar menghasilkan kapasitas 45Ah , 12V . susunan baterai pack dapat dilihat pada gambar 10

Kapasitas = 1.500 mAh x 30 buah

$$= 45.000 \text{ mAh}$$

$$= 45 \text{ Ah}$$

Energi = 45 Ah x 12 V

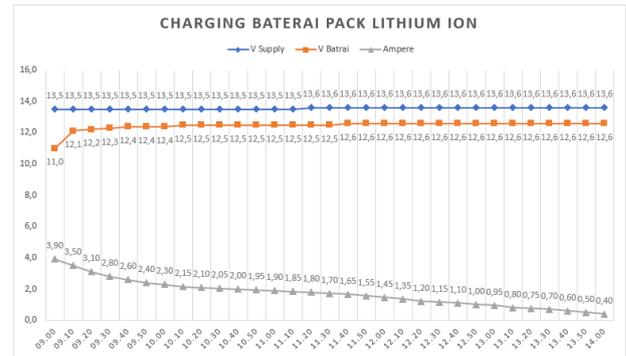
$$= 540 \text{ Wh}$$

B. Charging Atau Pengisian Baterai Pack Lithium Ion

Lamanya waktu mengisi baterai ini beragam, karena sangat tergantung dari daya arus yang dimiliki baterai serta bagaimana metode pengisian yang dilakukan, kedua hal tersebut menjadi faktor penting untuk membutuhkan berapa lama dalam pengisian baterai bisa dilakukan

Selain itu tegangan untuk pengisian baterai juga membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan baterai, tujuannya agar terjadi beda potensial antara alat pengisian dengan baterai yang akan diisi.

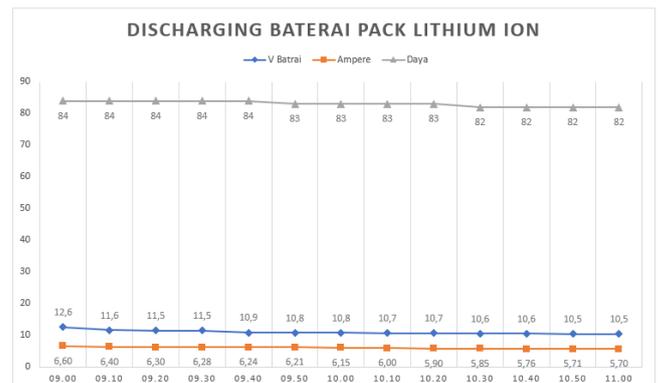
Dalam penelitian ini sumber tegangan menggunakan power supply 12VDC yang di setinggi menjadi 13,6VDC dan Step Down XI 4015 CC VV 5A sebagai penghubung sebagai pengisian baterai dan terputus bila baterai penuh.



Gambar 20. Charging Atau Pengisian Baterai Pack Lithium Ion

C. Discharging Atau Pengurasan Baterai Pack Lithium Ion

Setelah proses perancangan selesai, tahapan selanjutnya adalah tes hasil perancangan baterai pack Li-Ion. Pada tahap ini baterai yang sudah di rancang akan discharging atau pengurasan daya dengan menggunakan beban lampu penerangan dengan beban 12VDC 84Watt dan 12VDC 45Watt.



Gambar 21. Discharging Atau Pengurasan Baterai Pack Lithium Ion

V. PENUTUP

1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pengamatan dan pengujian Sistem Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan Dc Berbasis Baterai Pack Lithium Ion, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

A. Sistem otomatis pengalihan supply daya cadangan sebagai rancangan

sistem untuk mengatur penggunaan sumber Daya listrik pada beban. Apabila supply listrik dari PLN maka supply langsung ke beban dan sebaliknya apa bila supply listrik dari PLN padam maka supply listrik langsung dari baterai pack Li-Ion.

- B. Perpindahan supply daya untuk beban dari supply listrik PLN ke baterai pack Li-Ion atau sebaliknya dari baterai pack Li-Ion ke power supply PLN tidak ada jeda.
- C. Baterai Pack Lithium Ion yang telah berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik. Lama pemakai baterai tergantung pada beban yang digunakan, semakin besar daya yang di gunakan maka kapasitas baterai akan semakin cepat habis. Baterai pack Li-Ion yang dibuat pada penelitian ini dapat bertahan selama 2 jam dengan beban lampu bohlam sebesar 84 Watt. Untuk waktu pengisian baterai tergantung pada besarnya arus yang mengalir ke baterai, semakin besar arus yang mengalir ke baterai maka waktu pengisian akan semakin cepat. Namun, di penelitian ini maksimal arus pengisian ke baterai sebesar 5 Ampere.

2. Saran

- A. Terlebih dahulu memahami rangkaian instalasi keseluruhan, sebelum merangkai atau mengoperasikan instalasi Otomatis Pengalih Sumber Daya Cadangan Dc.
- B. Mengenal dan memilih bentuk fisik dari setiap komponen alat dan dapat mengetahui fungsi dari komponen serta mengetahui cara menggunakan komponen masing-masing-masing.
- C. Memilih Baterai Lithium Ion yang berkapasitas yang lebih tinggi serta membuat Baterai Pack Lithium Ion lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Matsuoka, H., Yamauchi, T., Furutani, T., & Takeno, K. (2014). Backup Power Supply System Using Fuel Cells as Disaster Countermeasure for Radio Base Stations. *NTT DOCOMO Technical Journal*, 15(3), 4–9.
- [2] Roy, A. A., Newton, F., & Solomon, I. (2014). Design and Implementation of a 3-Phase Automatic Power Change-over Switch. *American Journal Of Engineering Research*, 3(9), 7–14.
- [3] <https://www.omazaki.co.id/sistem-penyimpanan-energi/>
- [4] A. Dwi Riana et al., “Implementation of talis and dc house system for rural areas in Indonesia,” MATEC Web Conf., vol. 218, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821801006.
- [5] A. Pangkung, “Analisis Penggunaan Baterai Lithium Sebagai Pengganti Aki (Accu) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” vol. 2017, pp. 116–121, 2017.
- [6] <http://eprints.umm.ac.id/37347/3/jiptummpp-gdl-abdulqowia-51556-3-bab2.pdf>
<https://www.electricisart-bogipower.com/2016/10/bms-adalah-mengenal-bms-pada-baterai.html>
- [7] Desain Sistem Charger untuk baterai berkapasitas 650 mAh menggunakan Sel Surya, Rahmi Mudia Alti dkk. *Jurnal ISSN(e) Vol 6 No 2 Nov 2020*
- [8] <https://www.dosenpendidikan.co.id/power-supply/>
- [9] <https://www.ibnuwajak.id/2017/10/review-modul-charging-x14015-cc-cv-5a-dc-buck-step-down-converter.html>