

RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN DAYA PADA MOBIL LISTRIK *SOLAR CELL*

DESIGNING CHARGING SYSTEM FOR SOLAR CELL ELECTRIC CAR

Selamat Muslimin

(Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya)

ABSTRAK

Sistem rancangan pengisian ulang daya *accu* mobil dapat dilakukan ketika sedang dipakai dan setelah dipakai, dengan *accu* dalam keadaan penuh berada pada tegangan ± 55 Volt dan keadaan habis pada tegangan ± 47 Volt. Alat yang mengisi ulang daya tersebut berupa *Solar cell* dan *Charger Accu 48 Volt DC*. *Solar cell* merupakan suatu perangkat elektronika yang dapat mengubah energi surya dari matahari menjadi tegangan DC. *Solar cell* dapat memanfaatkan energi matahari yang tidak ada habis-habisnya. *Charger Accu 48 Volt DC* adalah sebuah alat yang digunakan sebagai sebuah alternatif apabila *Solar Cell* tidak dapat mencukupi pengisian ulang daya *Accu* mobil ketika selesai dipakai. *Charger Accu 48 Volt DC* merupakan *charger* yang langsung terhubung ke sumber listrik 220 Volt AC yang telah diturunkan tegangannya dengan menggunakan trafo dan distabilkan dengan menggunakan rangkaian penstabil tegangan.

Kata Kunci : *solar cell, charger accu, accu.*

ABSTRACT

System design to solar cell electric car batteries can be done in a way to recharge a car battery when it is in use and after use, where the batteries are fully charged at a voltage of ± 55 Volts and discharged state at a voltage ± 47 Volt. Tools that are used to recharge are Solar Cell and Charger Accu 48 Volt DC. Solar Cell is an electronic device that can convert solar energy which is inexhaustible into DC voltage. Accu Charger 48 Volt DC is a tool used as an alternative when the Solar Cell is not enough in recharging the batteries of car after being used. Accu 48 Volt DC Charger is a charger that is directly connected to the sources of electricity of 220 Volt AC voltage which has been lowered by using transformers and stabilized by using a voltage stabilizer circuit.

Keywords: *solar cell, charger accu, accu.*

PENDAHULUAN

Elektronika adalah suatu ilmu yang tidak pernah ada batas akhir dalam perkembangannya. Teknologi di dunia elektronika telah banyak menciptakan berbagai inovasi dalam menciptakan mesin atau alat yang dapat membantu meringankan tugas manusia sehingga

membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi. Alat yang dibuat tersebut memiliki berbagai macam kegunaan sesuai dengan kebutuhan manusia itu sendiri. Salah satu contoh mesin atau alat yang dapat meringankan tugas manusia dalam hal ini adalah mobil listrik.

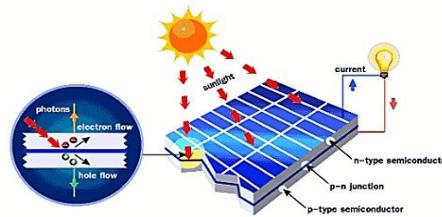
Mobil listrik merupakan salah satu perkembangan teknologi yang tidak merusak lingkungan dan dapat melestarikan alam sesuai dengan prinsip *Go Green*. Mobil Listrik dirancang untuk mengurangi pemakaian sumber daya alam berupa minyak sebagai bahan bakar mobil dalam jangka waktu yang tidak bisa ditentukan.

Mobil listrik dapat dikombinasikan dengan komponen-komponen elektronika yang memiliki peran penting dalam uji coba maupun dalam pemakaiannya. Salah satu peran komponen elektronika ialah sensor yang sering dipakai dalam rangkaian untuk mobil listrik. agar mobil listrik bekerja dengan baik. Untuk itu, harus dimiliki sistem mekanik maupun elektronika. Sistem mekanik adalah sistem yang berhubungan dengan casis, sistem gas dan pengereman, sistem manajemen energi dan pengisian daya, serta sistem *sterring*. Sistem manajemen energi dan pengisian daya adalah sistem yang memanfaatkan suatu daya yang dapat diisi ulang serta digunakan kembali sehingga tidak memakan waktu dan materi ketika menjalankan ulang mobil listrik.

Solar Cell (Photovoltaic)

Solar Cell atau panel surya adalah komponen elektronika yang mengonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* (PV) adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Sebuah modul surya terdiri atas banyak *solar cell* yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Potovoltaic*. Sumber energi (matahari) bisa

didapatkan secara gratis. Skema *Solar Cell*



Gambar 1. Skema *Solar Cell*

Karakteristik Solar Cell (Photovoltaic)

Solar Cell pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh di permukaannya, pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan sehingga lampu dapat menyala untuk menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar, bisa dihubungkan *solar cell* secara seri atau paralel bergantung pada sifat penggunaannya. Prinsip dasar pembuatan *solar cell* adalah memanfaatkan efek *photovoltaic* yakni suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik.

Spesifikasi keseluruhan dari *solar cell* yang digunakan adalah

- kekuatan daya maksimal 50 Watt
- kekuatan arus yang mengalir maksimal 3.4 Ampere
- kekuatan tegangan yang mengalir maksimal 21.4 Volt
- berat secara fisik 1.8 Kg
- ukuran fisik 130 X 33 X 3 CM
- tegangan maksimum dalam sistem 600 V
- kondisi keseluruhan SM=50
E=1000W/m² Tc=25^oC

Mikrokontroler ATmega32

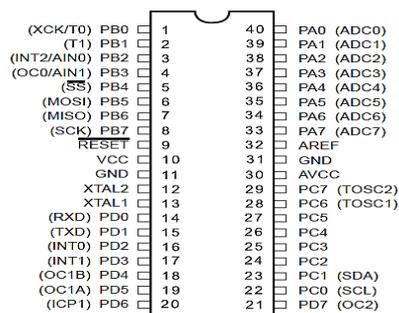
Mikrokontroler ATmega32 merupakan salah satu kelompok dari MCS-

51 keluaran Atmel. Jenis mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun 8 bit secara bersamaan. Pada prinsipnya, program pada mikrokontroler dijalankan bertahap sehingga pada program itu sendiri terdapat beberapa set instruksi dan tiap instruksi itu dijalankan secara bertahap atau berurutan.

Karakteristik Mikrokontroler ATMega32

Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh Mikrokontroler ATMega32 adalah sebagai berikut: Sebuah *Central Processing Unit* 8 bit mempunyai fasilitas

- osilator: Internal dan rangkaian pewaktu.
- RAM internal 128 byte.
- *Flash Memory* 2 Kbyte.
- lima buah jalur interupsi (dua buah interupsi eksternal dan tiga buah interupsi internal).
- empat buah *Programmable* port I/O yang masing-masing terdiri atas delapan buah jalur I/O.
- sebuah *port serial* dengan *control serial Full Duplex* UART.
- kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika. Kecepatan dalam melaksanakan instruksi per siklus 1 mikrodetik pada frekuensi 12 MHz.



Gambar 2. Konfigurasi IC Mikrokontroler ATMega32

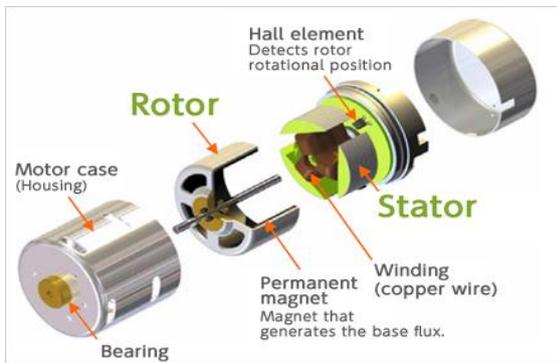
Penjelasan Pin:

- VCC: Tegangan *Supply* (5 volt)
- GND: *Ground*
- RESET: Input reset level rendah pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menghasilkan reset walaupun *Clock* sedang berjalan.
- XTAL1: *Input* penguat osilator inverting dan *input* pada rangkaian operasi *Clock* internal.
- XTAL2: *Output* dari penguat osilator *Inverting*.
- AVCC: Pin tegangan *supply* untuk *port A* dan ADC. Pin ini harus dihubungkan ke VCC walaupun ADC tidak digunakan, maka pin ini harus dihubungkan ke VCC melalui *Low Pass Filter*.
- AREF: Pin referensi tegangan analog untuk ADC.

Motor Listrik BLDC

Motor arus searah adalah motor yang membutuhkan tegangan DC. Pada umumnya, motor jenis ini menggunakan sikat dan mengoperasikannya sangat mudah karena hanya dihubungkan dengan baterai sehingga motor langsung berputar. Jenis motor ini memerlukan perawatan pada sikatnya serta banyak terjadi rugi tegangan pada sikat. Pada era sekarang ini, motor DC dikembangkan tanpa menggunakan sikat yang dikenal dengan Motor BLDC (*Brush Less DirectCurrent Motor*). Motor ini dipilih karena efisiensi tinggi, suara halus, ukuran kompak, keandalan tinggi, dan perawatan rendah. Motor ini lebih disukai untuk berbagai aplikasi namun kebanyakan memerlukan kontrol tanpa sensor. Pengoperasian motor BLDC membutuhkan sensor posisi rotor untuk mengendalikan arus.

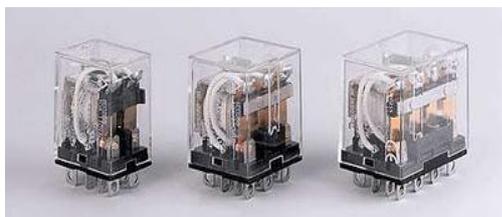
BLDC Motor (*Brush Less DirectCurrent Motor*) adalah suatu jenis motor sinkron. Artinya, medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar di frekuensi yang sama. BLDC motor tidak mengalami slip, tidak seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Motor jenis ini mempunyai permanen magnet di bagian rotor dan elektro-magnet di bagian statornya. Setelah itu, dengan menggunakan sebuah rangkaian sederhana (*Simpel Computer System*), kita dapat mengubah arus di eletro-magnet ketika bagian rotornya berputar.



Gambar 3. Konstruksi Motor BLDC

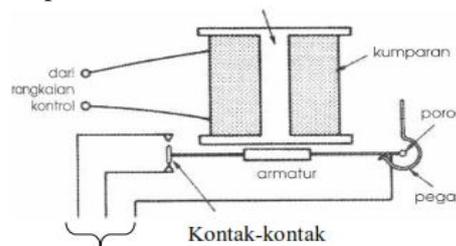
Relay

Relay adalah sebuah saklar magnetis yang dikendalikan oleh arus secara elektrik. *Relay* menghubungkan rangkaian beban ON dan OFF dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian (Petruzella,2001:371).



Gambar 4. Bentuk Fisik *Relay*

Relay memiliki sebuah kumparan tegangan-rendah yang dililitkan di sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan ditarik ke inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang di sebuah tuas berpegas. Ketika armatur ditarik menuju inti, posisi kontak jalur bersama akan berubah dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka.



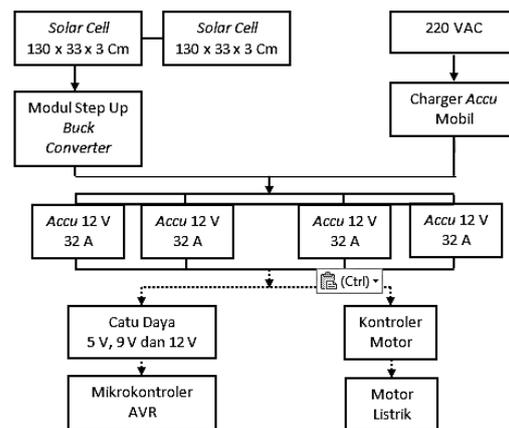
Ke rangkaian yang dikontrol

Gambar 5. Ilustrasi dari Sebuah *Relay*

METODE PENELITIAN

Perancangan

Blok diagram merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan suatu alat. Blok diagram ini dapat diketahui cara kerja dari rangkaian keseluruhan yang digunakan sehingga keseluruhan blok diagram rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Berikut adalah blok diagram sistem pengisian daya mobil listrik *solar cell*



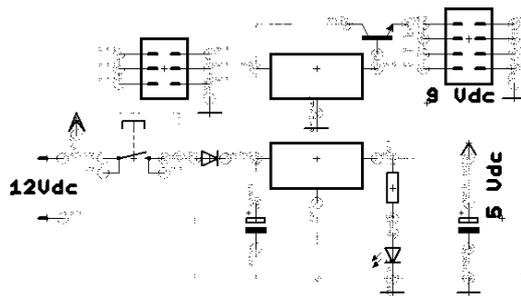
Gambar 6. Diagram Blok Sistem Pengisian Daya pada Mobil Listrik *Solar Cell*

Tahap Perancangan

Perancangan alat ini mempunyai dua tahap, yaitu tahap perancangan *hardware* dan *software*. Tahap perancangan *hardware* meliputi perancangan elektronik dan mekanik. Perancangan *software* meliputi pembuatan dan langkah kerja dari program aplikasi yang digunakan. Bagian elektronik berhubungan langsung dengan keseluruhan rangkaian, alat pengukur arus, dan tegangan dari *accu*, *power supply*, *driver* motor listrik. Bagian mekanik meliputi perakitan alat, seperti casing mobil, sistem pengereman, gas, dan *steering*. Semua langkah tersebut harus dilakukan secara teratur agar alat yang dibuat terlihat rapi dan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya.

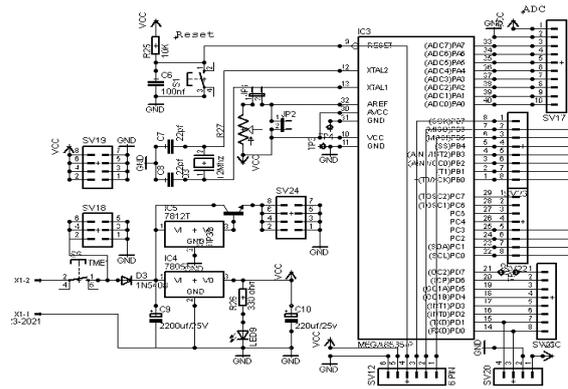
Perancangan Elektronik

Pada bagian perancangan elektronik, terdapat masing-masing skematik rangkaian



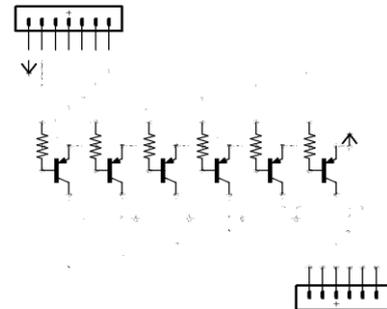
Gambar 7. Skema Rangkaian Catu Daya Sistem Minimum ATmega 32

Gambar 7 adalah skematik rangkaian catu daya dengan tiga keluaran DC, yaitu: 5 VDC yang digunakan sebagai sumber tegangan menuju sistem minimum ATmega32; 12 VDC dipakai sebagai sumber *relay* dan transistor PNP dengan penghubung dengan logika pada motor BLDC sebagai penggerak mobil listrik *SolarCell* untuk keluaran 9 VDC sebagai proses yang akan digunakan cadangan *input*.



Gambar 8. Skema Rangkaian Sistem Minimum ATmega 32

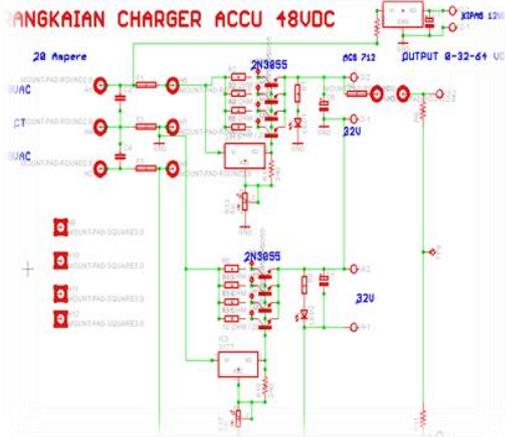
Rangkaian Sistem Minimum ATmega32 pada gambar 8 memiliki tegangan *input* sebesar 5 VDC sesuai dengan data *sheet*. Mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun 8 *bit* secara bersamaan.



Gambar 9. Skema Rangkaian Transistor PNP

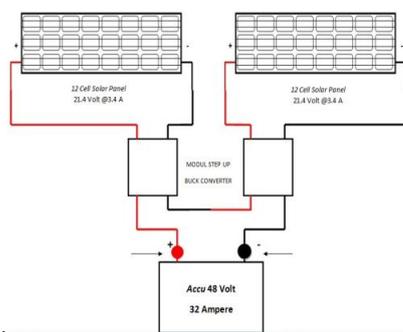
Gambar 9 merupakan rangkaian yang berfungsi dalam satu kesatuan sebagai pemicu pergerakan beban berupa Motor BLDC dengan *input* 48 VDC dan 40 AH. Data yang dikirim berupa data logika dari mikrokontroler ATmega32 menuju kolektor sebagai penerima dengan emitor mendapat tegangan sebesar 12 VDC dan basis diberi negatif sesuai dengan data kebenaran Transistor PNP BC 557. Setelah transistor berfungsi, transistor masuk menuju *relay* yang akan menerima data logika lalu menyambungkan motor BLDC dengan *accu* untuk mendapatkan *supply*.

Gambar 10 di bawah ini merupakan titik pengukuran untuk keluaran dari rangkaian *Charger Accu* 24 Volt DC menuju ke *accu* setelah beberapa jam mengalami pengisian ulang daya



Gambar 10. Rangkaian *Charger Accu* 24 Volt DC menuju ke *Accu*

Gambar 11 di bawah ini merupakan diagram *charger solar cell* untuk digunakan pengisian *accu* mobil dengan memanfaatkan energi surya langsung dari matahari selama 4, 5, 6, 7, atau 8 jam sebelum di-charge dan setelah di-charge.

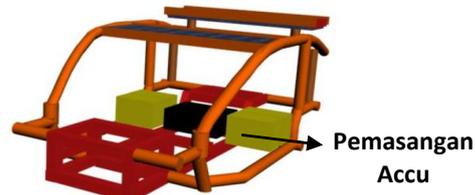


Gambar 11. Diagram *Charger Solar Cell* 48 Volt DC

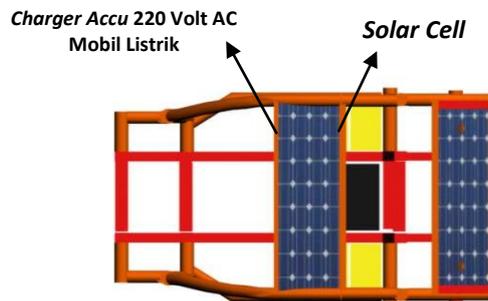
Perancangan Mekanik Sistem Pengisian Daya pada Mobil Listrik

Sistem pengisian daya (*Charger*) pada mobil listrik *solar cell* adalah sistem yang berfungsi untuk mengisi ulang daya

accu yang terpakai pada saat mobil digunakan. Terdapat dua cara mengisi ulang daya *accu* tersebut, yaitu dengan menggunakan *solar cell* dan *input* tegangan 220 Volt AC. Gambar di bawah ini merupakan rancangan mekanik untuk sistem pengisian daya



Gambar 12. Tampak Depan Rancangan Sistem Pengisian Daya



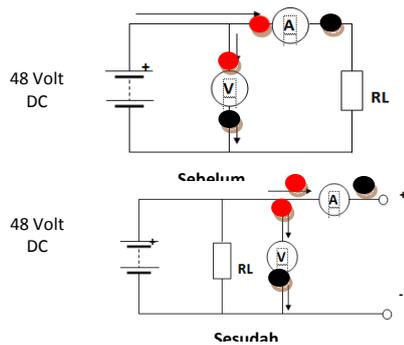
Gambar 13. Tampak Atas Rancangan Sistem Pengisian Daya

Percobaan Software

Program yang digunakan untuk menjalankan sistem pengisian daya mobil listrik *solar cell* yaitu Bascom-AVR, program ISP dan Pembuatan Desain 3D Max 7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Accu mobil adalah sebuah sumber daya yang sangat dibutuhkan pada kendaraan mobil listrik. Pada gambar 14, titik pengukurannya berada pada jalur positif dan negatif pada *accu* tersebut, untuk mendapatkan kapasitas tegangan serta arus yang berada di dalam *accu* pada kondisi awal sebelum pemakaian dan setelah pemakaian berturut-turut selama beberapa jam pemakaian.



Gambar 14. Rangkaian *Accu* Mobil Listrik Sebelum dan Setelah Pemakaian Beban.

Tabel 1 merupakan hasil pengukuran V_{dc} standar dari *accu* mobil sebelum dan sesudah digunakan beban motor BLDC dan komponen elektronika.

Tabel 1. Hasil Pengukuran *Accu* Mobil Sebelum dan Setelah Dipakai

NO	Tegangan Standar <i>Accu</i>		
	Tegangan (Vdc)		Jam Pemakaian (WIB)
	Sebelum Dipakai Beban	Setelah Dipakai Beban	
1.	55.4	53.8	10.00 – 11.00
2.	53.8	50.5	11.00 – 13.00
3.	50.5	46.2	13.00 – 16.00
4.	55.2	49.8	10.00 – 14.00
5.	54.5	47.3	10.00 – 15.00

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Accu* Mobil Sebelum dan Setelah Di-charge menggunakan *Charger Accu* 24 Volt DC

NO	Tegangan Yang Berada Didalam <i>Accu</i> Setelah Di <i>Charger</i> Menggunakan <i>Charger Accu</i> 24 Volt DC		
	Tegangan (Vdc)		Ket Jam (WIB)
	Sebelum di <i>Charger</i>	Setelah di <i>Charger</i>	
1.	22.7	23.8	30Menit 09.00-09.30
2.	23.8	25.9	1 JAM 09.30-10.30
3.	25.9	27.3	2 JAM 10.30-12.30
4.	22.2	26.5	3 JAM 09.00-12.00
5.	22.5	27.4	4 JAM 15.00-19.00

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran *accu* mobil sebelum dan setelah di-charge menggunakan *charger accu* Mobil 24 Volt DC selama 5 jam.

Titik pengukuran dilakukan dari keluaran *Charger Solar Cell* dengan menggunakan modul *Step Up* tegangan (*Buck Converter*) yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari keluaran *solar cell* agar mendapatkan tegangan yang sesuai untuk mencukupi tegangan standar *accu* pada saat melakukan pengisian daya. Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil pengukuran dari *accu* mobil yang telah melakukan pengisian daya menggunakan *solar cell* dengan memanfaatkan energi surya langsung dari matahari selama 4, 5, 6, 7, atau 8 jam sebelum di-charge dan setelah di-charge.

Tabel 3. Hasil Pengukuran *Accu* mobil Sebelum di-charge dan Setelah Di-charge Menggunakan *Solar*

NO	Tegangan yang Berada di dalam <i>Accu</i> setelah di-charge menggunakan <i>Solar Cell</i>		
	Tegangan (Vdc)		Ket Jam (WIB)
	Sebelum di <i>Charger</i>	Setelah di <i>Charger</i>	
1.	44.4	45.8	4 JAM 09.00-13.00
2.	45.8	46.9	5 JAM 13.00-18.00
3.	44.5	47.3	6 JAM 09.00-15.00
4.	47.3	49.5	7 JAM 09.00-16.00
5.	43.5	49.8	8 JAM 09.00-17.00

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran, dapat diketahui bahwa *accu* mobil yang dipakai akan habis sesuai dengan berapa lama pemakaian dan seberapa besar beban yang digunakan.

Accu mobil yang dipakai pada perakitan alat ini menggunakan 4 buah *accu* mobil yang masing-masing memiliki tegangan 12 Volt DC 32 Ampere, yang dirangkai seri sehingga mendapatkan tegangan sebesar 48 Volt DC 32 Ampere untuk *suply* utama motor BLDC yang digunakan serta rangkaian elektronik.

Pada tabel 1 yang telah dilakukan pengukuran terhadap *Accu* sebelum dipakai dan setelah dipakai, dapat dilihat bahwa tegangan dan arus dari setiap masing-masing pengukuran mengalami penurunan yang sesuai dengan berapa lama penggunaannya. Pada *accu* tersebut, tegangan akan terlihat mengalami penurunan sewaktu melakukan *start* awal ketika menyalakan motor tersebut beserta rangkaian elektronik. Arus pada *accu* akan terlihat mengalami penurunan saat seberapa lama penggunaan *accu* tersebut dan seberapa besar beban yang digunakan. Titik pengukuran pada tabel 1 untuk tegangan sebelum dibebani berada di sisi positif dan negatif *accu* yang telah diserikan setelah dibebani berada di sisi positif dan negatif beban yang digunakan. Pada arusnya, titik pengukuran berada di jalur positif yang diputus dengan cara mengoneksikan kabel penghubung multimeter dari positif dan negatif sebelum dibebani dan setelah dibebani.

Pada tabel 2, hasil pengukuran dari *accu* mobil sebelum di-charge dan setelah di-charge menggunakan *charger accu* Mobil 24 Volt DC. Pada *charger* ini, arus yang dihasilkan sebesar 13 Ampere. Arus yang dihasilkan tersebut sangat memengaruhi berapa lama *charger* tersebut melakukan pengisian ulang daya pada *accu* tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, semakin cepat juga *accu* tersebut akan penuh atau kembali seperti awalnya begitu sebaliknya. Pada tabel tersebut, untuk mendapatkan daya yang telah di-charge secara optimal, dibutuhkan

waktu sekitar 8 jam dengan rata-rata pemakaian selama 5 jam. Saran dalam melakukan pengisian ulang daya pada mobil listrik adalah ketika melakukan pengisian daya (*Charge*), usahakan untuk terisi secara optimal sebelum digunakan lagi agar *accu* yang dipakai dapat bertahan lama sehingga tidak mudah rusak.

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran terhadap *accu* mobil yang telah di-charge dengan menggunakan *solar cell* selama beberapa jam dalam pengisian daya. *Charger accu* ini merupakan *charger* yang harus diterapkan pada mobil listrik karena *charger accu* ini hanya memanfaatkan energi matahari untuk melakukan pengisian ulang pada *accu* tersebut.

Solar cell ini akan secara otomatis mengisi ketika mobil tersebut bergerak dan berada di ruang terbuka yang langsung terpapar sinar matahari. Permasalahan yang terjadi pada *charger* ini adalah tegangan yang akan berubah-ubah berdasarkan tingkat panasnya energi matahari yang didapatkan. Untuk mendapatkan tegangan yang stabil, diperlukan sebuah rangkaian penstabil lagi untuk *solar cell* tersebut agar tegangan yang masuk dapat stabil sehingga tidak dapat merusak *accu*. Pengisian daya dengan menggunakan *solar cell* ini tidak dapat dengan sepenuhnya mengembalikan daya yang dikeluarkan oleh beban pada mobil listrik ini karena arus yang didapat dari *solar cell* ini sangat kecil; juga cuaca yang sering berubah-ubah sehingga *solar cell* tidak dapat mengoptimalkan kembali *accu* yang telah dipakai.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Tegangan pada *Accu* mengalami penurunan ketika melakukan *start* awal menyalakan motor BLDC beserta

- rangkaian elektronik. Tegangan awal adalah 55,4 volt sebelum dibebani. Setelah dibebani, tegangan menjadi 53,8 volt selama 1 jam pertama kemudian mengalami penurunan setelah 5 jam dibebani yaitu 47,3 volt.
2. Arus yang dihasilkan dari *charger accu* sangat memengaruhi berapa lama *charger* tersebut melakukan pengisian ulang daya pada *accu* yang telah dipakai. Empat buah *Accu* dipasang seri dengan arus 13 Amper. Semakin besar arus yang digunakan, semakin cepat *accu* tersebut akan terisi penuh. Lamanya pengisian menggunakan *charger accu* 24 Volt DC adalah 5 sampai 8 jam
 3. Pengisian daya menggunakan *solar cell* pada 4 jam pertama dari sisa 44,4 volt setelah di-charge 45,8 volt, pada 6 jam berikutnya dari 44,5 volt menjadi 47,3 volt setelah di-charge, pada 8 jam berikutnya dari sisa 43,5 volt menjadi 49,8 setelah di-charge. Hasil tegangan yang diperoleh tidak dapat dengan sepenuhnya mengembalikan daya yang dikeluarkan oleh beban dari mobil listrik *solar cell* karena arus yang didapat dari *solar cell* sangat kecil dan cuaca yang sering berubah-ubah sehingga menyebabkan *solar cell* tidak dapat mengoptimalkan *accu* yang telah dipakai.
- Nugraha, Dhani. Dkk. 2011. *Tutorial Mikrokontroler ATmega32*. Yogyakarta.
- Petruzella, Frank D. 2011. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Purwadi, Agus. 2014. *Penelitian dan Pengembangan Mobil Listrik Nasional*. Bandung: ITB
- Satwiko, S. 2012. *Uji Karakteristik Sel Surya Pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Hibrid*. Jakarta Timur: UNJ

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto. 2006. *Pengetahuan Baterai Mobil*. Bumi Aksara.
- Muhammad, Azzumar. 2012. *Permodelan dan Simulasi BLDC Motor Kecil untuk Aplikasi Aktuator Sirip Roket*. Depok: Universitas Indonesia.