

SISTEM MANAJEMEN ENERGI PADA MOBIL LISTRIK SOLAR CELL Energy Management System on Electric Cars with Solar Cell

Selamat Muslimin

ABSTRAK

Manajemen energi pada mobil listrik dengan bantuan sensor arus ACS712 sebagai pengukur arus kontinyu pada accu dan voltage divider sebagai sensor tegangan untuk mengukur level tegangan pada accu, kedua sensor tersebut berfungsi untuk mengukur kapasitas energi terpakai dan tersimpan pada accu. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan penelitian dan memanfaatkan kapasitas pada accu untuk data kapasitas energi pada mobil listrik. Pada sisialat, terdapat sebuah perangkat pendeteksi keamanan accu sebagai sumber energi pada mobil listrik, sesuai nilai sensor arus ACS712 dan rangkaian Voltage Divider yang berfungsi untuk memberikan sinyal tegangan analog sebagai data sinyal masukan ke Mikrokontroler ATmega32 yang berfungsi untuk mengkonversi data tersebut ke dalam sistem manajemen energi. Mikrokontroler ATmega32 yang digunakan sebagai unit pengolahan data yang akan melakukan proses pengolahan data tegangan dan arus secara kontinyu saat diberi beban. Hasil yang didapat adalah dengan memberikan indikasi berupa alarm menggunakan buzzer apabila kondisi energi pada mobil listrik dibawah level 50%. Lalu memutuskan dan menyambungkan beban Motor BLDC melalui Relay beban pada mobil listrik jika energi baterai tidak mencukupi kapasitas yang diperlukan mobil listrik.

Kata Kunci : Energi, Voltage Divider, Sensor ACS712

ABSTRACT

Energy management on electric cars with help of current sensor ACS 712 as measure continuous flow on accu voltage divider and voltage sensor to measure to the level of the voltage on the sensors, both accu serves to measure the capacity of energy used and stored on the accu. The method used is to conduct research and utilize data to accu capacity in energy capacity on electric cars. On the tools side, there is a security detector device accu as an energy source in electric cars, according to the current sensor value ACS712 and circuit Voltage Divider that serves to provide an analog voltage signal as signal data input into Microcontroller ATmega32 that serves to convert that data into the energy management system. The ATmega32 microcontroller is used as a data processing unit that will do data processing process voltage and current continuously while being given a burden. The results obtained is to give an indication of the form of the alarm using a buzzer when the conditions of energy at electric cars under level 50%. then decide and connect the load BLDC Motor via Relays burden on electric car if the battery is not sufficient energy capacity required electric car.

Keywords: Energy, Voltage Divider, sensor ACS712

PENDAHULUAN

Mobil listrik merupakan salah satu kendaraan tanpa emisi yang menjadi salah satu alternatif untuk menekan angka polusi udara. Seperti halnya mobil berbahan bakar minyak, mobil listrik juga dilengkapi dengan panel indikator yang berfungsi sebagai sarana informasi penting bagi pengemudi untuk mengetahui kondisi kendaraan secara langsung saat berkendara sehingga pengemudi merasa nyaman dan aman serta dapat melakukan tindakan dengan cepat dan

tepat ketika terjadi sesuatu pada kendaraanya, misalnya untuk mengetahui kecepatan laju kendaraan, indikator kapasitas baterai, jarak yang masih dapat ditempuh, suhu motor, indikator lampu utama, lampu sein, dan indikator lainnya. Menurut *Chief Executive Officer* dari *British Petroleum*, Tony Hayward, cadangan minyak di bumihanya akan bertahan selama 42 tahun lagi. Salah satu hal yang yang menjadi pemicu dalam pembuatan mobil listrik adalah ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi pada alam terbuka serta dapat mengurangi pemakaian minyak (BBM) yang semakin lama

semakin berkurang. Mobil listrik banyak diciptakan dan dikembangkan, oleh pabrikan mobil terkenal diluar dari Indonesia, serta telah banyak digunakan oleh manusia. Mobil listrik *solar cell* dapat dikombinasikan dengan komponen-komponen elektronika yang memiliki peran penting dalam uji coba maupun dalam pemakaian dan penggunaannya, salah satunya adalah sensor yang dipakai dan rangkaian untuk pemisah atau pemilih *charger* sesuai dengan yang diinginkan.

Agar dapat bekerja sesuai dengan yang kita kehendaki sebuah mobil listrik harus memiliki beberapa sistem baik itu sistem mekanik maupun sistem elektronik. Sistem mekanik adalah sistem yang berhubungan dengan casis, sistem gas dan pengereman, serta sistem *sterring*. Sistem elektronik adalah sebuah sistem yang berhubungan dengan motor listrik, sensor - sensor *monitoring*, dan pemilihan *charger* pada mobil listrik ini.

Sebuah perancangan kendaraan tentutidak lepas dari manajemen energi kendaraan itu untuk menghemat pemakaian daya selama mobil bekerja. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana merancang dan menerapkan sistem manajemen energi yang baik pada mobil listrik sehingga memiliki keunggulan dalam pemakaian daya dibandingkan dengan mobil-mobil lainnya

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik DC, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi (*Wikipedia.org*). Mobil listrik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan mobil berbahan bakar BBM secara umum. Hal yang paling utama adalah mobil listrik tidak menghasilkan polusi udara, selain itu mobil listrik juga mengurangi efek rumah kaca karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil sebagai penggerak utamanya.

Mikrokontroler ATmega32. Mikrokontroler, sebagai suatu terobosan teknologi mikrokontroler dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar (*Market Need*) dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah banyak) sehingga harga menjadi lebih murah (dibandingkan mikroprosesor). Sebagai kebutuhan pasar, mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan

para konsumen akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu dan mainan yang lebih canggih. Mikrokontroler ATmega32 merupakan salah satu keluarga 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, jadi 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:

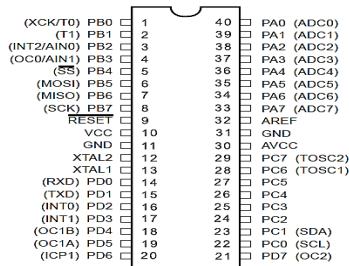
Sebuah *Central Processing Unit* 8 bit.

- 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 dari 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 persiklus 1 mikrodetik pada frekuensi 12 MHz.

Mikrokontroler ATmega32 hanya memerlukan 3 tambahan kapasitor, 1 resistor dan 1 kristal serta catu daya 5 Volt. Kapasitor 10 mikro-Farad dan resistor 10 K Ω dipakai untuk membentuk rangkaian reset. Dengan adanya rangkaian reset ini ATmega32 otomatis direset begitu rangkaian menerima catu daya. Kristal dengan frekuensi maksimum 24 MHz dan kapasitor 30 pF dipakai untuk melengkapi rangkaian *Oscillator* pembentuk *Clock* yang menentukan kecepatan kerja mikrokontroler. Memori merupakan bagian yang sangat penting pada mikrokontroler. Mikrokontroler memiliki dua macam memori yang sifatnya berbeda. *Read Only Memory* (ROM) yang isinya tidak berubah meskipun IC kehilangan catu daya. Sesuai dengan keperluannya, dalam susunan MCS-51 memori penyimpanan program dinamakan sebagai memori program.

ATmega32 mempunyai enam sumber pembangkit interupsi, dua diantaranya adalah sinyal interupsi yang diumpangkan ke kaki INTO dan INT1. Kedua kaki ini berhimpitan

dengan P3.2 dan P3.3 sehingga tidak bisa dipakai sebagai jalur input/output paralel kalau INT0 dan INT1 dipakai untuk menerima sinyal interupsi. ATmega32 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega32 dapat dikonfigurasi, baik secara single ended input maupun *Differential* input. Selain itu, ADC ATmega32 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan *Filter* derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri. Port1 dan 2, UART, Timer 0, Timer 1 dan sarana lainnya merupakan *Register* yang secara fisik merupakan RAM khusus, yang ditempatkan di *Special Function Register* (SFR). Deskripsi pin-pin pada Mikrokontroler ATmega32:



Gambar 1 Konfigurasi IC Mikrokontroler ATmega32(Nugraha, Dhani dkk. 2011)

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.

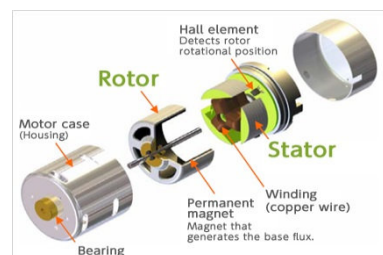
a. Port A (PA0-PA7)
Port A berfungsi sebagai input analog ke ADC. Port A juga dapat berfungsi sebagai port I/O 8 bit *Bidirectional*, jika ADC tidak

- digunakan maka port dapat menyediakan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit).
- b. Port B (PB0-PB7). Port B merupakan I/O 8 bit *Bidirectional* dengan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit)
- c. Port C (PC0-PC7). Port C merupakan I/O 8 bit *Bidirectional* dengan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit).
- d. Port D (PD0-PD7). Port D merupakan I/O 8 bit *Bidirectional* dengan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit).

Motor Listrik BLDC (800 Watt 48VDC).

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

Motor BLDC setara dengan motor DC dengan komutator terbalik, dimana magnet berputar sedangkan konduktor tetap diam. Dalam komutator motor DC, polaritas ini diubah oleh komutator dan sikat. Namun, dalam *Brushless* motor DC, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor *Switching* untuk mensinkronkan dengan posisi rotor. Oleh karena itu, BLDC motor sering menggabungkan baik posisi sensor internal atau eksternal untuk merasakan posisi rotor yang sebenarnya, atau posisi dapat dideteksi tanpa sensor (Leonard N. Elevich, 2005).



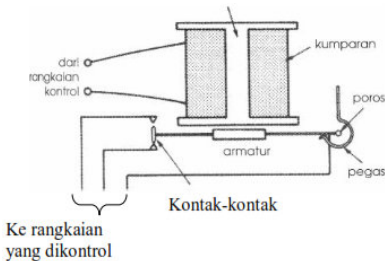
Gambar 2 Konstruksi Motor BLDC



Gambar 3. Bentuk Fisik Relay

Relay. Relay adalah saklar magnetis yang dikendalikan oleh arus secara elektris. Relay menghubungkan rangkaian beban ON dan OFF dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian. (Frank D. Petruzella, 2001).

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



Gambar 4. Ilustrasi dari Sebuah Relay



Gambar 5. Bentuk Fisik Relay

Sensor Arus ACS712. ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol

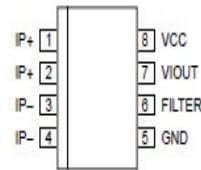
motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor arus ACS712 :

- Memiliki sinyal analog dengan sinyal-gangguan rendah (*low-noise*)
- Ber-*bandwidth* 80 kHz
- Total output error 1.5% pada $T_a = 25^\circ\text{C}$
- Memiliki resistansi dalam 1.2 m Ω
- Tegangan sumber operasi tunggal 5.0V
- Sensitivitas keluaran: 66 sd 185 mV/A
- Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC
- Fabrikasi kalibrasi
- Tegangan *offset* keluaran sangat stabil
- Hysteresis akibat medan magnet mendekati nol
- Rasio keluaran sesuai tegangan sumber



Gambar 7 Kemasan dari IC ACS712



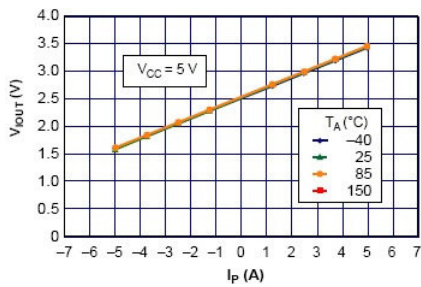
Gambar 6 Konfigurasi Pin dari IC ACS712

Tabel 1 menunjukkan konfigurasi tiap-tiap pin pada IC ACS712 beserta fungsinya.

Tabel 1 Konfigurasi Pin Sensor ACS712

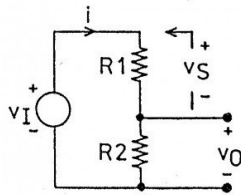
Pin Sensor ACS712	Fungsi
IP +	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
IP -	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
GND	Terminal sinyal <i>ground</i>
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas <i>bandwith</i>
Vlout	Terminal keluaran sinyal analog
Vcc	Terminal masukan catu daya

Pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V, saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran >2,5 V sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan <2,5 V. Berikut adalah grafik perbandingan tegangan keluaran terhadap arus listrik.



Gambar 7. Grafik Tegangan Keluaran Sensor ACS712 Terhadap Arus Listrik

Voltage Divider. Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output VO dari tegangan sumber VI menggunakan resistor pembagi tegangan R1 dan R2 seperti pada gambar berikut.



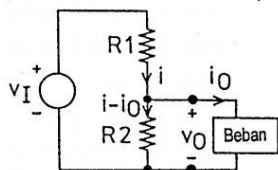
Gambar 8 Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan diatas dapat dirumuskan tegangan output Vo. Arus (I) mengalir pada R1 dan R2 sehingga nilai tegangan sumber VI adalah penjumlahan Vs dan Vo dapat dirumuskan.

$$V_i = V_s + V_o = i \cdot R_1 + i \cdot R_2$$

tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian, masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan. Sehingga besarnya Vo dirumuskan sebagai berikut.

$$V_o = V_i \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

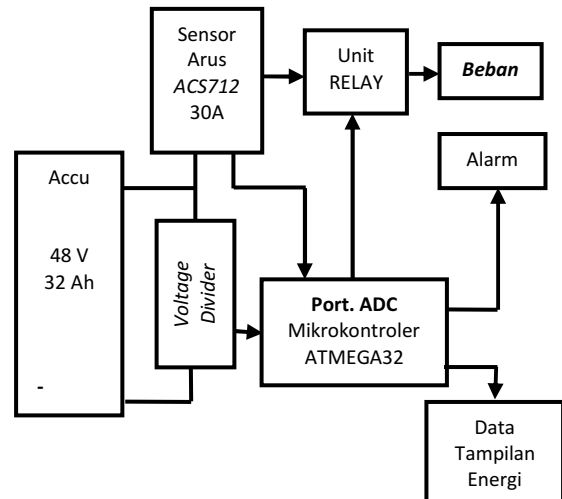


Gambar 9 Rangkaian Pembagi Tegangan Terbebani

Gambar 10 rangkaian pembagi tegangan memperlihatkan suatu pembagi tegangan dengan beban terpasang pada terminall keluarannya, mengambil arus io dan penurunan tegangan sebesar vo

METODE PENELITIAN

Perencanaan Sistem. Blok diagram merupakan salah satu bagaian terpenting, karena dengan blok diagram dapat diketahui cara kerja dari rangkaian keseluruhan yang digunakan. Sehingga blok diagram rangkaian akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan bekerja sesuai dengan perancangan..



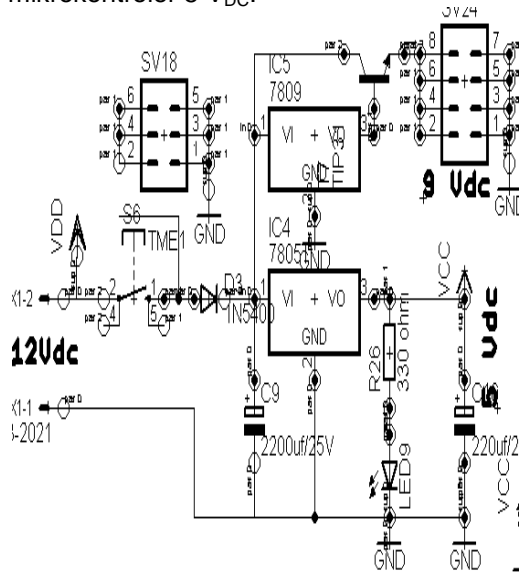
Gambar 10 Blok Diagram Sistem Manajemen Energi pada Mobil Listrik

Perancangan Elektronik. Perancangan elektronik terdapat skematik rangkaian yang akan digunakan pada mobil listrik solar cell.

Rangkaian regulator. Rangkaian regulator berfungsi menurunkan tegangan besar dari sumber accu menjadi tegangan rendah yaitu 24V_{DC} dan 12 V_{DC}. Prinsip kerja dari rangkaian sama seperti catu daya yang memiliki tiga bagian penting: trafo, penyearah, kondensator sebagai tapis lolos rendah dan regulasi elektronik. Accu pada rangkaian ini diibaratkan trafo sebagai input rangkaian memiliki tegangan cukup besar sebesar 48V_{DC}.

Tegangan 48 V_{DC} dan arus sebesar 40AH dari penyambungan Accu 12V 40 AH yang di rangkai secara seri untuk mendapatkan nilai tegangan 48V. Motor BLDC dengan tegangan kerja sebesar 48 V_{DC} dan

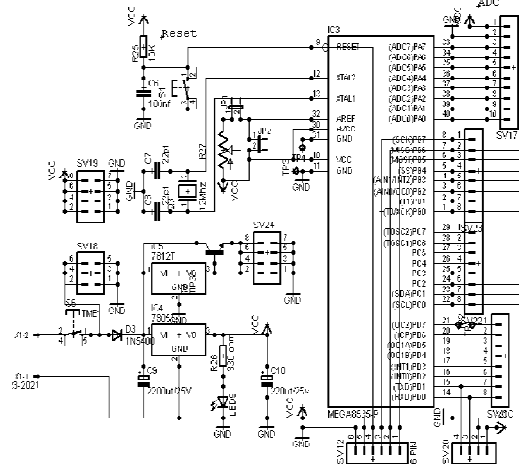
arus sebesar 40 AH sesuai dengan data sheet, hal tersebut dapat diatur dengan mikrokontroler 5 V_{DC}.



Gambar 11 Skema Rangkaian Catu Daya Sistem Minimum ATmega32

Gambar 11 adalah skematik rangkaian catu daya dengan keluaran terdiri dari tiga keluaran DC yaitu: 5 V_{DC} yang digunakan sebagai sumber tegangan menuju rangkaian sistem minimum ATmega32, 12 V_{DC} dipakai sebagai sumber tegangan relay beban, sistem minimum, dan transistor PNP pada motor BLDC sebagai penggerak mobil listrik SolarCell, untuk keluaran 9 V_{DC} sebagai proses yang akan digunakan selanjutnya, 9VDC sebagai cadangan input.

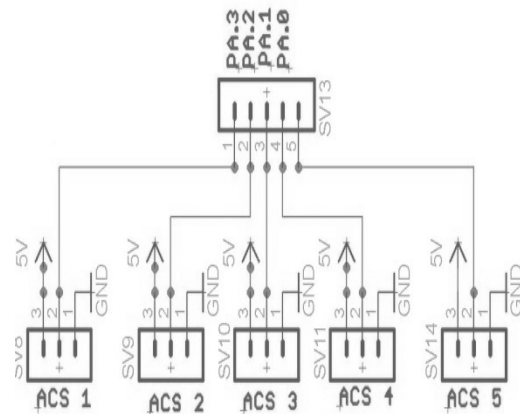
Rangkaian Sistem Minimum ATmega32



Gambar 12. Skema Rangkaian Sistem Minimum ATmega32

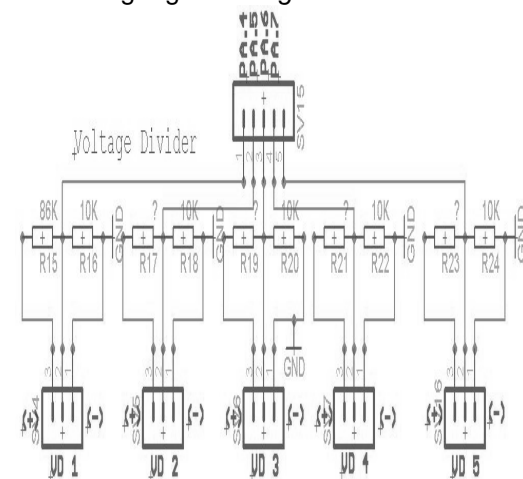
Rangkaian Sistem Minimum ATmega32 memiliki tegangan input sebesar 5 V_{DC} Mikrokontroleri dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun 8 bit secara bersamaan. Penggunaan Sistem Minimum ATmega32 menerima sinyal tegangan analog dari sensor arus ACS712 dan sensor Voltage divider.

Rangkaian Soket Sensor Arus ACS712



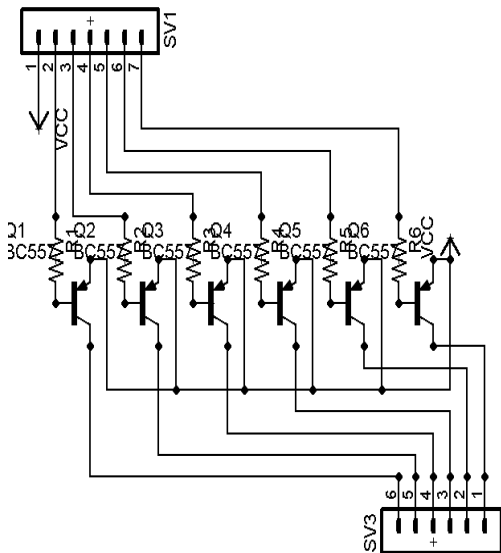
Gambar 13. Rangkaian 5 buah Soket sensor arus ACS712

Gambar 13 menunjukkan rangkaian socket modul sensor arus ACS712 memiliki 3 buah kaki yaitu +5V, Sinyal, dan Ground. Kakii +5V pada rangkaian ini terhubung pada regulator 5V power supply sistem minimum ATmega32. Kaki sinyal pada rangkaian ini terhubung pada 4 buah port ADC pada sistem minimum. Lalu sensor yang kedua adalah sensor tegangan Voltage Divider.



Gambar 14. Rangkaian 5 buah Soket sensor tegangan Voltage Divider

Gambar 14 rangkaian 5 buah soket sensor tegangan *voltage divider* yang terdiri dari 2 buah resistor sebagai pembagi tegangan yang akan diukur pada masukan kaki positif (+) dan negatif (-), sinyal tegangan analog pada rangkaian, menghasil tegangan maksimum $5V_{DC}$ sebagai data input tegangan analog menuju ke *port* ADC pada Sistem Minimim ATmega32 hasil V_{out} dari kedua jenis sensor tersebut akan diproses sesuai rumus perhitungan menggunakan program bascom AVR dan output dari sistem minimum ini adalah berupa lcd 16x2 yang akan menampilkan data perhitungan dari energi dan menghasilkan sinyal logika yang difungsikan mengaktifkan dan memutuskan relay 12 VDC 30A dengan bantuan Transistor PNP 557 masukan pemicu sebesar 12 VDC.

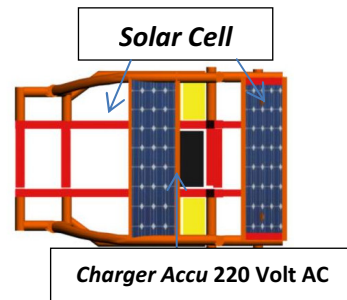


Gambar 15. Skema Rangkaian Transistor

Gambar 15, dan 17 adalah rangkaian yang berfungsi dalam satu kesatuan sebagai pemicu pergerakan beban berupa Motor BLDC dengan input 48VDC/40AH. Data dikirim berupa data logika dari mikrokontroler ATmega32 menuju kolektor sebagai penerima dan emitor mendapat tegangan sebesar 12 VDC dan basis diberi negatif sesuai dengan data kebenaran transistor PNP BC 557. Setelah transistor berfungsi maka relay yang akan menerima data logika dan menyambungkan motor BLDC

Perancangan Mekanik. Sistem pengisian daya (*Charger*) pada mobil listrik yang berfungsi untuk mengisi ulang kembali daya *Accu* yang terpakai pada saat mobil digunakan. Terdapat 2 buah cara pengisian

ulang daya *Accu*, yaitu dengan menggunakan *Solar Cell* dan tegangan AC 220 Volt AC. Gambar dibawah ini merupakan rancangan mekanik untuk sistem pengisian daya pada mobil listrik.



Gambar 16 Sistem Pengisian Daya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian yang telah dilakukan dapat di tunjukkan dalam tabel berikut

Tabel 2. Pengukuran Tegangan *Accu* 48V / 32 Ah menggunakan *voltage divider*

No	Alat Ukut (V)			
	Accu	Voltage divider		Kapasitas (%)
		V_{out}	$ADC = \frac{V_{out}}{1023} \times$	
1	55 V	5	1023	100
2	54 V	4.9	1003	100
3	53 V	4.8	983	100
4	52 V	4.7	962	100
5	51 V	4.6	943	50
6	50 V	4.5	921	37
7	49 V	4.4	901	25
8	48 V	4.3	880	12
9	47 V	4.2	860	0

Dari data tabel 2 pengukuran terdapat 9 kali pengukuran tegangan yang bervariasi pada *accu* 48V /Ah. Pada gambar rangkaian *Voltage divider* yang difungsikan sebagai sensor pengukur tegangan pada sistem manajemen energi. Rangkaian *Voltage divider* menghasilkan sinyal tegangan konversi ke mikrokontroler maksimal sebesar 5V dengan menggunakan 2 buah resistor yang dirancang untuk mendeteksi tegangan maksimal 55V dari *accu* 48V. Tegangan 55V tersebut terdeteksi ketika 4 buah *accu* yang dirangkai secara seri, *charging* atau adanya tegangan permukaan pada sel *accu* (*Surface*

Charging). Namun tegangan normal untuk kondisi *accu* penuh adalah sebesar 52V. Jadi pemasangan *voltage divider* 55V bertujuan untuk memberikan toleransi agar sinyal tegangan konversi tidak lebih dari 5V sehingga tidak merusak mikrokontroler, menggunakan rumus *voltage divider* dapat ditentukan nilai resistor 1 bernilai 100KΩ. Dan R2 bernilai 10KΩ. Sehingga *voltage divider* dapat menghasilkan tegangan keluaran maksimal sebesar 5V saat mendeteksi tegangan maksimal 55V yang akan diteruskan ke mikrokontroler pada pin ADC PORTA.2. Kapasitas battery pada saat kondisi penuh (100%) menunjukkan tegangan sebesar 52 sampai 55 V dan pada saat battery lemah menunjukkan tegangan 47 V. Tegangan 55V tersebut terdeteksi ketika 4 buah *accu* yang dirangkai secara seri baru selesai dilalukan *charging* atau adanya tegangan permukaan pada sel – sel *accu* (*Surface Charging*). Namun tegangan normal untuk kondisi *accu* penuh adalah sebesar 52V. Jadi untuk tegangan 55-52 V kapasitas *accu* akan terbaca 100% karena adalah tegangan *surface charger*. Range yang digunakan untuk mengukur kapasitas battery adalah 55 V-47 V = 8V. Selisih antara battery penuh dan battery lemah adalah 8 V. Selisih tersebut akan dibagi menjadi 100 %, jadi $\frac{8V}{100\%} = 0,8 V$. Untuk setiap kenaikan 1% maka terjadi kenaikan tegangan sebesar 0.8 V sedangkan, untuk konversi sinyal tegangan V_{out} dari *Voltage divider* menjadi persentase pada mikrokontroler adalah dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 100\% &= \frac{V_{in} (ADC) - 860}{1024 - 860} = 164 \\ &= \frac{164 - 64}{1024 - 860} = 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

$$V_{in} (max) = 55V$$

$$V_{out} (max) = 5V ,$$

$$V_{out} (max)ADC = 1023$$

$$V_{in} (min) = 47V$$

$$V_{out} (min) = 4.2V$$

$$V_{out} (max)ADC = 860$$

$$\Delta V_{out} (ADC) = V_{out}(max) - V_{out}(min) \\ = 5 - 4.2 = 0.8$$

Jadi, terjadi kenaikan 0.8 volt pada setiap kenaikan 1 %

Tabel 3 Arus beban menggunakan ACS712 30A

No	Load (A)	Beban (A)		
		V_{out}	ADC = $\frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 1023$	Konversi (A)
1	0	2.5	512	0
2	1	2.6	548	1
3	2	2.7	585	2
4	3	2.8	573	3
5	4	2.9	593	4
6	5	3.0	614	5
7	6	3.1	634	6
8	7	3.2	655	7
9	8	3.3	675	8
10	9	3.4	696	9
11	10	3.5	712	10
12	11	3.6	737	11
13	12	3.7	757	12
14	13	3.8	778	13
15	14	3.9	798	14
16	15	4.0	819	15
17	16	4.1	839	16
18	17	4.2	860	17
19	18	4.3	880	18
20	19	4.4	901	19
21	20	4.5	921	20

Dari hasil data tabel 3 merupakan konversi nilai sinyal tegangan keluaran sensor arus ACS712 30A. Sensor ACS712 30A bekerja pada tegangan 5V dapat menghasilkan tegangan V_{out} mulai dari 2.5 untuk 0A dan 5V untuk 30A. Pada data pengujian sensor arus ACS712 30A hanya dioperasikan pengukuran arus beban kontinyu sampai 20A dikarenakan dalam sistem manajemen energi pemakaian seluruh beban maksimal pada mobil listrik lebih kurang 20A. Dari data pengukuran Tabel 5 ACS712/30A terjadi perubahan peningkatan sinyal tegangan keluaran atau V_{out} terhadap beban kontinyu. Yaitu peningkatan sinyal tegangan keluaran berbanding lurus dengan peningkatan beban yang diukur.

Untuk menampilkan data konversi arus kontinyu, tegangan keluaran pada kaki V_{out} dari sensor arus ACS712 yang terhubung pada mikrokontroler pin ADC pada PORTA.0 dikonversikan menjadi data nilai ADC, Untuk arus 0A dengan keluaran tegangan 2.5V data ADCnya adalah 512. Dengan menggunakan rumus :

$$\text{Arus Kontinyu} = \frac{ADC \Delta V_{out} - ADC 2.5V}{0.08 V}$$

Keterangan :

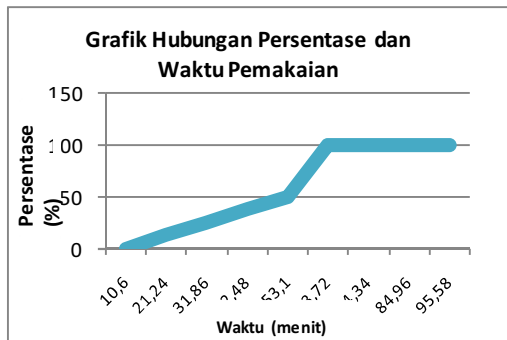
0.08 V = nilai kenaikan tegangan V_{out} setiap 1 A yang didapat dari hasil rumus $2.5V \div 30A = 0.083 V = (16.9 ADC)$

Pengukuran Manajemen energi *accu*

Tabel 4 Manajemen pemakaian energi *accu* pada sempel kecepatan 30 Km/H

No	Load (A)	Km/H	Waktu Pemakaian (Menit)	Teg (V)	Arus (A)	Arus (%)	Keterangan	
							status	Indikasi
1	19.6	30	95.58	55	32	100	H	Surface Charging
2	19.6		84.96	54.7				
3	19.6		74.34	53.6				
4	19.6		63.72	52.5	16	50	M	Normal
5	19.6		53.10	51.4				
6	19.6		42.48	50.3				
7	19.6		31.86	49.2	8	25	L	Alarm
8	3		21.24	48.1	4	12.5		
9	3		10.62	47	3	0		

Dari data Tabel 4 pengukuran manajemen keseluruhan pemakaian energi *accu* pada mobil listrik yang diambil dari satu sempel menggunakan kecepatan maksimal mobil listrik sebesar 30 Km/H. Dari uraian data tersebut pada kecepatan maksimal terukur arus beban kontinyu sebesar 19.6A yang terdiri dari beban elektronik dan beban mekanik. Beban elektronik seperti sistem monitoring, unit relay, ACS712, optocoupler, seven segment, dan bluetooth HC-06 menggunakan beban arus maksimal sebesar 3A dan ditambah beban induktif dari motor maksimal sebesar 16.6A. sehingga didapat arus beban maksimal sebesar 19.6A. untuk keadaan saat tegangan *accu* baru selesai *discharging* memiliki tegangan *surface charging* menjadi 55V dan untuk keadaan normal *accu* saat penuh atau saat kapasitas 100% berada pada tegangan 52.5V pada *accu* 48V.



Gambar 17. Grafik persentase kapasitas *accu* terhadap lama waktu pemakaian (*lifetime*)

Pada gambar 19 menjelaskan grafik tentang lamanya waktu pemakaian dalam satuan menit terhadap persentase kapasitas *accu* (%). Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa dalam persentase kapasitas *accu* 100% mobil dapat berjalan dengan beban arus maksimal atau pada kecepatan 30 Km/H dalam waktu 95.58 menit atau 1.35 jam

Dari semua data pengukuran yang dilakukan, sistem manajemen energi memiliki peranan penting pada mobil listrik. Sistem manajemen energi berfungsi untuk mengetahui arus kontinyu dengan menggunakan sensor arus ACS712 yang dipasang pada keluaran positif *accu* 48 V yang akan terhubung kebeban pada mobil listrik. Sinyal keluaran V_{out} ACS712 akan dikonversikan menjadi satuan ampere melalui system minimum Atmega32 pada pin ADC PORTA.0 sehingga akan terukur arus kontinyu saat mobil dihidupkan dan dijalankan. Sistem manajemen energi berfungsi untuk mengukur kapasitas level energi pada *accu* kedalam persen (%) menggunakan sensor tegangan *voltage divider* yang data sinyal V_{out} nya telah dikonversikan menggunakan sistem minimum Atmega32 pada pin ADC POTRA.1. dari kapasitas energi yang dapat diukur menggunakan *Voltage divider*. Indikasi alarm yang akan berbunyi agar dapat memperingati pengemudi bahwa persentase energi *accu* pada mobil listrik berada dibawah level 40 %. Lalu output yang kedua adalah pemutusan dan penyambungan *relay* beban secara otomatis saat kondisi level energi *accu* pada mobil listrik kurang dari 15%. Hal tersebut bertujuan untuk memberi keamanan pada *accu* agar tidak terjadi *drop* tegangan yang menyebabkan kerusakan pada *accu* apabila mobil masih dijalankan saat kondisi *accu* pada mobil listrik sudah hampir habis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa yang ada, maka kesimpulan yang didapat bahwa:

1. Kondisi *Accu* pada Mobil listrik 100% status (*High*) Indikasi *Surface Charging*, 25% - 50% status (*Middle*) Indikasi Normal dan Alarm, dan 12,5% status (*Low*) Indikator *Discharge*
2. Dengan penggunaan *accu* 48V 32A yang dirangkai secara seri pada mobil listrik dapat berjalan dengan kecepatan maksimal selama 95.5 menit. Arus

beban maksimum yang digunakan pada mobil listrik adalah 19.6 A.

3. Perancangan *relay* beban otomatis pada sistem manajemen energi bertujuan untuk memberi keamanan pada *accu* agar tidak terjadi *drop* tegangan yang menyebabkan kerusakan pada *accu* apabila mobil masih dijalankan saat kondisi *accu* pada mobil listrik sudah hampir habis.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzumar Muhammad, 2012. *Permodelan dan Simulasi BLDC Motor Kecil untuk Aplikasi Aktuator Sirip Roket*. Depok: Universitas Indonesia.
- Daryanto, 2006. *Pengetahuan Baterai Mobil*. Bumi Aksara
- Petruzella, Frank D. 2011. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: Andi
- Nugraha, Dhani. 2011. *Tutorial Mikrokontroler ATmega32* Yogyakarta.